

SUSTAINABLE INFRASTRUCTURE SERIES

LIFELINES

The Resilient Infrastructure Opportunity

YAŞAM HATLARI

SÜRDÜRÜLEBİLİR ALTYAPI SERİSİ

YAŞAM HATLARI

Esnek Altyapı Fırsatı

Stéphane Hallegatte

Jun Rentschler

Julie Rozenberg



WORLD BANK GROUP

© 2019 Uluslararası İmar ve Kalkınma Bankası / Dünya Bankası 1818 H Street NW,
Washington, DC 20433
Telefon: 202-473-1000; İnternet: www.worldbank.org

Bazı hakları saklıdır 1

2 3 4 22 21 20 19

Bu çalışma, dış katkılarla Dünya Bankası personelinin bir ürünüdür. Bu çalışmada ifade edilen bulgular, yorumlar ve sonuçlar Dünya Bankası'nın, İcra Direktörleri Kurulu'nun veya temsil ettikleri hükümetlerin görüşlerini yansıtmak zorunda değildir. Dünya Bankası bu çalışmada yer alan verilerin doğruluğunu garanti etmez. Bu çalışmadaki herhangi bir haritada gösterilen sınırlar, renkler, adlandırmalar ve diğer bilgiler, Dünya Bankası'nın herhangi bir bölgenin yasal statüsü veya bu sınırların onaylanması veya kabulü ile ilgili herhangi bir yargısını ima etmez.

Burada yer alan hiçbir husus Dünya Bankası'nın ayrıcalıkları ve dokunulmazlıkları üzerinde bir sınırlama veya bunlardan feragat teşkil etmeyecek veya bu şekilde değerlendirilmeyecektir.

Haklar ve İzinler



Bu çalışma Creative Commons Attribution 3.0 IGO lisansı (CC BY 3.0 IGO) <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo> altında mevcuttur. Creative Commons Attribution lisansı altında, aşağıdaki koşullar altında, ticari amaçlar da dahil olmak üzere, bu çalışmayı kopyalamak, dağıtmak, iletmek ve uyarlamakta özgürsünüz:

Atıf - Lütfen çalışmayı aşağıdaki gibi alıntılایn: Hallegatte, Stéphane, Jun Rentschler ve Julie Rozenberg. 2019. *Yaşam Hatları: Dirençli Altyapı Fırsatı*. Sürdürülebilir Altyapı Serisi. Washington, DC: Dünya Bankası. doi:10.1596/978-1-4648-1430-3. Lisans: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO

Çeviriler-Bu çalışmanın bir çevirisini oluşturursanız, lütfen atıfla birlikte aşağıdaki feragatnameyi de ekleyin: *Bu çeviri Dünya Bankası tarafından oluşturulmamıştır ve resmi bir Dünya Bankası çevirisi olarak değerlendirilmemelidir. Dünya Bankası bu herhangi bir içerik veya hatadan sorumlu olmayacaktır.*

Uyarlamalar-Bu çalışmanın bir uyarlamasını oluşturursanız, lütfen atıfla birlikte aşağıdaki feragatnameyi de ekleyin: *Bu, Dünya Bankası'nın orijinal bir çalışmasının uyarlamasıdır. Uyarlamada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca uyarlamayı yapan yazar veya yazarların sorumluluğundadır ve Dünya Bankası tarafından onaylanmamaktadır.*

Üçüncü taraf içeriği-Dünya Bankası, eserde yer alan içeriğin her bir bileşenine sahip olmak zorunda değildir. Bu nedenle Dünya Bankası, eserde yer alan üçüncü taraflara ait herhangi bir bileşenin veya parçanın kullanımının söz konusu üçüncü tarafların haklarını ihlal etmeyeceğini garanti etmez. Bu tür ihlallerden kaynaklanan hak taleplerinin riski yalnızca size aittir. Çalışmanın bir bileşenini yeniden kullanmak isterseniz, bu yeniden kullanım için izin gerekip gerekmediğini belirlemek ve telif hakkı sahibinden izin almak sizin sorumluluğunuzdadır. Bileşenlere örnek olarak tablolar, şekiller veya resimler verilebilir, ancak bunlarla sınırlı değildir.

Haklar ve lisanslarla ilgili tüm sorular World Bank Publications, The World Bank Group, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, ABD adresine gönderilmelidir; e-posta: pubrights@worldbank.org.

ISBN (kağıt): 978-1-4648-1430-3

ISBN (elektronik): 978-1-4648-1431-0 DOI:

10.1596/978-1-4648-1430-3

Kapak tasarımı ve grafikler: Brad Amburn, Brad Amburn Creative, LLC

Kongre Kütüphanesi Yayın İçi Kataloglama Verileri talep edilmiştir

İçindekiler

Önsöz.....	xiii
Teşekkür.....	xv
Kısaltmalar.....	xvii
Genel Bakış	1
Altyapı kesintileri insanları ve ekonomileri zorluyor	3
Daha dayanıklı altyapı varlıkları kendini amorti eder.....	10
Altyapıyı daha dirençli hale getirmek tutarlı bir strateji gerektirir	15
Notlar	21
Referanslar.....	21
1 Dayanıklı Altyapı: Sürdürülebilir Kalkınma için Bir Yaşam Hattı	25
Bu raporun hedefleri	27
Raporun Yapısı.....	29
Referanslar.....	29
I Bir Teşhis: Esnek Altyapı Eksikliği Zarar Veriyor	
Kişiler ve Firmalar	31
2 Altyapı Aksaklıkları Gelişen Firmaların Önünde Bir Engel	33
Altyapı hizmetleri firmaların gelişmesini sağlıyor.....	34
Altyapı kesintilerinin firmalar için doğrudan ve gerçek maliyetleri vardır.....	35
Firmalar güvenilirlikle başa çıkmak için maliyetli önlemler alıyor	40
Güvenilir olmayan altyapı daha düşük üretkenliğe yol açar.....	43
Notlar	44
Referanslar.....	45
3 Altyapı Aksaklıkları Hane Halklarının Sağlık ve Refahını Etkiliyor.....	49
Altyapı hanelere temel hizmetleri sağlar	49
Elektrik kesintileri hane halklarının refahını doğrudan azaltmaktadır.....	51
Su kaynağı güvenilir olmadığında insanların sağlığı ve refahı zarar görür.....	52
Ulaşım kesintileri zaman, gelir ve hizmetlere erişim kaybına yol açar	53
Notlar	55
Referanslar.....	55

4 Doğal Şoklar Altyapı Kesintilerinin Önde Gelen Nedenlerinden Biri ve Hasarlar.....	57
Enerji sektörü doğal tehlikelere karşı oldukça hassastır	58
Su sistemleri iklim değişikliğine karşı özellikle savunmasızdır ve aşağıdakilere katkıda bulunabilir sel ve kuraklık yönetimi için	66
Doğal tehlikeler sıklıkla ulaşım altyapısını bozar ve büyük ölçüde zarar verir	70
Doğal şoklar telekomünikasyon sistemlerini kesintiye uğrattığında, tüm ülkeler çevrimdışı ol	75
Altyapı bazen doğal riskleri yaratır veya artırır	78
Notlar	80
Referanslar	80

5 Mikrodan Makroya: Yerel Aksaklıklar Makroekonomiye Dönüşüyor Etkiler	85
Bir araştırma, doğal tehlikelerin firmalara maliyetini altyapı üzerinden doğruluyor aksaklıklar	87
Sonuçlar yerel ve uluslararası tedarik zincirlerine yayılır	88
Tedarik zinciri simülasyonları makroekonomik etkilerin daha iyi ölçülmesini sağlar felaketlerin	90
Notlar	92
Referanslar	92

II Bir Tasarım Meselesi: Esnek Altyapı Uygun Maliyetlidir95

6 Daha Dayanıklı Altyapı Varlıkları Uygun Maliyetlidir	97
Daha dirençli varlıkların ilave ön maliyeti varlığa göre değişir ve tehlike	97
Daha dirençli varlıkların ilave ön maliyeti, daha düşük maliyetle dengelenebilir bakım ve onarım maliyetleri	99
Bakım ve operasyonların iyileştirilmesi, dayanıklılığın artırılması için bir seçenektir ve maliyetleri düşürmek	100
Dayanıklılığı artırmanın maliyeti, mekansal olarak hedefleme yeteneğine bağlıdır güçlendirilmesi	101
Özetlemek gerekirse	104
Referanslar	107

7 Esnek Varlıklardan Esnek Altyapı Hizmetlerine.....	109
Müdahaleleri önceliklendirmek için kritiklik analizlerinin kullanılması	109
Şebeke esnekliğini artırmak için varlıkların çeşitlendirilmesi	115
Merkezsizleştirme ve yeni teknolojilerin kullanımı	116
Sinerjileri yakalamak için sistemler arası çalışma	116
Yoğun bölgelerde altyapı sistemlerinin bentlerle korunması	118
Yatırım ihtiyaçlarını azaltmak için altyapıyı doğa temelli çözümlerle birleştirmek	118
Zarif bir şekilde başarısız olmak ve hızla toparlanmak	120
Notlar	124
Referanslar	124

8 Esnek Altyapı Hizmetlerinden Esnek Kullanıcılara.....	127
Verimliliği artırarak altyapı hizmetlerine olan talebi azaltmak genellikle esneklik	127
Kritiklik son kullanıcıya bağlıdır: Bazı varlıklar gıda güvenliği için kritik öneme sahiptir, rekabetçilik için diğerleri	129
Son kullanıcıların altyapı kesintilerine hazırlanmaları ve daha esnek tasarımlar yapmaları gerekiyor tedarik zincirleri	129
Altyapı, kullanıcıların doğal tehlikelere maruz kalmasını etkiler	134
Notlar	137
Referanslar	137

III İleriye Doğru Bir Yol: Daha Dayanıklı Altyapı için Beş Öneri.....141

9 Dayanıklı Altyapı için Temel	143
Engel: Birçok altyapı sistemi kötü tasarlanmış ve işletilmektedir,	
veya bakımı yapılmış	143
Öneri 1: Temel bilgileri doğru öğrenin	148
Notlar	151
Referanslar	151
10 Dayanıklılık için Kurumlar Oluşturun	153
Engel: Çoklu politik ekonomi zorlukları ve koordinasyon başarısızlıkları	
dayanıklılık konusunda kamu eylemini engellemek	153
Öneri 2: Dayanıklılık için kurumlar oluşturun	155
Notlar	160
Referanslar	160
11 Dayanıklılık için Düzenlemeler ve Teşvikler Oluşturun	163
Engel: Altyapı sağlayıcıları genellikle kesintilerden kaçınmak için gerekli teşviklerden yoksundur	
ve kullanıcıların dayanıklılığını güçlendirmek	163
Öneri 3: Esnekliğin yönetmeliklere ve teşviklere dahil edilmesi	165
Not	171
Referanslar	171
12 Karar Verme Sürecini İyileştirin	173
Engel: Kamu ve özel sektör aktörleri genellikle veri, model ve kapasiteden yoksundur	173
Öneri 4: Karar verme sürecinin iyileştirilmesi	174
Notlar	180
Referanslar	180
13 Finansman Sağlayın	183
Engel: Altyapı sektörü satın alınabilirlik ve finansman kısıtlarıyla karşı karşıya	183
Öneri 5: Finansmanın sağlanması	183
Referanslar	191

Ek A Dayanıklılığı Artırmak için Mühendislik Seçenekleri	
Altyapı Varlıklarının	193

Kutular

1.1	Dayanıklılık, birçok uluslararası hedefe ulaşmanın merkezinde yer almaktadır	27
4.1	Altyapı varlıklarının maruziyet analizi çeşitli tehlike veri setlerine dayanmaktadır	64
4.2	Hidroelektrik enerjide, iklim değişikliğine uyum belirsizlikler nedeniyle zorlaşıyor	68
5.1	Doğal şoklar firmaları etkilediğinde, insanlar zarar görür	86
6.1	Altyapı birim maliyetleri ülkeden ülkeye değişmektedir	98
6.2	Hizmet açığını kapatmak için altyapıya büyük yatırımlar yapılması gerekecektir	102
7.1	Ağ topolojisi ve esneklik	110
7.2	Enerji kuruluşları için acil durum planlaması	121
8.1	Bina normları, kentsel formlar ve davranış değişiklikleri enerjiyi azaltabilir Sıcak hava dalgaları sırasında talep ve güç sistemleri üzerindeki ikincil etkilerin önlenmesi	128
8.2	Afetlerin neden olduğu elektrik kesintilerini aşmak için bir enerji yönetim sistemi: Japonya'da Ohira Endüstri Parkı'ndaki fabrika şebekesi (F-grid) projesi	132
9.1	Altyapı harcamalarına ilişkin veriler az ve sınırlıdır	145
10.1	Yeni bir tehlike: Siber felaketler ve siber saldırılar	154
10.2	Tarifelerin yapısı ve hedeflenen , yardımcı olabilir:sübvansiyonlaryapı hizmetlerinin dayanıklılığının erişim pahasına iyileştirilmesini sağlamaya Toplu taşıma örneği	160
11.1	İklim değişikliğiyle birlikte standartların ne zaman ve nerede revize edilmesi gerekiyor?	167
11.2	Kamu-özel sektör ortaklıkları ve mücbir sebep hükümleri	170
12.1	Yeni teknolojiler veri toplama ve işlemeyi kolaylaştırıyor	176
12.2	Kolombo'daki sulak alanların korunması pişmanlık riskini en aza indiriyor	179
13.1	Sürdürülebilirliği ölçmek için birçok gösterge geliştirilmiştir altyapı	189

Rakamlar

O.1	Yetersiz altyapıdan en çok yoksul ülkeler etkileniyor	3
O.2	Elektriğe güvenilir erişimin gelir ve sosyal yaşam üzerinde daha olumlu etkileri vardır. Bangladeş, Hindistan ve Pakistan'da tek başına erişimden daha iyi sonuçlar	6
O.3	Doğal şoklar elektrik kesintilerinin önemli bir bölümünü açıklıyor	7
O.4	Bangladeş'te elektrik şebekesinin rüzgara karşı kırılganlığı çok daha yüksektir Birleşik Devletler'dekinden	8
O.5	Kampala'daki seller insanların sağlık tesislerine erişimini ciddi şekilde kısıtlıyor	8
O.6	Tanzanyalı firmalar altyapı kesintileri nedeniyle büyük kayıplar yaşadıklarını bildirdi	9
O.7	Altyapının dayanıklılığı birbiriyle örtüşen ve birbirini çeşitli ele alınmalıdır tamamlayan düzeylerde	10
O.8	Gelecekteki altyapı yatırımlarının dayanıklılığını artırmanın ek maliyeti harcama senaryosuna bağlıdır ancak her durumda sınırlı kalmaktadır	11
O.9	Belçika ve Fas'ın ulaşım sistemleri çok daha büyük karayollarını kaldırabilir Madagaskar'dan daha fazla kesinti	12
O.10	Daha fazla harcama yapmak ulaşım sisteminin güvenilirliğini artırır, ancak sadece yönetişim de gelişiyor	15
O.11	Kaliteli altyapı, birden fazla finansman ihtiyacının karşılanmasını gerektirir	16
O.12	Altyapı hizmet sağlayıcıları için doğru teşviklerin oluşturulması tutarlı düzenlemeler ve mali teşvikler seti	18
1.1	Yoksul ülkeler daha fazla altyapı kesintisi yaşıyor	26
PI.1	Doğal şokların insanları ve firmaları nasıl etkilediğini analiz etmek için bir çerçeve altyapı sistemleri üzerindeki etkileri	31

2.1	Tüm kritik altyapı sektörleri için, yoksul ülkeler en yüksek Kesintiler nedeniyle kullanım oranı kayıpları.....	37
2.2	En çok etkilenen ülkelerde, kullanım oranı kayıpları GSYH'nin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır.....	37
2.3	Daha sık yaşanan elektrik kesintileri daha büyük satış kayıplarına yol açma eğilimindedir.....	38
2.4	Satış kayıplarının boyutu, kesintilerin uzunluğundan daha fazlasına bağlıdır.....	39
2.5	Jeneratör sahipliği, büyük firmalarda ve aşağıdaki özelliklere sahip ülkelerde daha yaygındır birçok elektrik kesintisi.....	41
2.6	Artan elektrik kesintileri Afrika ülkelerinde firma verimliliğinin düşmesine neden oluyor.....	43
3.1	Elektrik kesintileri hanelerin refahına zarar veriyor.....	51
3.2	İnsanların bir saat boş kalmamak için ödeme yapma isteklerinde büyük farklılıklar vardır. güç.....	52
3.3	Kesintili su tedariki dünyanın dört bir yanındaki bölgelerde büyük sağlık riskleri oluşturuyor.....	52
3.4	Su kesintileri daha yüksek ishal riski ile bağlantılıdır.....	53
3.5	Ulaşımındaki aksaklıklar ölüm kalım meselesi haline gelebilir.....	54
4.1	Altyapı kesintilerinin nedenlerinin sınıflandırılması.....	58
4.2	Doğal şokların neden olduğu elektrik kesintilerinin payı, ülkeler arasında önemli farklılıklar göstermektedir ülkeler.....	59
4.3	Doğal şoklardan kaynaklanan elektrik kesintileri, diğer şoklardan kaynaklanana göre çok daha uzun sürer. nedenler.....	60
4.4	Doğal şoklar Bangladeş'teki elektrik kesintilerinin sadece bir kısmını açıklıyor.....	61
4.5	Bangladeş'te elektrik şebekesinin rüzgara karşı kırılabilirliği çok daha yüksektir Birleşik Devletler'dekinden.....	61
4.6	Fırtına kaynaklı elektrik kesintileri Nisan-Mayıs ayları ile yakından ilişkilidir Bangladeş'teki Nor'wester'lar.....	62
4.7	Çoklu tehlikelere en fazla maruz kalan üretim kapasitesine sahip ekonomiler.....	63
B4.2.1	İklim nedeniyle Afrika'nın hidroelektrik gelirlerinde büyük değişiklikler beklenebilir 2015'ten 2050'ye değişim.....	68
4.8	Ulaşım altyapısının küresel ölçekte çoklu doğal tehlikelere maruz kalması.....	71
4.9	Ulaştırma altyapısı hasarı önce gelir artışı ile artar ve daha sonra azalır.....	73
4.10	Düşük ve orta gelirli ülkeler, diğer ülkelere kıyasla en yüksek hasar maliyetlerini üstlenmektedir. GSYİH'ları.....	73
4.11	Kentsel su baskınları Bamako'daki yol ağlarının önemli bir bölümünü etkilemektedir, Darüsselam, Kampala ve Kigali.....	75
5.1	Tanzanyalı firmalar altyapı kesintileri nedeniyle büyük kayıplar yaşadıklarını bildirdi.....	87
5.2	Kampala'daki sel felaketi ulaşımında aksamalara ve tıkanıklığa neden oldu.....	88
5.3	Teslimat gecikmelerinin ana nedeni tedarik zinciri aksaklıklarıdır.....	89
5.4	Tanzanya'da uzun süreli sel felaketleri zincirleme etkilere yol açıyor tedarik zincirleri ve hane halkları üzerinde.....	91
PII.1	Altyapının dayanıklılığının birbiriyle örtüşen ve birbirini çeşitli ele alınması gerekirtamamlayan düzeylerde.....	95
6.1	İletim ve alt iletim elektrik şebekelerinin etrafındaki bitki örtüsünün temizlenmesi için irtifak hakkı gerekir.....	100
6.2	Gelecekteki altyapının dayanıklılığını artırmanın artan maliyeti Varlık riski biliniyorsa yatırımlar önemli ölçüde azalır.....	105
6.3	Gelecekteki altyapı yatırımlarının dayanıklılığının artırılması maliyet etkin- iklim değişikliği ile daha da fazla.....	106
6.4	Eylemsizliğin maliyeti hızla artıyor - iklim değişikliği ile daha da artıyor.....	106

7.1	Belçika ve Fas'ın ulaşım sistemleri çok daha büyük karayollarını kaldırabilir Madagaskar'dan daha fazla kesinti	111
7.2	Artan yedeklilik, iyi hedeflendiği takdirde yüksek net faydalar sağlayabilir	112
7.3	Ağ topolojisi şebeke direncini artırabilir	114
7.4	İspanya'daki kuraklık acil durum planları çeşitli su kaynaklarını kullanmakta ve bilgilendirilmektedir tarihsel kuraklık eşik değerlerine göre	123
B8.1.1	Davranışsal politikalar enerji tüketimini azaltmanın en etkili yoludur sıcak hava dalgaları sırasında	128
8.1	Firmalar, aşağıdaki durumları hafifletmek için kullanabilecekleri çok çeşitli başa çıkma önlemlerine sahiptir altyapı kesintilerinin olumsuz etkileri	131
9.1	Altyapı kalitesi yönetim standartları ile güçlü bir ilişki içindedir	144
9.2	Daha fazla harcama yapmak, özellikle aşağıdaki durumlarda ulaşım sisteminin güvenilirliğini artırır yönetişim de gelişir	146
9.3	Yönetişim reformları sayesinde karayolu harcamalarında potansiyel tasarruf	147
9.4	Altyapının tam maliyeti birden fazla maliyet bileşeni içerir	150
10.1	Birleşik Krallık ulusal risk matrisi	156
11.1	Altyapı hizmet sağlayıcıları için doğru esneklik teşviklerinin oluşturulması tutarlı bir dizi düzenleme ve mali teşvik gerektirir	165
B12.2.1	Kolombo'nun sulak alanlarının büyük bir kısmının korunması, aşağıdakiler için potansiyeli en aza indirir 2030'da pişmanlık	179
12.1	Birçok düşük ve orta gelirli ülkenin kayıt oranlarını artırması gerekiyor teknik yükseköğretimde	180
13.1	Ülkelerin katmanlı bir risk finansmanı stratejisine ihtiyacı var	186

Haritalar

O.1	Afrika ve Güney Asya, güvenilir olmayan altyapıdan en fazla zarar gören bölgelerdir	5
O.2	Tanzanya'nın ulaştırma ağı için yatırım öncelikleri arzına bağlı olacaktır Zincirler	14
2.1	Düşük ve orta gelirli ülkelerdeki firmalar yüksek kullanım oranlarına maruz kalıyor altyapı kesintilerinden kaynaklanan kayıplar	36
2.2	Elektrik kesintileri düşük ve orta gelirli ülkelerde, büyük satış kayıplarına neden oluyor özellikle de Afrika'da	38
2.3	Düşük ve orta gelirli ülkelerde yedek elektrik üretiminin ek maliyetleri oldukça yüksektir. orta gelirli ülkeler	42
4.1	Enerji üretiminin küresel ölçekte çoklu tehlikelere maruz kalması	62
4.2	Bazı düşük ve orta gelirli ülkeler yüksek yıllık hasar ve üretim kayıpları	65
4.3	Barajlar ve rezervuarlar yüksek sismik riskle karşı karşıyadır	69
4.4	Yol ağının su altında kalan bölümleri (50 yıllık dönüş periyodu), İç Kampala	74
4.5	Dokuz saat sonra, sabah 4'te Büyük Paris sokaklarındaki hava sıcaklığı simülasyonu 2003'tekine benzer bir sıcak hava dalgasının yaşandığı günler	79
5.1	Tanzanya'nın tedarik zincirlerinin ulaşım ağına haritalanması etkisini ortaya koyuyor Tanzanyalı hanehalkları üzerinde ulaşım kesintilerinin etkisi	90
7.1	Bir bağlantının kritikliği, ortaya çıkan ek yol kullanıcı maliyeti ile ölçülebilir bozulmasından	110
7.2	Belçika'nın ulaşım ağı çok daha yoğun ve daha fazla yedeklilik sunuyor Madagaskar'inkinden ..	111
7.3	Mozambik'teki altyapı varlıklarının güçlendirilmesine öncelik verilmektedir risk seviyeleri ve kritiklik üzerine	113

8.1	Bir yolun kritikliği nasıl kullanıldığına bağlıdır	130
8.2	Addis Ababa'daki kentleşme modeli, başlıca kamu kuruluşlarını yakından takip etmektedir. taşıma hatları	135
8.3	Risk-bilgilendirmeli kentleşme planlaması, artan nüfusa uyum sağlamaya yardımcı olabilir Doğal risklerdeki artışı sınırlarken Fiji'nin kentsel nüfusu.....	136
10.1	Filipinler'deki farklı doğal risk ölçümleri farklı öncelikleri vurgulamaktadır müdahaleler için	159
B11.1.1	Bazı ABD eyaletlerinde yağmur suyu altyapısı standartlarının gözden geçirilmesi aciliyet arz etmektedir	167

Fotoğraf

7.1	Kolombo'daki bir sulak alan parkı sel riskinin azaltılmasına yardımcı oluyor ve kuş gözlem kuleleri gibi rekreasyonel fırsatlar sunuyor	119
-----	--	-----

Masalar

O.1	Kesintiye uğrayan altyapı hizmetlerinin firmalar üzerinde birden fazla etkisi vardır	3
O.2	Kesintiye uğrayan altyapı hizmetlerinin haneler üzerinde birden fazla etkisi vardır	6
O.3	Dayanıklı altyapının önündeki beş engeli ele almak için beş öneri	21
2.1	Kesintiye uğrayan altyapı hizmetlerinin firmalar üzerinde birden fazla etkisi vardır	34
3.1	Kesintiye uğrayan altyapı hizmetlerinin haneler üzerinde birden fazla etkisi vardır	50
4.1	İklimsel olaylar ve telekomünikasyon altyapısı üzerindeki etkileri	76
B6.2.1	Doğru politikalar uygulandığında, altyapıya GSYH'nin yüzde 4,5'i oranında yatırım yapılması gerekli olabilir	102
PIII.1	Daha dirençli altyapı hizmetlerinin önündeki temel engeller ve bunlara ilişkin örnekler nedenler	142
11.1	Dayanıklılık için teşviklerin varlığına (ve yokluğuna) ilişkin örnekler	164
13.1	Maliyet çarpanları risk yönetimi için kullanılan finansal araçlara göre değişir	187
A.1	Altyapı varlıklarının dayanıklılığını artırmak için mühendislik seçenekleri enerji sektörü	195
A.2	Suda altyapı varlıklarının dayanıklılığını artırmak için mühendislik seçenekleri sektör	197
A.3	Demiryollarında altyapı varlıklarının dayanıklılığını artırmak için mühendislik seçenekleri sektör	198
A.4	Karayolundaki altyapı varlıklarının dayanıklılığını artırmak için mühendislik seçenekleri sektör	199

Önsöz

Dayanıklı altyapı insanlarla ilgilidir. Altyapının daha iyi sağlık, daha iyi eğitim ve daha iyi bir geçim için can simidi olduğu hane halkları ve topluluklarla ilgilidir. İnsanların refahını, ekonomik beklentilerini ve yaşam kalitelerini etkiler.

Dirençli altyapı, kısmen, daha sık veya daha güçlü sellere dayanabilen köprüler, depreme dayanabilen su boruları veya daha şiddetli kasırgalar karşısında daha sağlam olan elektrik direkleri ile ilgilidir. Ayrıca insanların işe gidemedikleri için işlerini kaybetmemelerini, acil tıbbi bakım alabilmelerini ve çocuklarının okula gidebilmelerini sağlamakla da ilgilidir.

Gelişmekte olan ülkelerde, altyapı arızaları günlük bir endişe kaynağıdır. Altyapı arızalandığında bu durum işletmeleri, istihdam yaratmayı ve ekonomik kalkınmayı baltalamaktadır. Hızla artan nüfus ve değişen iklim, doğal tehlikelerin sıklığını ve yoğunluğunu arttırırken, uyum sağlama ve dayanıklılığa yatırım yapma ihtiyacı acil bir öncelik olmalıdır.

Altyapıdaki aksaklıklar, düşük ve orta gelirli ülkelerdeki hane halkları ve firmalara yılda en az 390 milyar dolara mal olmakta ve dolaylı etkiler hane halkları, işletmeler ve toplumlar üzerinde daha fazla yük oluşturmaktadır. Bu durum genellikle yetersiz bakım, kötü yönetim ve

İklim değişikliği nedeniyle artan doğal tehlikeler.

Ancak iyi haberler de var. Dünya genelinde, altyapıyı daha dayanıklı ve ekonomik açıdan daha sağlam hale getiren pek çok yatırım örneği bulunmaktadır.

Bu rapor, ilk kez altyapı kesintilerinin düşük ve orta gelirli ülkelere maliyetini ve dayanıklı altyapıya yatırım yapmanın ekonomik faydalarını değerlendirmektedir. Dört temel altyapı sistemini incelemektedir: elektrik, su ve sanitasyon, transport ve telekomünikasyon. Rapor, doğal şoklar sırasında ve sonrasında altyapı sistemlerinin işleyebilme ve kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılayabilme kabiliyetini anlamak için bir çerçeve ortaya koymaktadır.

Bu sistemlere dayanıklılık kazandırmanın ekstra maliyetinin toplam yatırım ihtiyacının sadece yüzde 3'ü olduğunu tespit ettik. Daha az arıza ve daha az ekonomik etki sayesinde, gelişmekte olan ülkelerde altyapının dayanıklılığına yatırım yapmanın toplam net faydası, yeni altyapının ömrü boyunca 4.2 trilyon dolar olacaktır. Bu da dayanıklılığa yatırılan her bir dolar için 4 dolarlık bir fayda anlamına gelmektedir.

Son olarak, açıkça tanımlanmış bir dizi tavsiyeyle rapor, bu 4,2 trilyon dolarlık fırsatın nasıl ortaya çıkarılacağını ortaya koymaktadır. Aksine

Sadece daha fazla harcama yapmaktan ziyade, daha iyi harcama yapmaya odaklanılmalıdır. Altyapı yatırımcıları, hükümetler, kalkınma bankaları ve özel sektör için mesaj şudur: Düzenlemelere ve planlamaya, proje tasarımının erken aşamalarına ve bakıma yatırım yapın. Bunu yapmak, bir afet meydana geldikten sonra onarım veya yeniden inşaat maliyetlerinden önemli ölçüde daha ağır basabilir.

Kaybedecek zamanımız yok. Hızla değişen iklim ve birçok ülkede altyapıya yapılan büyük yatırımlar göz önüne alındığında, önümüzdeki on yıl boyunca her zamanki gibi iş yapmak 1 trilyon dolar daha pahalıya mal olacaktır. Ancak bunu doğru yaparak, sürdürülebilir ve dayanıklı ekonomik kalkınmayı teşvik edecek kritik altyapı hizmetlerini -yaşam hatlarını- sağlayabiliriz.

Kristalina Georgieva
İcra Kurulu Başkanı Dünya
Bankası

Teşekkür

Lifelines raporu Stéphane Hallegatte liderliğinde Jun Rentschler ve Julie Rozenberg'den oluşan bir ekip tarafından hazırlanmıştır. Farklı sektörler ve konular üzerinde çalışan çok sayıda ekibin katkılarından faydalanılmıştır. Enerji sektörü analizi Claire Nicolas liderliğinde Christopher Arderne, Diana Cubas, Mark Deinert, Eriko Ichikawa, Elco Koks, Ji Li, Samuel Oguah, Albertine Potter van Loon ve Amy Schweikert'ten oluşan bir ekip tarafından yürütülmüştür. Su sektörü analizi Zhimin Mao tarafından yönetilmiş ve Laura Bonzanigo, Xi Hu, Elco Koks, Weeho Lim, Raghav Pant, Patrick Ray, Clem-entine Stip, Jacob Tracy ve Conrad Zorn ile birlikte çalışılmıştır. Ulaştırma sektörü analizi Julie Rozenberg liderliğinde Xavier Espinet Alegre, Charles Fox, Stuart Fraser, Jim Hall, Elco Koks, Mercedesh Tariverdi, Michalis Vousdoukas ve Conrad Zorn tarafından gerçekleştirilmiştir. Telekomünikasyon analizine Himmat Sandhu ve Siddhartha Raja katkıda bulunmuştur. Firma ve hane halkı anketlerinin analizi Jun Rentschler liderliğinde Paolo Avner, Johannes Braese, Alvina Erman, Nick Jones, Martin Kornejew, Sadick Nassoro, Marguerite Obolensky, Samet Şahin ve Eugene Tan tarafından gerçekleştirilmiştir. Shinji Ayuha, Célian Colon, Etienne Raffi Kechichian, Maryia Markhvida, Nah Yoon Shin, Shoko Takemoto ve Brian Walsh dirençli endüstriler ve tedarik zincirleri bölümlerine katkıda bulunmuştur. Sanae Sasamori

ve Naho Shibuya kamu-özel sektör ortaklıkları ile ilgili bölümlere katkıda bulunmuşlardır. Miyamoto International'daki ekip, dayanıklılık oluşturmaya yönelik mühendislik çözümleri konusunda önemli bilgiler sağlamıştır.

Dünya Bankası Grubu akran değerlendircileri olarak Greg Browder, Marianne Fay, Vivien Foster, Hideaki Hamada, Helen Martin, Shomik Mehndiratta, Artessa Saldivar-Sali, Alanna Simpson ve Vladimir Stenek çok değerli görüş ve önerilerde bulunmuşlardır. Dış danışmanlara da teşekkür ederiz: Carter Brandon, Jim Hall, Guillaume Prudent-Richard, Adam Rose ve Yasuyuki Todo.

Öneriler, yorumlar ve veriler Anjali Acharya, Charles Baubion, Andrii Berdnyk, Moussa Blimpo, Marga Can- tada, Debabrata Chattopadhyay, Ashraf Dewan, Mirtha Escobar, Charles Esser, Scott Ferguson, Matias Herrera Dappe, Martin Humphreys, Marie Hyland, Oscar Ishizawa, Asif Islam, Bren- den Jongman, Denis Jordy tarafından sağlanmıştır, Balázs Józsa, Shefali Khanna, Brian Kinuthia, Shweta Kulkarni, Mathijs van Ledden, Jia Jun Lee, Richard MacGeorge, Justice Tei Mensah, Jared Mer- cadante, Brian Min, Alice Mortlock, Sumati Rajput, Steven Rubinyi, Jason Russ, Peter Sanfey, Guillermo Siercke, Ben Stewart, Shen Sun, Janna Tenzing, Joshua Wimpey, Davida Wood ve Fan Zhang.

Dünya Bankası Grubu Yayıncılık Birimi'nden Susan Graham üretim editörlüğünü üstlenmiştir. Editoryal hizmetler Sabra Ledent, Laura Wallace, Nick Paul, Devan Kreisberg, Inge Pakulski ve Elizabeth Forsyth tarafından sağlanmıştır. Brad Amburn kapağı tasarlamış ve grafikleri oluşturmuştur. Ekip ayrıca Aziz Gökdemir ve Jewel McFadden'a raporun hazırlanmasındaki yardımları için teşekkür eder. Raporun görünürlüğü ve lansmanı Ferzina Banaji ile Uwimana Basaninyenzi, Joana Lopes, Camila Perez, Mehreen Arshad Sheikh ve Gerardo Spatuzzi tarafından desteklenmiştir.

Ekip, Afet Azaltma ve İyileştirme Küresel Fonu (GFDRR) yöneticisi Julie Dana ve Luis Tineo'ya bu projenin geliştirilmesindeki destekleri için teşekkür eder.

Son olarak ekip, Japonya-Dünya Bankası Gelişmekte Olan Ülkelerde Afet Risk Yönetiminin Yaygınlaştırılması Programı'nın, John Roome ve Bernice Van Bronkhorst liderliğindeki Dünya Bankası İklim Değişikliği Grubu'nun ve Laura Tuck liderliğindeki Dünya Bankası Sürdürülebilir Kalkınma Uygulama Grubu'nun cömert desteğine teşekkür eder.

Kısaltmalar

AMI	gelişmiş ölçüm altyapısı APEC Asya-Pasifik Ekonomik İşbirliği DEM sayısal yükseklik modeli
EAD	beklenen yıllık hasar
ESG	çevresel, sosyal ve yönetim (ilkeler) GSYİH gayri safi yurtiçi hasıla
GFDRR	Afet Azaltma ve İyileştirme Küresel Tesisi ICT bilgi ve iletişim teknolojisi
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli ISO Uluslararası Standardizasyon Örgütü LPI Lojistik Performans Endeksi
OECD ivmesi	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı PGA tepe yer
PPP	kamu-özel sektör ortaklığı
RUC	yol kullanıcı maliyeti
UNISDR	Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi WEF Dünya Ekonomik Forumu
WGI	Dünya <i>Yönetişim Göstergeleri</i> (Dünya Bankası raporu) WMO Dünya Meteoroloji Örgütü

Genel Bakış

F en temel ihtiyaçlarımıza hizmet etmekten ticaret veya teknoloji alanındaki en iddialı girişimlerimizi mümkün kılmaya kadar, altyapı hizmetleri refahımızı ve kalkınmamızı desteklemektedir. Güvenilir su, sanitasyon, enerji, ulaşım ve telekomünikasyon hizmetleri, insanların yaşam kalitesini yükseltmek için çok yönlü olarak gerekli kabul edilmektedir. Altyapı hizmetlerine erişim aynı zamanda firmaların ve dolayısıyla tüm ekonomilerin verimliliğinde merkezi bir faktördür ve bu da onu ekonomik kalkınmanın kilit bir sağlayıcısı haline getirmektedir. Hızlı iklim değişikliği ve doğal afetlerin yoğunlaştığı bu dönemde, altyapı sistemleri esnek ve güvenilir hizmetler sunma baskısı altındadır.

Bir tahmine göre, dünyanın dört bir yanındaki düşük ve orta gelirli ülkelerdeki hükümetler her yıl altyapıya yaklaşık 1 trilyon dolar - gayrisafi yurtiçi hasılanın (GSYH) yüzde 3,4'ü ile yüzde 5'i arasında - yatırım yapmaktadır (Fay . 2019).¹ Yine de, altyapı hizmetlerinin kalitesi ve yeterliliği ülkeler arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerdeki hızlı büyüyen şehirlerde milyonlarca insan, genellikle önemli bir maliyetle, standartların altında altyapının sonuçlarıyla karşı karşıya kalmaktadır. Yetersiz finansman ve yetersiz bakım, güvenilirmez elektrik şebekelerine, yetersiz su ve sanitasyon sistemlerine ve aşırı kısıtlı ulaşım ağlarına neden olan temel faktörlerden bazılarıdır.

Doğal tehlikeler, zaten kısıtlı ve kırılgan olan bu sistemlerin karşılaştığı zorlukları daha da artırmaktadır. Örneğin, Amman, Buenos Aires ve Dar es Salaam'dan Jakarta ve Mumbai'ye kadar dünyanın dört bir yanındaki insanlar için kentsel bir gerçektir. Genellikle kötü drenaj sistemleri nedeniyle daha da şiddetlenen bu seller sık sık felaketlere neden olmaktadır.

ulaşım ve enerji ağlarında kopmalar meydana gelmekte, bu da telekomünikasyon ve diğer temel hizmetleri etkilemektedir. Dayanıklı sanitasyon sistemlerinin eksikliği de sellerin su kaynaklı tehlikeli hastalıkların yayılmasına neden olduğu anlamına gelmektedir.

Altyapı hizmetlerinin kesintiye uğraması, daha aşırı doğal şoklar göz önüne alındığında özellikle şiddetlidir. Örneğin, 1995 yılında Kobe'de meydana geldiği gibi, depremler liman altyapısına zarar verir ve yerel ekonomileri yavaşlatır. Kasırgalar elektrik iletim ve dağıtım sistemlerini yok ederek 2017'de Porto Riko'da olduğu gibi insanların elektriğe erişimini aylarca keser. Bu örneklerde, afetten doğrudan zarar görmeyen birçok insan yine de altyapı kesintilerinden etkilenmiştir.

Bu rapor, *Yaşam Hatları: Dayanıklı Altyapı Fırsatı*, dört temel altyapı sisteminin dayanıklılığını araştırmaktadır: elektrik, su ve sanitasyon, ulaşım ve telekomünikasyon. Tüm bu sistemler kritik hizmetler sağlamaktadır.

Hane halkının refahı ve firmaların üretkenliği için hizmetler, küçük yerel şokların bile hızla yayılabildiği karmaşık ağlar halinde örgütlendikleri için doğal tehlikelere karşı özellikle savunmasızdırlar. Bunları daha dirençli hale getirmek, yani doğal şoklar sırasında ve sonrasında insanların ve firmaların ihtiyaç duyduğu hizmetleri daha iyi sunabilmek, yalnızca maliyetli hasarlardan kaçınmak için değil, aynı zamanda doğal afetlerin insanların geçim kaynakları ve refahı üzerindeki geniş kapsamlı sonuçlarını en aza indirmek de kritik öneme sahiptir.

Çok çeşitli vaka çalışmaları, küresel ampirik analizler ve modelleme uygulamalarına dayanan bu rapor, üç ana mesaja ulaşmaktadır:

- *Dirençli altyapı eksikliği insanlara ve şirketlere zarar veriyor.* Doğal afetler, enerji üretimi ve ulaşım altyapısına doğrudan zarar vererek düşük ve orta gelirli ülkelerde yılda yaklaşık 18 milyar dolara mal olmaktadır. Bu hasar kamu bütçelerini zorluyor ve bu sektörlerin özel yatırımcılar için cazibesini azaltıyor. Ancak doğal afetler sadece varlıklara zarar vermekle kalmıyor, aynı zamanda altyapı hizmetlerini de aksatarak firmalar ve insanlar üzerinde önemli etkiler yaratıyor. Toplamda, altyapı kesintileri düşük ve orta gelirli ülkelerdeki hane halkları ve firmalara yılda 391 milyar dolar ile 647 milyar dolar arasında maliyet yüklemektedir. Bu aksaklıkların kötü bakım, kötü yönetim ve yetersiz finansman gibi çok çeşitli nedenleri vardır. Ancak vaka çalışmaları, sektöre ve bölgeye bağlı olarak doğal tehlikelerin tipik olarak aksaklıkların yüzde 10 ila yüzde 70'ini açıkladığını göstermektedir
- *Daha dayanıklı altyapılara yatırım yapmak sağlam, karlı ve acildir.* Düşük ve orta gelirli ülkelerde, elektrik, su ve san- itasyon ve ulaştırma sektörlerinde daha dayanıklı varlıklara yönelik tasarımlar, 2030 yılına kadar yılda 11 milyar ila 65 milyar dolar arasında bir maliyete yol açacaktır - genel yatırım ihtiyaçlarına kıyasla yaklaşık yüzde 3'lük bir ek maliyet. Ve bu maliyetler, sadece *varlıklara* değil *hizmetlere* bakılarak ve altyapı hizmet *kullanıcılarını* (hane halkları)

ve tedarik zincirlerinin aksaklıkları daha iyi yönetebilmesi. Bu rapora göre yatırım yapmak Gelecekteki olası sosyoekonomik ve iklim trendlerini araştıran binlerce senaryonun yüzde 96'sında daha dayanıklı altyapıya yapılan 1 dolarlık yatırım faydalıdır. Medyan senaryoda, düşük ve orta gelirli ülkelerde daha dirençli altyapıya yatırım yapmanın net faydası 4,2 trilyon dolardır ve yatırılan her 1 dolar için 4 dolar fayda sağlamaktadır. İklim değişikliği, dayanıklılık konusunda harekete geçmeyi daha da gerekli ve cazip hale getirmektedir: ortalama olarak, dayanıklılıktan elde edilen net faydaları iki katına çıkarmaktadır. Halihazırda düşük ve orta gelirli ülkelerde altyapıya büyük yatırımlar yapıldığından, on bir eylemsizliğin medyan maliyeti 1 trilyon dolardır.

- *İyi bir altyapı yönetimi dirençli bir için gerekli temeldir, ancak hedefe yönelik eylemlere de ihtiyaç vardır.* Ne yazık ki, tek bir müdahale altyapı sistemlerini dirençli hale getirmeyecektir. Bunun yerine, bir dizi eşgüdümlü eylem gerekecektir. İlk öneri, ülkelerin hem dayanıklılığı arttırabilecek hem de maliyetleri düşürebilecek temel unsurları (varlıklarının doğru planlanması, işletilmesi ve bakımı) doğru bir şekilde ele almasıdır. Ancak iyi tasarım ve yönetim, özellikle nadir ve yüksek yoğunluklu tehlikelere ve iklim değişikliği gibi uzun vadeli eğilimlere karşı altyapıyı dirençli hale getirmek için tek başına yeterli değildir. Bu sorunları ele almak için bu rapor dört ek öneri sunmaktadır: altyapı dayanıklılığı için kurumsal yetki ve stratejilerin tanımlanması; altyapı sektörlerinin, kullanıcılarının ve tedarik zincirlerinin düzenlemelerine ve teşvik sistemlerine dayanıklılığın dahil edilmesi; veri, araç ve beceriler yoluyla karar verme sürecinin iyileştirilmesi; ve özellikle risk bilgisine sahip ana planlar, varlık tasarımı ve hazırlık için uygun finansmanın sağlanması. Bu konulardaki eylemler yüksek maliyetli ve dönüşümsel olabilir, ancak yine de birçok yoksul ülkede finanse edilmeleri zor olabilir ve bu da onları uluslararası toplumdan destek için öncelikli hale getirir.

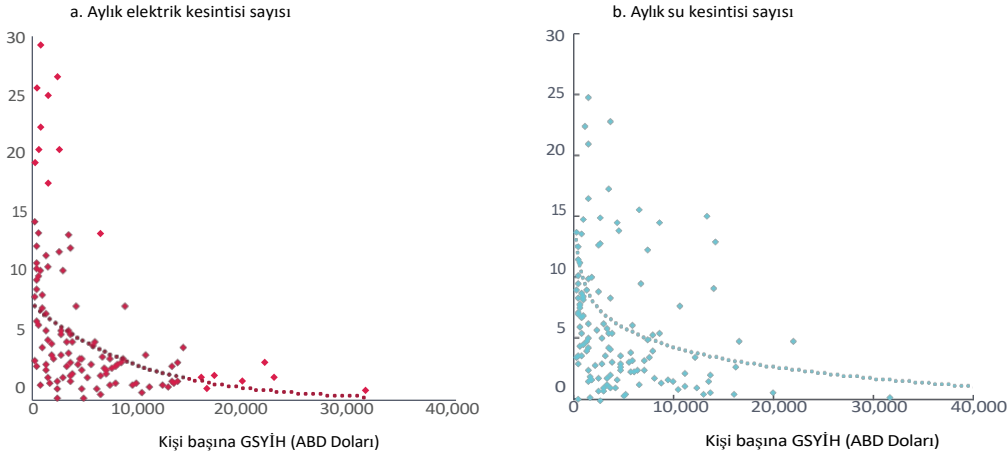
ALTYAPI KESİNTİLERİ İNSANLARI VE EKONOMİLERİ OLUMSUZ ETKİLİYOR

Bu rapor, kaynağı ne olursa olsun alt yapı aksaklıklarının insanları ve firmaları nasıl etkilediğini araştırarak başlamaktadır. Bu aksaklıkların sıklığı, şekilde gösterildiği gibi, genellikle ekonomik gelişmişlik düzeyi ile yakından bağlantılıdır. O.I'de kişi başına düşen GSYİH ve Dünya Bankası'nın İşletme Anketlerinden elde edilen elektrik ve su kesintileri kullanılmıştır. Kesintiler insanlara hem maliyet

Firmaların üretimi üzerindeki etkileri yoluyla dolaylı olarak ve hane halklarının tüketimi ve refahı üzerindeki etkileri yoluyla doğrudan.

Altyapı kesintilerinin firmalara maliyeti yılda 300 milyar dolardan fazladır Güvenilmez altyapı sistemleri firmaları çeşitli etkilerle etkilemektedir (tablo O.1). En görünür olanları doğrudan etkilerdir: bir makineyi soğutmak için suya ihtiyaç duyan bir firma, bir kuraklık sırasında üretimi durdurmak zorunda kalır; elektrik

ŞEKİL O.1 Yetersiz altyapıdan en çok yoksul ülkeler etkileniyor



Kaynak: Rentschler, Kornejew, . 2019, Dünya Bankası İşletme Anketlerine dayanmaktadır.

Not: a ve b panelleri 137 ülke için mevcut en son anket verilerini göstermektedir, ancak hiçbirisi 2009'dan eski değildir. Panel a sadece ayda 30'a kadar kesinti olan ülkeleri göstermektedir. Sekiz ülke (tümü kişi başına düşen GSYH 9.000 \$'ın altında olan) ayda 30 ila 95 kesinti bildirmektedir.

TABLO O.1 Kesintiye uğrayan altyapı hizmetlerinin firmalar üzerinde birden fazla etkisi vardır

Sektör	Doğrudan etkiler	Başa çıkma maliyetleri	Dolaylı etkiler
Güç	- Azaltılmış kullanım oranları (yılda 38 milyar dolar) • Satış kayıpları (yılda 82 milyar dolar)	• Jeneratör yatırımı (yılda 6 milyar dolar) • Jeneratör işletme maliyetleri (yılda 59 milyar dolar) • Alternatif su kaynaklarına yatırım (rezervuarlar, kuyular)	• Pazara girişte daha yüksek engeller ve daha düşük yatırım • Küçük ve yeni firmaların eksikliği nedeniyle daha az rekabet ve yenilik • Emek yoğun üretime yönelik önyargı
Su	- Azaltılmış kullanım oranları (yılda 6 milyar dolar) • Satış kayıpları	• Artan envanter • Daha pahalı konum seçenekleri, müşterilere veya limanlara yakınlık	• Talep üzerine hizmet ve mal sağlayamama • Uluslararası pazarlarda azalan rekabet gücü
Nakliye	- Azaltılmış kullanım oranları (yılda 107 milyar dolar) • Satış kayıpları • Geciken malzeme ve teslimatlar	• Hızlı internete yakın pahalı konum seçenekleri	
Telekomünikasyon	- Azaltılmış kullanım oranları • Satış kayıpları		

Kaynak: Rentschler, Kornejew ve diğerleri 2019.

Not: Koyu renkle vurgulananlar, bu bölümde orijinal tahminleri sunulan etkilerdir. Tahminler düşük ve orta gelirli ülkeleri kapsamaktadır.

Elektrik olmadan ocakta yemek pişirilemez. Kesintiler üretim kapasitesini kullanılamaz hale getirir, firmaların satışlarını azaltır ve malların tedarik ve teslimatını geciktirir. Firmalar ayrıca yedek güç üretimi veya su depolama gibi güvenilir altyapı ile başa çıkma maliyetlerine de katılırlar. Kesintilerin dolaylı etkileri daha az anlaktır. Firmaların uzun vadeli yatırım ve stratejik kararları ile sektörlerin kompozisyonu, rekabeti ve inovasyonu üzerindeki etkileri içerir. Bu etkiler birlikte, bir ekonominin refah üretme kabiliyetini ve uluslararası rekabet gücünü etkiler (ayrıntılar için bkz. Braese, Rentschler ve Hallegatte 2019).

Yaklaşık 143.000 firmaya ilişkin bir dizi mikro veri kullanılarak, dünya nüfusunun yüzde 78'ini temsil eden 137 düşük ve orta gelirli ülkedeki firmalar için altyapı kesintisinin parasal maliyetlerini tahmin etmek mümkündür (harita O.1).² Bu veriler, altyapı kesintilerinin firmaların kapasite kullanım oranları üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılır - yani, firmaların gerçek çıktılarını mevcut kaynaklarının kullanarak elde edebilecekleri maksimum çıktı ile karşılaştırmak için - ki bu da firmaların performansı için iyi bir ölçüttür.

Veriler elektrik, su ve ulaşım kesintilerinden kaynaklanan kullanım kayıplarının yılda 151 milyar dolar olduğunu ortaya koymaktadır. (Ne yazık ki, veri eksikliği nedeniyle telekomünikasyon için benzer bir tahmin yapmak mümkün değildir). Buna ek olarak, firma verileri elektrik kesintilerinden kaynaklanan satış kayıplarının yılda 82 milyar dolar ve kendi elektriğini üretmenin ek maliyetinin yılda 65 milyar dolar olduğunu ortaya koymaktadır. Bu rakamlar güvenilir olmayan altyapının önemini vurgulamakla birlikte, ne tüm ülkeler ne de tüm etki türleri bu analizde kapsamadığı için kesintilerin küresel maliyetlerinin alt sınır tahminlerini oluşturmaktadır.

Altyapı kesintilerinin insanlar üzerindeki doğrudan etkileri en az Yıllık 90 milyar dolar

Güvenilir olmayan altyapı hizmetleri hanelerin refahını olumsuz etkilemektedir. Sık sık yaşanan elektrik kesintileri hane halklarının

üretken, eğitsel ve rekreasyonel faaliyetlere katılmalarını engellemektedir (Lenz vd. 2017).

Güney Asya'da Zhang (2019) uzun elektrik kesintilerinin hem kişi başına düşen gelirde hem de kadınların işgücüne katılımında düşüşle ilişkili olduğunu tespit etmiştir; bunun nedeni muhtemelen elektrik eksikliğinin ev işleri için gereken zamanı artırmasıdır (Şekil O.2). Çalışmalar ayrıca su kesintileri ile sağlık etkileri arasında güçlü ve tutarlı bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nde, şüpheli kolera insidans oranları, bir günlük su kesintisinden sonra, optimum su temininden sonraki insidans oranına kıyasla yüzde 155 artmıştır (Jeandron ve ark. 2015).

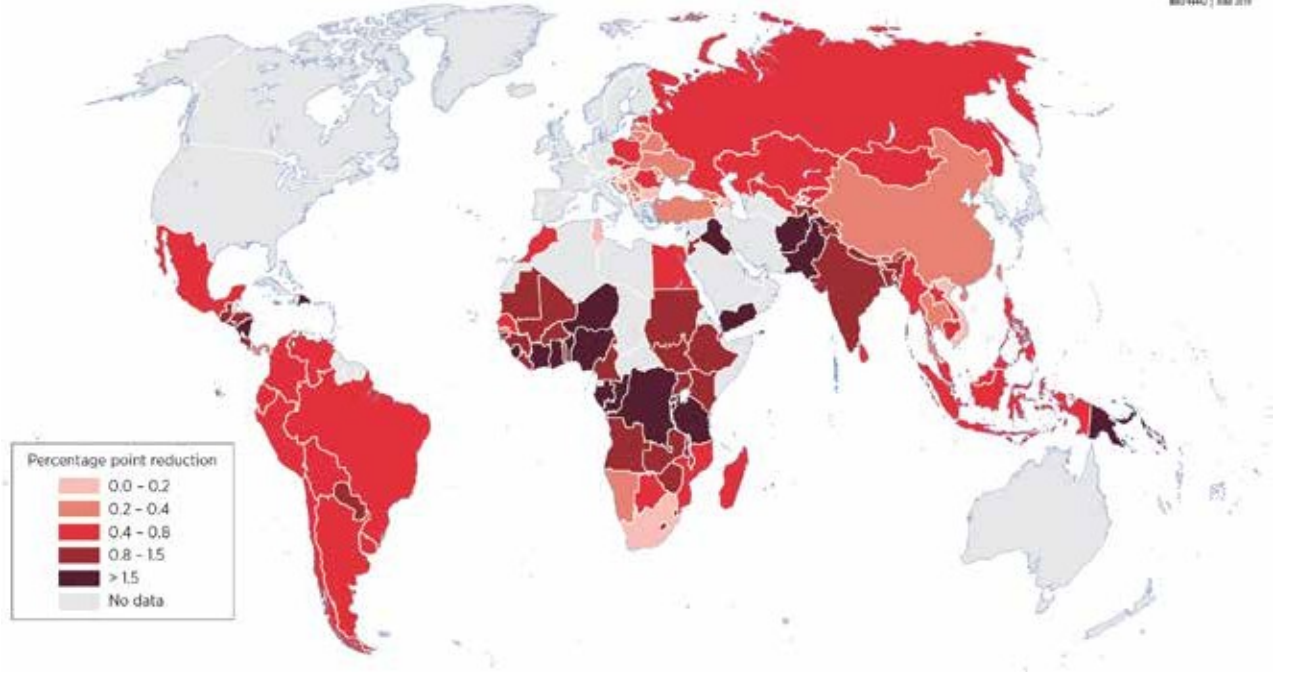
Altyapı kesintilerinin hane halkları üzerinde birçok etkisi vardır ve küresel maliyeti tahmin etmek zordur (tablo O.2). Bu analiz için, hanehalklarının bu tür kesintileri önlemek için ödeme yapma istekliliğini değerlendiren çalışmalara dayanarak elektrik ve su kesintileri için alt ve üst sınırlar belirlenmiştir (ayrıntılar için Obolensky vd. 2019'a bakınız). Elektrik kesintileri için tahminler, düşük ve orta gelirli ülkeler için yıllık GSYH'nin yüzde 0,002'si ile yüzde 0,15'i arasında değişmektedir; bu da 2,3 milyar dolar ile 190 milyar dolar arasında bir rakama karşılık gelmektedir.³ Toplamda, su kesintilerinin her yıl GSYH'nin yüzde 0,11'i ile yüzde 0,19'u arasında bir maliyete neden olduğu tahmin edilmektedir; bu da 88 milyar dolar

ile 153 milyar dolar. Kesintili su tedarikinden kaynaklanan su kaynaklı hastalıkların tıbbi tedavi masraflarına ve yılda 3 milyar ila 6 milyar dolar arasında gelir kaybına neden olduğu tahmin edilmektedir. Ancak bu sonuçlar, metodolojilerdeki ve bağlamlardaki farklılıklar nedeniyle oldukça belirsizdir. Veri kısıtlamaları nedeniyle trans-port ve telekomünikasyon sektörleri için benzer değerlendirmeler mümkün olmamıştır.

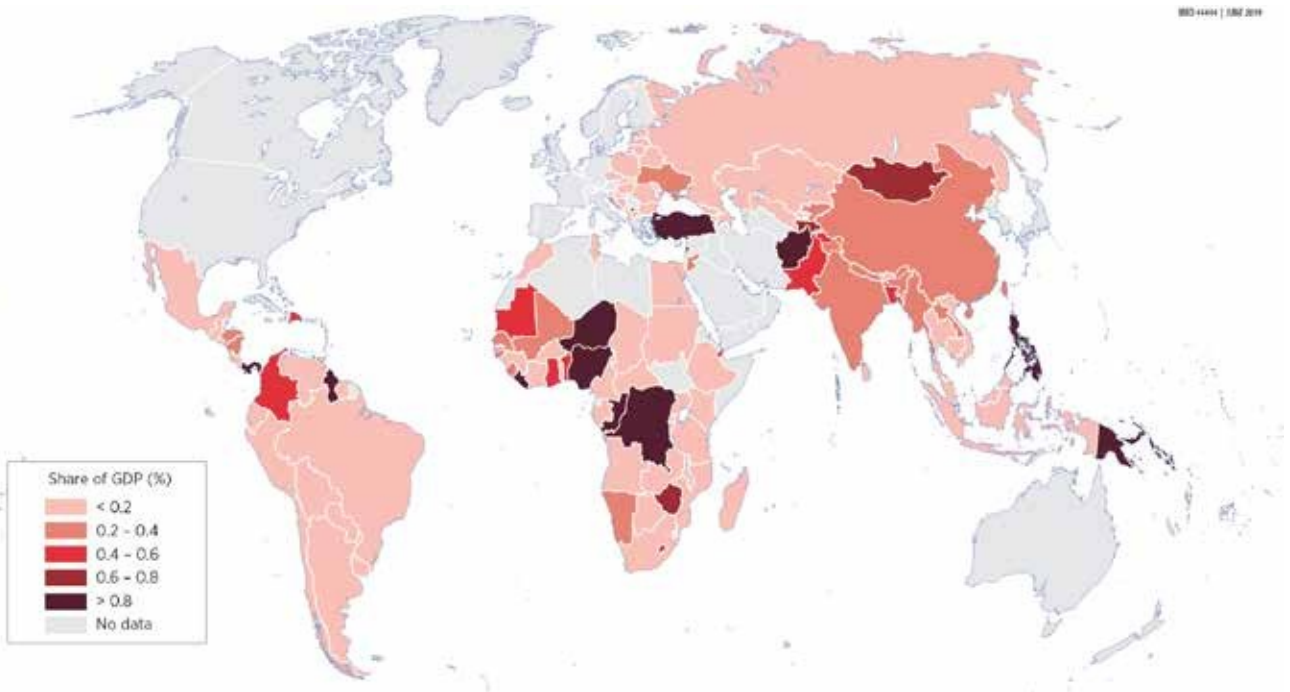
Doğal şoklar, altyapı kesintilerinin önde gelen nedenleri arasındadır Verilerin mevcut olduğu düşük ve orta gelirli ülkelerde altyapı kesintilerinin maliyeti 391 milyar dolar ile 647 milyar dolar arasında değişmektedir.

HARİTA O.1 Afrika ve Güney Asya, güvenilir olmayan altyapıdan en fazla zarar gören bölgelerdir

a. Elektrik, su ve ulaşım altyapısındaki kesintilerden kaynaklanan ülke çapında ortalama kullanım oranı kayıpları

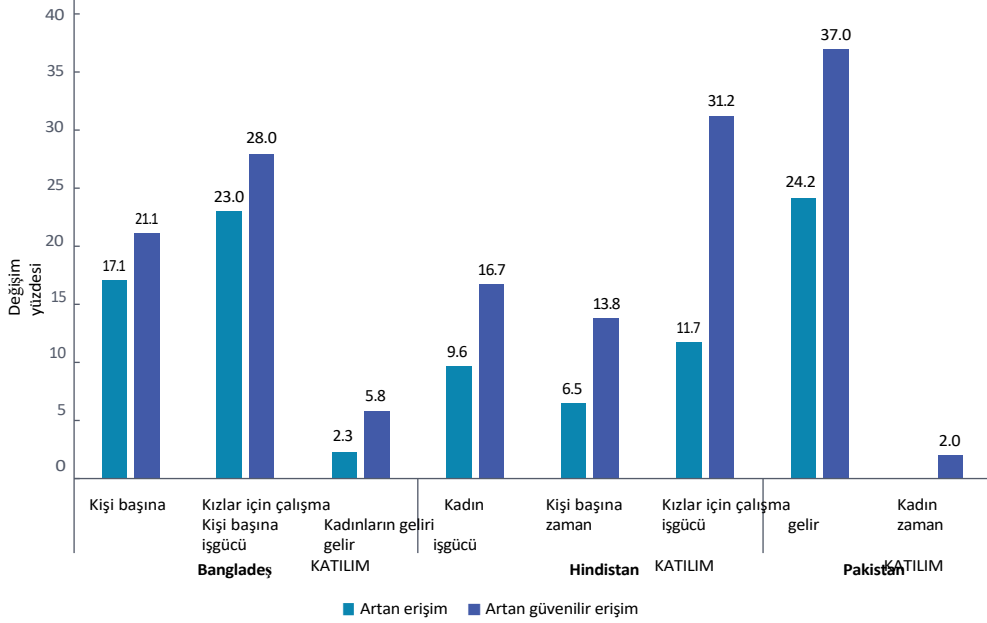


b. Ön yatırımlar ve ek işletme maliyetleri de dahil olmak üzere, firmaların yedek elektrik üretiminin GSYİH'ye oranı olarak ek maliyetleri



Kaynak: Rentschler, Kornejew ve diğerleri 2019.

ŞEKİL O.2 Bangladeş, Hindistan ve Pakistan'da elektrikle güvenilir erişimin gelir ve sosyal sonuçlar üzerinde tek başına erişimden daha olumlu etkileri vardır



Kaynak: Zhang 2019.

Not: Tahminler Bangladeş, Hindistan ve Pakistan'daki hanehalkı anketlerine dayanmaktadır.

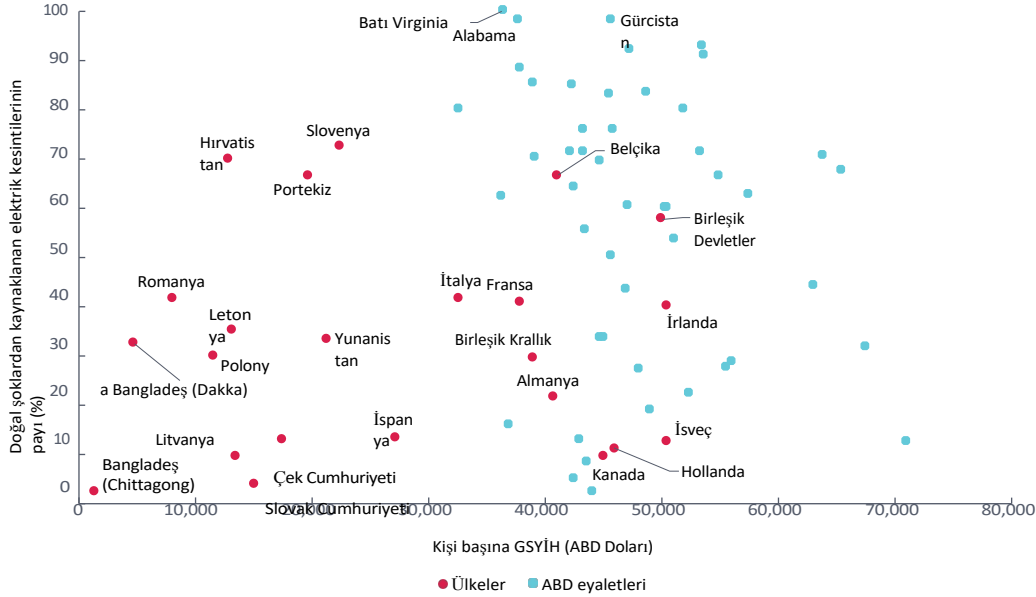
TABLO O.2 Kesintiye uğrayan altyapı hizmetlerinin haneler üzerinde birden fazla etkisi vardır

Sektör	Doğrudan etkiler	Başa çıkma maliyetleri	Dolaylı ve sağlık etkileri
Güç	- Azalmış refah • Aile şirketlerinde daha düşük verimlilik Kesintileri önlemek için ödeme istekliliği: yılda 2,3 milyar dolar ile 190 milyar dolar arasında	• Jeneratör yatırımları • Jeneratör işletme maliyetleri	• Daha yüksek mortalite ve morbidite (sağlık hizmetlerine erişim eksikliği, sıcak hava dalgaları sırasında klima veya soğuk dönemlerde sıcaklık)
Su	• Azalan refah ve zaman kaybı Kesintileri önlemek için ödeme istekliliği: 88 milyar \$ arasında dolar arasında	• Alternatif su kaynaklarına yatırım (rezervuarlar, kuyular, su şişeleri)	• İshal, kolera ve diğer hastalıkların daha yüksek oranda görülmesi Tıbbi masraflar kaçırılan gelir: yılda 153 milyar Yılda 3 milyar dolar ile 6 milyar dolar arasında
Nakliye	- Daha fazla ve zaman kaybı • Daha yüksek yakıt maliyetleri	• Alternatif ulaşım modlarının daha yüksek maliyeti	• Hava kirliliği ve sağlık etkileri • İşlere, pazarlara ve hizmetlere kısıtlı erişim • İnsanlar iş yerlerine yakın yerlerde, muhtemelen kötü arazilerde yaşamaya zorlanıyor
Telekomünikasyon	- Azalan refah		- Acil servisleri arayamama

Not: Koyu renkle vurgulananlar, bu bölümde orijinal tahminleri sunulan etkilerdir. Tahminler düşük ve orta gelirli ülkeleri kapsamaktadır.

ölçülebilen etkilerdir. Bu tahminler eksik olsa da, güvenilir olmayan altyapının düşük ve orta gelirli ülkelerdeki insanlara yüklediği önemli maliyetleri vurgulamaktadır. Ancak doğal afetlerin rolü nedir?

tehlikeler bu aksaklıklarda nasıl bir rol oynamaktadır? Bu soruyu küresel olarak ve tüm sektörler için yanıtlamak mümkün olmasa da, birçok vaka çalışması doğal tehlikelerin altyapı kesintilerindeki rolünü belgelemektedir.

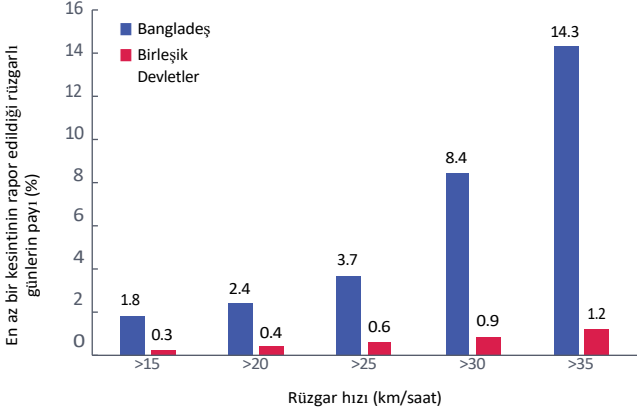
ŞEKİL O.3 Doğal şoklar elektrik kesintilerinin önemli bir kısmını açıklamaktadır

Kaynak: Rentschler, Obolensky ve Kornejew 2019.

Elektrik *sektöründe*, doğal tehlikeler -özellikle fırtınalar- şekil O.3'te gösterildiği gibi elektrik arızı kesintilerinin önemli bir nedenidir. Belçika, Hırvatistan, Portekiz, Slovenya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde tüm kesintilerin yüzde 50'sinden fazlasından sorumludurlar. Buna karşın, Bangladeş'te doğal şoklar elektrik kesintilerinin daha küçük bir kısmını oluşturmaktadır; bunun enerji sistemlerinin daha dirençli olması değil, sistem arızaları ve doğal olmayan faktörlerin enerji kullanıcılarının günlük kesintiler yaşamasına neden olacak kadar sık olmasıdır. Ancak bu rakam aynı zamanda doğal tehlikelerin rolünü de hafife almaktadır çünkü doğal tehlikelerin neden olduğu kesintiler diğer daha uzun ve coğrafi olarak daha büyük olma eğilimindedir. Avrupa'da 2010 ve 2017 yılları arasında doğal tehlikelerin neden olduğu kesintiler ortalama 409 dakika sürmüştür ve doğal olmayan nedenlerden kaynaklanan kesintilerin neredeyse dört katı uzun sürmüştür. Ve 2007 yılında Bangladeş'te Tropik Fırtına Sidr, ülke tarihindeki en büyük kesintiye neden olmuştur: 26 elektrik santralinin tamamı devre dışı kalmış ve arızalanarak vatandaşları bir haftaya kadar elektriksiz bırakmıştır (Rentschler, Obolensky ve Kornejew 2019).

Birçok düşük ve orta gelirli ülkede, doğal şoklar elektrik kesintilerinin küçük bir kısmından sorumludur, ancak bu dayanıklılığın bir sorun olmadığı anlamına gelmez. Gerçekten de, elektrik sistemleri yoksul ülkelerde zengin ülkelere kıyasla doğal şoklara karşı daha savunmasızdır ve doğal tehlikeler çok sayıda kesintiden sorumlu olabilir. Enerji sektöründe, eskiyen ekipmanlar, bakım eksikliği, şebekenin hızla genişlemesi ve yetersiz üretim kapasitesi, genel olarak hizmet güvenilirliğini azaltan ve aynı zamanda doğal şoklara karşı kırılganlığı artıran faktörlerdir. Örneğin, aynı şiddetteki fırtınaların Bangladeş'te kesintilere yol açma olasılığı ABD'dekinden daha yüksektir (Şekil O.4). Ortalama rüzgar hızının saatte 35 kilometreyi aştığı bir günde, Bangladeş'teki elektrik kullanıcılarının kesinti yaşama olasılığı, ABD'dekinden 11 kat daha fazladır. ABD'li tüketiciler. Bu kırılganlığın bir sonucu olarak, 2013 yılında Bangladeş'in Chittagong kentinde kullanıcılar sadece fırtınalar nedeniyle yaklaşık 16 elektrik kesintisi yaşamıştır. Bu sayı, yaşanan tüm kesintilerin yalnızca yüzde 4'üne tekabül etmektedir, ancak şimdiden

ŞEKİL O.4 Elektrik şebekesinin rüzgara karşı kırılganlığı Bangladeş'te Amerika Birleşik Devletleri'ne kıyasla çok daha yüksektir



Kaynak: Rentschler, Obolensky ve Kornejew 2019.

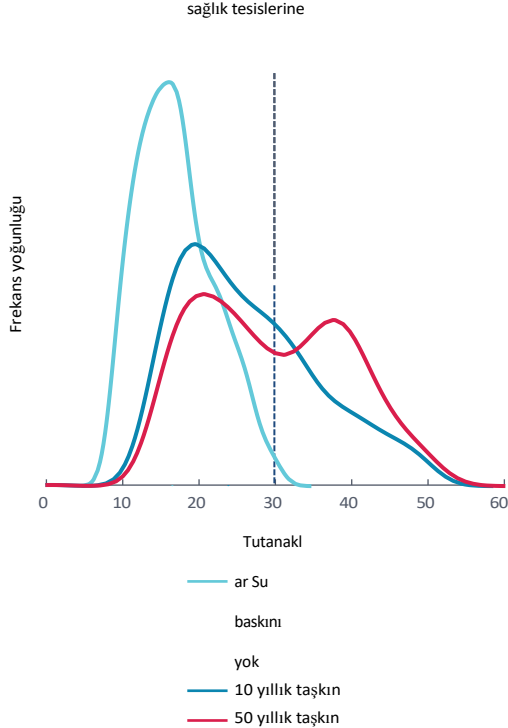
Not: Rüzgarlı günler, kaydedilen günlük rüzgar hızları için farklı eşikler kullanılarak tanımlanmıştır. Rüzgar hızları, en yüksek yerel rüzgar hızlarını eksik temsil etme eğiliminde olan küresel ERA5 iklim reanaliz modelinden elde edilmiştir.

New York'taki tüketicilerin yaşadığı ortalama kesinti sayısından 15 kat daha fazla.

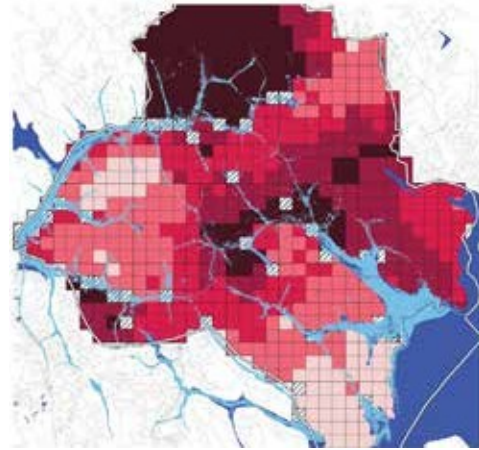
Ulaşım sektöründe, seller ve diğer tehlikeler trafiği aksatmakta ve tıkanıklığa neden olarak hem zengin hem de yoksul ülkelerdeki insanlara ve firmalara zarar vermektedir. Bu rapor için yapılan bir analize göre (Rentschler, Braese, vd. 2019), Kampala'da sellerin kentsel ulaşım üzerindeki etkileri, insanların bir sağlık tesisine erişimini azaltmaktadır (Şekil O.5). Bir ağ analizi, Kampala'nın iç kesimlerindeki neredeyse tüm noktalardan bir hastaneye arabayla ortalama seyahat süresinin 30 dakikadan az olduğunu tahmin etmektedir. Bununla birlikte, 10 yıllık bir sel sırasında yol ağının bozulması seyahat sürelerini önemli ölçüde artırabilir ve Kampala'da yaşayanların yaklaşık üçte biri

ŞEKİL O.5 Kampala'daki seller insanların sağlık tesislerine erişimini ciddi şekilde kısıtlıyor

a. Kampala'nın iç bölgelerindeki lokasyonlardan seyahat süresi



b. Kampalanın iç kesimlerindeki noktalardan sağlık tesislerine seyahat süresinde 10 yıllık bir sel sırasında artış



Kaynak: Rentschler, Braese ve diğerleri 2019.

Not: Panel a'da dikey çizgi, ambulansların bir hastaneden başlayarak dönüş yolculuğunu tamamladıkları varsayımıyla "altın saat" (önemli bir sağlık acil durumunda hayatta kalmayı en üst düzeye çıkaran zaman aralığı) göstermektedir. Eğriler, tüm konumlardan seyahat sürelerinin dağılımını temsil eden frekans yoğunluklarını göstermektedir. 10 yıllık sel, ortalama olarak her 10 yılda bir meydana gelen büyüklükteki seldir.

Kampala'nın iç kesimleri artık sağlık tesislerine "altın saat" içinde ulaşamayacaktı - bu, ciddi bir tıbbi olaydan sonra hayatta kalma olasılığını en üst düzeye çıkaran zaman kazanımını ifade eden bir kuraldır.

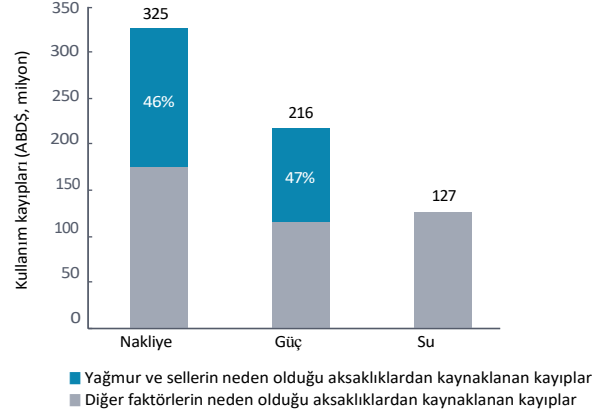
Selle ilgili bu tür ulaşım aksaklıkları firmalar için maliyetlidir. Aynı ağ analizi, sellerin firmalar arası bağlantı ve yerel tedarik zincirleri üzerindeki etkisinin bir göstergesi olarak yaklaşık 400 firma arasındaki seyahat sürelerini tahmin etmektedir. Kampala'daki orta dereceli bir sel, firmalar arasındaki ortalama seyahat süresini yüzde 54 oranında artırmaktadır. Firmaların dörtte birinden fazlasının ortalama seyahat süresinde yüzde 100 ila yüzde 350 arasında bir artışla karşı karşıya kalmasıyla, önemli sayıda firma daha da ciddi şekilde etkilenmektedir. Yollar sular altında kaldığından, insanlar işyerlerine ulaşamamakta ve firmalar için boşuna beklemekte, teslimatlarını kaçırmakta ve satışlarını kaybetmektedir.

Su sektöründe, varlıklarda fiziksel hasar olmasa bile varlıklar ve hizmetler de doğal tehlikelerden etkilenmektedir. Mart 2017'de Lima'da meydana gelen şiddetli toprak kaymaları, şehrin nehrinin çamurla dolması nedeniyle su tedarikini dört gün boyunca kesintiye uğratmıştır. Ana su arıtma tesisi ortaya çıkan bulanıklıkla baş edememiş ve kapanmak zorunda kalmıştır (Stip vd. 2019).

Telekomünikasyon sektöründe, Aralık 2006'da Çin'in Tayvan adasında ve Luzon Boğazı'nda meydana gelen Büyük Hengchun Depremi, uluslararası iletişim ağlarının bağlı olduğu denizaltı kablo sistemlerinde meydana gelen en ciddi kopma örneklerinden biri olmuştur. Denizaltı toprak kaymaları yedi kablo sisteminde 19 kopmaya neden olmuş ve 49 gün boyunca onarım yapılmasını gerektirmiştir. Bu arada trafik, hasar görmemiş altyapı kullanılarak hızlı bir şekilde yeniden yönlendirildi, ancak altyapı üzerindeki baskılar daha düşük hizmet kalitesi ve gecikmelerle sonuçlandı. Bölgedeki ağlar arası bağlantı ciddi şekilde etkilendi ve finansal hizmetler ile havayolları ve nakliye endüstrileri önemli ölçüde zarar gördü (Sandhu ve Raja 2019).

Her ne kadar doğal tehlikelerden kaynaklanan aksaklıkların aşağıdakiler için önemli bir maliyet oluşturduğu kabul edilse de

ŞEKİL O.6 Tanzanyalı firmalar altyapı kesintilerinden kaynaklanan büyük kayıplar bildiriyor



Kaynak: Rentschler, Braese ve diğerleri 2019.

firmalar ve hane halkları için ayrıntılı bir değerlendirme sağlamak üzere yerel çalışmalara ihtiyaç vardır. Böyle bir değerlendirmeyi desteklemek için Tanzania'da ülke genelinde 800 firmadan oluşan bir örneklem için bir anket geliştirilmiş ve pilot uygulaması yapılmıştır. Tanzania'daki firmaların aşağıdaki oranlarda kullanım kaybına uğradığı tespit edilmiştir

Elektrik ve su kesintileri ve ulaşım aksaklıkları nedeniyle yılda 668 milyon dolar, bu da ülkenin GSYİH'sinin yüzde 1,8'ine denk gelmektedir (Şekil O.6). Elektrik tek başına yılda 216 milyon dolarlık kayıptan sorumludur ve bu kayıpların yüzde 47'si sadece yağmur ve sellere atfedilebilecek elektrik kesintilerinden kaynaklanmaktadır (101 milyon dolar veya GSYH'nin yüzde 0,3'üne denk gelmektedir). Ulaşımındaki aksaklıklara gelince, kullanım kayıplarının yaklaşık yüzde 46'sı yağmur ve sellerin neden olduğu aksaklıklardan kaynaklanmaktadır (150 milyon dolar ya da GSYH'nin yüzde 0,4'üne denk gelmektedir). Ancak araştırma, yağmur ve sellerin su arzı kesintilerinin görülme sıklığı üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermemektedir.

Bu aksaklıklara ek olarak, doğal afetler altyapı varlıklarına doğrudan zarar verir. Bu zarar, kamu altyapı bütçelerini zorladığı ve özel yatırımcılar için altyapı sektörünün cazibesini azalttığı için kritik öneme sahiptir. Bu rapor için yapılan küresel risk değerlendirmesine dayanmaktadır,

Enerji üretimi ve ulaştırma altyapısı, doğal tehlikeler nedeniyle yılda ortalama 30 milyar dolar (her biri yaklaşık 15 milyar dolar) zarara, düşük ve orta gelirli ülkeler toplam miktarın yaklaşık 18 milyar dolarını oluşturmaktadır (Koks vd. 2019; Nicolas vd. 2019).

Bu rakamlar ortalama olarak ve küresel düzeyde yönetilebilir düzeyde kalsa da, aşırı olaylardan sonra kayıplar yüksek değerlere ulaşabilir. Bazı hassas ülkelerde bu kayıplar, altyapı hizmetlerine evrensel erişimin sağlanmasını engelleyecek kadar yüksektir.

Doğal afetlerin şiddeti genellikle yol açtıkları varlık kayıplarıyla ölçülür (Munich Re 2019; Swiss Re 2019). Ancak doğrudan varlık kayıplarının ekonomik faaliyetler ve çıktı üzerindeki ikincil sonuçları, özellikle altyapı sistemleri etkilendiğinde, toplam afet etkilerinin büyük bir kısmını açıklayabilir (Hallegatte 2013; Hallegatte ve Vogt-Schilb 2016). Örneğin, Rose, Oladosu ve Liao (2007)

Los Angeles'ta iki haftalık bir elektrik kesintisinin toplam maliyetinin 2,8 milyar dolar, yani iki hafta boyunca toplam ekonomik faaliyetin yüzde 13'ü olduğunu tahmin etmektedir. Colon, Hallegatte ve Rozenberg (2019) Tanzanya'da, trans-port sektöründeki bir sel kesintisinin makroekonomik etkisinin kesintinin süresiyle doğrusal olmayan bir şekilde arttığını bulmuştur. Dört haftalık bir kesinti, hane halkları için iki haftalık bir kesintiye kıyasla ortalama 23 kat daha maliyetlidir. Kapsamlı risk değerlendirmelerinin bu ikincil etkileri hesaba katması ve afet risk yönetimi yatırımlarını ve politikalarını doğru bir şekilde bilgilendirmek ve altyapı tasarımı ve işletimi ile ilgili karar alma süreçlerine rehberlik etmek için varlık kayıplarının ötesine bakması gerekir.

DAHA ESNEK ALTYAPI VARLIKLARI KENDİNİ AMORTİ EDER

Altyapının dayanıklılığının üç seviyesi vardır (Şekil O.7):

- *Altyapı varlıklarının esnekliği.* En dar anlamıyla dirençli altyapı, yollar, köprüler, cep telefonu kuleleri ve elektrik hatları gibi dış şoklara, özellikle de doğal tehlikelere dayanabilen varlıkları ifade eder. Burada, daha dirençli altyapının faydası, varlıkların yaşam döngüsü maliyetini azaltmasıdır.
- *Altyapı hizmetlerinin dayanıklılığı.* Altyapı sistemleri birbirine bağlı ağlardır ve münferit varlıkların dayanıklılığı, ağ düzeyinde sağlanan hizmetlerin dayanıklılığı için zayıf bir vekildir. Altyapı için, dayanıklılığa sistemik bir yaklaşım tercih edilir. Bu seviyede, daha dirençli altyapının faydası daha güvenilir hizmetler sağlamasıdır.
- *Altyapı kullanıcılarının dayanıklılığı.* Nihayetinde önemli olan kullanıcıların dayanıklılığıdır. Altyapı kesintileri, insanlar ve tedarik zincirleri de dahil olmak üzere kullanıcıların bunlarla başa çıkıp çıkmayacağına bağlı olarak katastrofik veya iyi huylu olabilir. Bu seviyede, daha dirençli bir altyapının faydası şudur

ŞEKİL O.7 Altyapının dayanıklılığı birbiriyle örtüşen ve birbirini tamamlayan çeşitli düzeylerde ele alınmalıdır



doğal tehlikelerin insanlar ve ekonomiler üzerindeki toplam etkisini azaltır.

Altyapının dayanıklılığı, yüksek kaliteli altyapının birçok belirleyicisinden biridir. Ancak, dayanıklılığın altyapı yatırımlarının tasarım ve uygulamasına entegre edilmesi sadece doğal şokların yönetilmesine yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda daha genel anlamda altyapı hizmetlerinin maliyet etkinliğini ve kalitesini de tamamlar.

Maruz kalan bölgelerde daha dirençli altyapı varlıkları inşa etmek uygun maliyetlidir

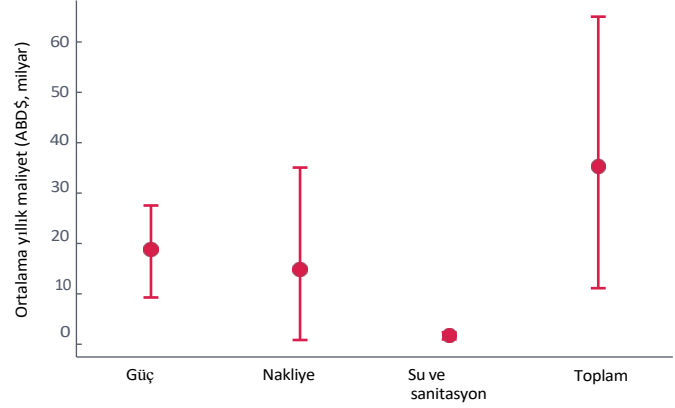
Daha dirençli altyapı varlıklarının ilave ön maliyeti negatif ile a

Varlığa ve tehlikeye bağlı olarak inşaat maliyetinin iki katına çıkması. Varlıkları daha dirençli hale getirmek için yapılacak müdahaleler arasında alternatif malzemeler kullanmak, daha derin temeller kazmak, varlıkları yükseltmek, varlığın etrafına taşkın koruması inşa etmek veya yedek bileşenler eklemek yer almaktadır.

Bu teknik çözümleri uygulamak ne kadar mal olur? Bu rapor, bu soruyu Rozenberg ve Fay'in (2019) düşük ve orta gelirli ülkelerin kalkınma hedeflerine ulaşmak için altyapıya ne kadar harcama yapmaları gerektiğine dair tahminleriyle başlayan bir analizle ele almaktadır. Analiz daha sonra, altyapı sistemlerinin daha dayanıklı bir şekilde tasarlanması ve inşa edilmesi halinde bu tahminlerin ne kadar değişeceğini sormaktadır (Miyamoto International 2019'daki bir dizi teknik seçenek kullanılarak). Burada değerlendirilen çözümlerin, varlıkların doğal tehlikelerden zarar görmeyeceğini garanti etmediğini ve riskleri azaltmak için tüm olası seçenekleri içermediğini unutmayın. Japonya gibi birçok yüksek gelirli ülke, bu analizde değerlendirilen çözümlerin ötesine geçen ve bunlardan daha pahalı olan teknik çözümler uygulamaktadır.

Genel olarak, doğru veriler, risk modelleri ve karar alma süreçleri sağlandığında, düşük ve orta gelirli ülkelerde altyapı varlıklarının dayanıklılığını artırmanın ek maliyeti küçüktür

ŞEKİL 0.8 Gelecekteki altyapı yatırımlarının artırmanın artan maliyeti harcama senaryosuna bağlıdır ancak her durumda sınırlı kalmaktadır



Kaynak: Hallegatte ve ark. 2019.

Not: Bu şekil, 2015-30 dönemi için daha dirençli altyapıya yönelik yıllık sermaye maliyetindeki artışı göstermektedir. Bu aralık, öncelikle dönem boyunca altyapıya ne kadar yatırım yapılacağına (ve seçilen teknolojilere) ilişkin belirsizlikten kaynaklanmaktadır.

yöntemler mevcuttur. Sadece tehlikelere maruz kalan varlıkların dayanıklılığının artırılması, elektrik, su ve sanitasyon ve ulaştırma alanlarındaki yatırım ihtiyaçlarını aşağıdaki oranlarda artıracaktır

Yılda 11 milyar dolar ile 65 milyar dolar (Şekil 0.8). İhmal edilebilir olmasa da, bu aralık altyapı yatırım ihtiyaçlarının sadece yüzde 3'ünü ve düşük ve orta gelirli ülkelerin GSYİH'lerinin yüzde 0,1'inden daha azını temsil etmektedir. Bu nedenle, ülkelerin karşı karşıya olduğu mevcut karşılanabilirlik zorluklarını etkilemeyecektir.

Ancak, varlıkları güçlendirerek altyapıyı daha dayanıklı hale getirmek, ancak doğal tehlikelerin mekansal dağılımına ilişkin uygun veriler mevcutsa gerçekçidir. Hangi bölgelerin tehlikelere maruz kaldığına dair bilgi olmadan, tüm sistemin güçlendirilmesi 10 kat daha pahalıya, 120 milyar dolar ile

670 milyar dolar, bu da tehlike verilerinin değerinin bilgi üretme maliyetinden çok daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Açıkta kalan altyapıyı doğal afetlere karşı daha dayanıklı hale getirmek için yapılan yatırımların getirisi nedir? Altyapı dayanıklılığının maliyetine ilişkin belirsizlik ve hem önlenen onarımlar hem de doğal afetlere karşı dayanıklılık açısından

Hane halkları ve firmalar için aksaklıklar, maruz kalınan altyapı varlıklarının güçlendirilmesinin fayda-maliyet oranı için tek bir tahmin yapılmasını zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte, 3.000 senaryodan oluşan bir set (analizin tüm parametrelerinin belirsizliğini kapsayan), altyapıyı daha dirençli hale getirmenin maliyet ve faydalarını araştırmak için kullanılabilir.

Analiz, belirsizliğe rağmen, daha dirençli altyapıya yatırım yapmanın açıkça maliyet etkin ve sağlam bir seçim olduğunu göstermektedir. Fayda-maliyet oranı senaryoların yüzde 96'1'den yüksek, yüzde 77'sinde 2'den büyük ve yüzde 25'inde 6'dan yüksektir (Hallegatte vd. 2019). Bu yatırımların net bugünkü değeri, yeni altyapı varlıklarının ömrü boyunca, senaryoların yüzde 75'inde 2 trilyon doları, yarısında ise 4,2 trilyon doları aşmaktadır. Dahası, iklim değişikliği altyapı varlıklarının güçlendirilmesini daha da önemli hale getirmektedir. İklim değişikliği olmasaydı, medyan fayda-maliyet oranı 2'ye eşit olacaktı, ancak iklim değişikliği dikkate alındığında bu oran iki katına çıkmaktadır.

Daha iyi bir altyapıya yatırım yapmanın aciliyeti de . Düşük ve orta gelirli ülkelerde altyapıya yapılan büyük yatırımlarla birlikte, düşük dirençli varlık stoku hızla artmakta ve gelecekteki maliyetleri artırmaktadır

doğal tehlikeler ve iklim değişikliği. Senaryoların yüzde 93'ünde, 2020'den 2030'a kadar harekete geçmeyi geciktirmek maliyetlidir ve on yıllık eylemsizliğin medyan maliyeti 1 trilyon dolardır.

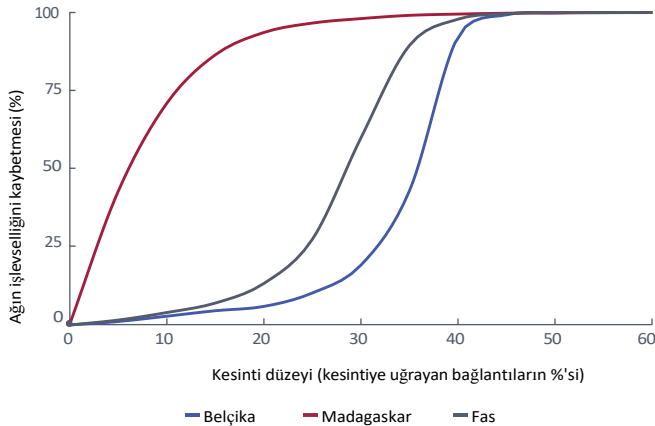
Dirençli altyapı dirençli altyapı hizmetlerine

Dayanıklılık oluşturmak için tek seçenek varlıkları daha dayanıklı hale getirmek değildir. Analizin altyapı varlıklarından altyapı hizmetlerine doğru genişletilmesi, kritiklik, yedeklilik, çeşitlendirme ve doğa temelli çözümlere ek seçenekler olarak bakarak ağ ve sistem düzeyinde çalışarak dayanıklılık maliyetinin daha da azaltılabileceğini ortaya koymaktadır.

Ağların altyapı sistemi esnekliğindeki rolünü göstermek için, bu rapor için yapılan bir çalışma, işlevsellik kaybının varlık kaybına oranı olarak tanımlanan ulaşım ağlarının esnekliğini ölçmektedir (Rozenberg . 2019b). Belçika veya Fas'taki gibi dirençli bir yol ağı, çok fazla işlevsellik kaybetmeden birçok varlığı (yol segmentleri gibi) kaybedebilirken, Madagaskar'daki gibi çok az fazlalığa sahip kırılgan ağlar, hafif bir hasarla bile işlevsiz hale gelir (Şekil O.9). Benzer yaklaşımlar, tipik metodolojinin bir şebekenin tüm bileşenlerinin haritalanması ve bunların hangi koşullar altında arızalanacağını, bu arızaların etkilerinin ne olacağını ve hizmet sunumunu nasıl etkileyeceğinin değerlendirilmesinden oluştuğu su sistemlerinde de harekete geçirilebilir.

Ağ etkileri, kritik varlıkları güçlendirerek ya da yalnızca tıkanma noktalarının olduğu yerlerde yedeklilik oluşturarak, hizmetlerin ve kullanıcıların dayanıklılığını sınırlı bir maliyetle güçlendirme fırsatları yaratır (Rozenberg . 2019a). Örneğin iletim ve dağıtım şebekeleri için esneklik genellikle yedeklilik yoluyla inşa edilir ve bu da şebekenin temel bileşenlerini ikiye veya üçe katlamak anlamına gelmez. Daha etkili bir yaklaşım, genellikle şebekedeki çeşitli düğümler için birden fazla tedarik noktasına sahip "halkalı" veya kafesli ağlar oluşturmaktır.

ŞEKİL O.9 Belçika ve Fas'ın ulaştırma sistemleri Madagaskar'ından çok daha büyük yol kesintilerini absorbe edebilir



Kaynak: Rozenberg ve ark. 2019b.

Çeşitlendirme ve ademi merkeziyetçilik de daha dirençli hizmetler için fırsatlar sunmaktadır. Farklı kırılmalıklara sahip enerji üretiminin kullanılması (örneğin, kuraklığa karşı kırılmalık olan hidroelektrik enerjiye karşılık güçlü rüzgarlara karşı kırılmalık olan güneş ve rüzgar), bir sistemin minimum hizmet seviyesini koruyabilmesini daha olası hale getirir. Taşımacılık dışı modlara ve toplu taşımaya dayanan çok modlu ulaşım sistemleri, sadece özel araçlara dayanan sistemlere göre daha dayanıklıdır. Güneş enerjisi ve batarya kullanan dağıtılmış güç sistemleri bir şebekeyi güçlendirebilir ve daha dayanıklı hale getirebilir. Minigrids ve microgrids, uzun mesafeli iletim kablolarına dayanmadıkları için, şebeke arızası durumunda faydalı yedek üretim sağlayabilir. Sandy Kasırgası sırasında New York'taki Co-Op City mikro şebekesi ana şebekeden başarılı bir şekilde ayrıştırılmış ve daha geniş şebekedeki kesintiler sırasında tüketicileri desteklemiştir (Strahl et al. 2016).

Yeşil ve gri altyapının birleştirilmesi daha düşük maliyetli, daha esnek ve daha sürdürülebilir altyapı çözümleri sağlayabilir (Browder vd. 2019). New York'ta suyun yüzde 90'ı iyi korunan vahşi su havzalarından gelmektedir, bu da New York'un su arıtma sürecini diğer şehirlere göre daha basit hale getirmektedir.

ABD şehirleri (Ulusal Araştırma Konseyi 2000). Beck ve diğerlerine (2018) göre, mercan resifleri olmasaydı, kıyı taşkınlarından kaynaklanan yıllık hasar dünya çapında iki katına çıkardı. Küba, Endonezya, Malezya, Meksika ve Filipinler'in resiflerinden en fazla faydalanan ülkeler olduğunu ve her bir ülkenin yıllık 400 milyon dolardan fazla tasarruf sağladığını tahmin etmektedirler. Kolombo'da, sulak alan sisteminin korunmasının, arazi geliştirme kısıtlamaları hesaba katıldığında bile, şehirdeki sel baskınlarını azaltmak için uygun maliyetli bir çözüm olduğu görülmüştür (Browder ve ark. 2019).

Güçlendirme açısından ulaşılabilecek sınırların da dikkate alınması gerekir. Hiçbir altyapı varlığı veya sistemi olası tüm tehlikelerle başa çıkacak şekilde tasarlanamaz. Ve en aşırı olayların olasılığı ve yoğunluğu konusunda büyük bir belirsizlik söz konusudur. Sonuç olarak, altyapı

ture sistemleri, katastrofik arıza riskini en aza indirmek için bir dizi olaya karşı stres testine tabi tutulmalıdır (Kalra ve ark. 2014). Bu tür stres testlerinin iki amacı vardır: (1) altyapı sistemlerinin aşırı olaylara, hatta pek olası olmayanlara karşı kırılmalıklığını azaltabilecek düşük maliyetli seçenekleri belirlemek ve (2) altyapı sistemlerinin yönetimi (büyük bir arızadan nasıl kurtulunacağı gibi) ve kullanıcıların desteklenmesi (hastaneler üzerindeki etkilerin nasıl en aza indirileceği gibi) açısından arızaya hazırlanmak. Başarısızlık senaryolarının çalıştırılması, acil durum planlarının tanımlanmasında ilk ve en kritik adımdır.

Son olarak, bazen bir altyapıyı dirençli hale getirmenin en iyi yolu onu inşa etmemektir. Nicholls ve diğerleri (2019), fırtına dalgalanmalarına ve deniz seviyesindeki yükselmeye karşı kıyı korumasının, 21. yüzyıl boyunca dünyadaki kıyı şeritlerinin yalnızca yüzde 22-32'si için ekonomik açıdan mantıklı olacağını bulmuştur. Bu nedenle, bazı topluluklar kademeli olarak geri çekilmek veya kıyı savunması için daha düşük maliyetli veya doğa temelli yaklaşımlar kullanmak zorunda kalabilir. Bu topluluklar çoğunlukla koruma maliyetlerinin karşılanamayacak kadar yüksek olduğu düşük yoğunluklu bölgelerdedir. Bu bölgelerde, dayanıklılık için en iyi yaklaşım yeni altyapı inşa *etmemek* olabilir. Ancak bu yaklaşım, geçim kaynaklarını ve topluluk bağlarını korurken geri çekilmeyi yönetmek için tutarlı bir strateji ile tamamlanmalıdır.

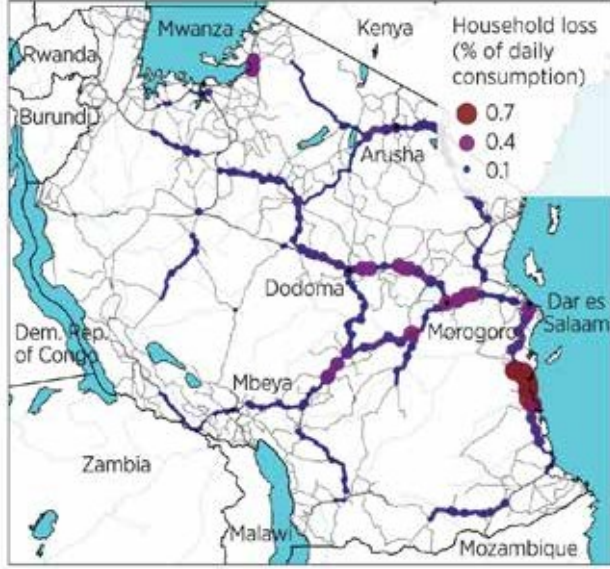
Dirençli altyapı hizmetlerinden dirençli kullanıcılara ve ekonomilere

Bazı durumlarda, hizmet kesintilerini yönetmek, bunları önlemekten daha kolay ve daha ucuz olabilir. Bu rapor, altyapı hizmetlerinin kullanıcılarının rolünü ve onların eylemlerinin daha dayanıklı altyapı sistemlerine nasıl katkıda bulunabileceğini araştırmaktadır.

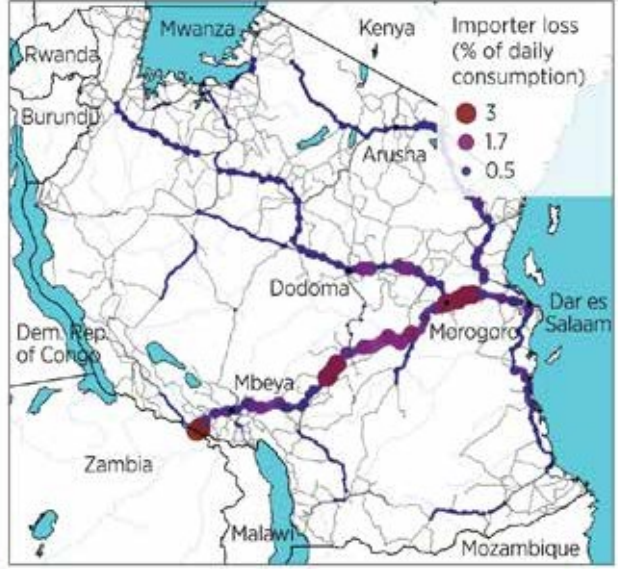
Genellikle, dayanıklılık oluşturmak için ilk seçenek verimliliği artırarak talebi azaltmaktır. Artan nüfus ve giderek kıtlaşan su kaynakları karşısında bir su idaresi, şehrin su kaynağı üzerindeki baskıyı azaltmak için talep yönetimini kullanabilir. Yakın zamandaki bir örnek, sert önlemler almak zorunda kalan Cape Town'dur

HARİTA O.2 Tanzanya'nın ulaştırma ağı için yatırım öncelikleri tedarik zincirlerine bağlı olacaktır

a. Kesintinin hanehalkı tüketimi üzerindeki etkileri



b. Kesintilerin uluslararası müşteriler üzerindeki etkileri



Kaynak: Colon, Hallegatte ve Rozenberg 2019.

Not: Belirli bir yolu kaplayan çizginin genişliği, o yolun bir haftalık kesintisinin tetikleyeceği etkilerle orantılıdır. Günlük tüketimin yüzdesi olarak ölçülen etkiler, daha pahalı nakliye ve kıtlık nedeniyle kaçırılan tüketim nedeniyle istisnai harcamaları temsil etmektedir. Panel a'da hanehalkları tarafından tüketilen ürünler için, panel b'de ise uluslararası alıcılar için bu etkiler gösterilmektedir.

"0. Gün "e, yani şehrin suyunun tükeneceği güne ulaşmamak için. Şehir tarafından uygulanan talep yönetimi tedbirleri son derece başarılı oldu ve 2015 ile 2018 yılları arasında kullanımı yüzde 40 oranında azaltarak büyük bir sosyoekonomik krizin yaşanmasını önledi.

Kullanıcıların ihtiyaç ve kapasitelerinin anlaşılması, kamu hizmetlerinin nereye yatırım yapacaklarını ve şebekenin hangi bölümünü güçlendireceklerini daha iyi hedeflemelerine yardımcı olur. Bir hastaneye ya da bir sel barınağına giden elektrik dağıtım hattı, acil bir durum sırasında ve sonrasında bir ülkedeki ortalama elektrik hattından muhtemelen daha önemlidir. Kritikliğin kullanıcılara ve tedarik zincirlerine nasıl bağlı olduğunu araştırmak için, bu rapor için yapılan bir çalışma, Tanzanya'daki ulaşım ağının kritikliğini araştırmak için bir ulaşım ve bir tedarik zinciri modelini birleştirmektedir (Colon, Hallegatte ve Rozenberg 2019). Harita O.2, iki tedarik zinciri için ulaştırma sektöründeki en kritik varlıkları göstermekte ve varlıkların güçlendirilmesi için yatırım önceliklerinin hangi tedarik zincirlerinin olduğuna bağlı olduğunu ortaya koymaktadır

en hassas veya en önemli olarak kabul edilir. Örneğin, Dar-es-Salaam'ın yaklaşık 200 km güneyinde yer alan kıyı ana yolunun bazı bölümleri iç tüketim için kritik öneme sahipken, uluslararası ticaret için oldukça önemsizdir. Ticaret için Morogoro'nun doğusundaki yol öncelikli görünmektedir. Bu kesim, Darüsselam limanı ile Demokratik Kongo Cumhuriyeti ve Zambiya gibi denize kıyısı olmayan ülkeler arasındaki büyük yük akışlarını barındırmaktadır.

Kesintileri önlemenin mümkün ya da ekonomik olmadığı durumlarda, firmaların kesintilere karşı kendi dayanıklılıklarını artırmak için birçok seçeneği vardır. Daha büyük stoklar onları nakliye sorunlarına karşı koruyacaktır. Jeneratörler ve bataryalar kısa elektrik kesintilerini yönetmelerine yardımcı olacaktır. Hem yerel hem de uzak konumlardan tedarikçi çeşitliliğine sahip olmak, özellikle uzun kesintilere karşı bir başka güçlü korumadır. Bununla birlikte, büyük stoklar tutmak ve birden fazla tedarikçiyi yönetmek, önemli işlem maliyetleri içeren finansal yüklerdir ve bu da onları büyük firmalar için daha uygun hale getirir. Çünkü bir

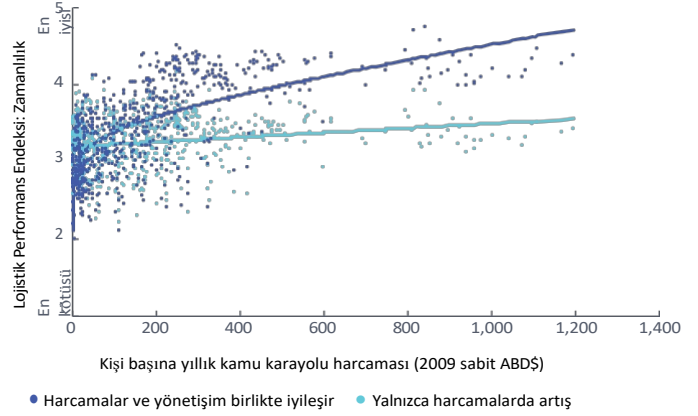
Statik tedarik zinciri hiçbir zaman büyük ölçekli bir felaket ve buna bağlı aksaklıklarla başa çıkamayacağından, uyum yeteneği kritik öneme sahiptir ve iş sürekliliği planlarına dahil edilmelidir (Christopher ve Peck 2004; Sheffi 2005).

ALTYAPIYI DAHA DAYANIKLI HALE GETİRMEK İÇİN TUTARLI BİR STRATEJİ GEREKİR

Pek çok ülkede altyapı aksaklıkları kronik eksikliklerin belirtileridir. Elektrik kesintileri her gün yaşanmakta, su temini güvenilirmez ya da güvensiz olmakta ve trafik sıkışıklığı seyahatleri yavaş ve öngörülemez hale getirmektedir. Birçok yerde bu aksaklıklar, altyapı sistemlerinin sürekli artan talebe ayak uyduracak şekilde tasarlanmaması veya sistem arızalarının kötü varlık yönetimi veya bakımının bir sonucu olması nedeniyle meydana gelmektedir. Doğal tehlikeler bu sorunları daha da kötüleştirebilirken, bu aksaklıkların çoğu altyapı tasarımı ve yönetimiyle ilgili daha temel zorlukları yansıtmaktadır. Bu da, altyapı sistemlerini dirençli hale getirmek için ilk adımın uygun altyapı tasarımı, işletimi, bakımı ve finansmanı yoluyla normal koşullarda güvenilir hale getirmek olduğu anlamına gelmektedir.

Öneri 1: Temel unsurları doğru ele alın Yakın zamanda dünya genelinde yapılan bir analize göre (Kornejew, Rentschler ve Hallegatte 2019), düşük performans gösteren altyapı sistemleri büyük ölçüde kötü yönetim ve yönetim ile açıklanmaktadır. Dünya Bankası'nın Lojistik Performans Endeksi'ni bir vekil olarak kullanan Şekil O.10, ulaştırma sisteminin performansının yollara yapılan kamu harcamalarına nasıl bağlı olduğunu göstermektedir. Performans, kişi başına harcama ile birlikte hızla artmaktadır, ancak sadece yönetim kalitesi paralel olarak artarsa (koyu mavi çizgi). Yönetim kalitesi değişmezse (açık mavi çizgi), artan harcamalar ulaştırma sistemi performansında sadece marjinal iyileşmeler sağlar ve maliyet etkin değildir. Benzer analizler elektrik ve su sistemleri için de benzer bulgular ortaya koymaktadır.

ŞEKİL O.10 Daha fazla harcama yapmak ulaştırma sisteminin güvenilirliğini artırır, ancak bunun için yönetimin de iyileşmesi gerekir



Kaynak: Kornejew, Rentschler ve Hallegatte 2019.

Dolayısıyla, altyapı sistemlerinin zayıf yönetimi, aşılması gereken ilk engeldir. Altyapının doğal şoklara karşı dirençli olması isteniyorsa, ülkelerin öncelikle aşağıdaki üç öncelikli eylemle altyapı yönetiminin temellerini doğru bir şekilde oluşturması gerekmektedir.

Eylem 1.1: Yönetmeliklerin, inşaat kodlarının ve satın alma kurallarının tanıtılması ve uygulanması

İyi tasarlanmış yönetmelikler, kanunlar ve tedarik kuralları, güvenilirlik ve dayanıklılıkları da dahil olmak üzere altyapı hizmetlerinin kalitesini artırmaya yönelik en basit yaklaşımdır. Altyapı sektöründe etkin uygulama, sağlam bir yasal çerçevenin yanı sıra inşaat, hizmet kalitesi ve performansı izleyecek ve hizmet sağlayıcıları performansları için ödüllendirecek ya da cezalandıracak güçlü düzenleyici kurumlar gerektirir. Şu anda birçok düzenleyici kurum mevcut inşaat yönetmeliklerini uygulayacak kaynak ve kapasiteden yoksundur.

Eylem 1.2: Uygun altyapı işletimi, bakımı ve kaza sonrası müdahale için sistemler oluşturulması

Bakım ve operasyonların iyileştirilmesi, bir yandan altyapı varlıklarının dayanıklılığını artırırken diğer yandan da bakım ve operasyonları azaltmak için pişmanlık duyulmayacak bir seçenektir (gelecekte ne olursa olsun fayda sağlar).

toplam maliyetleri düşürmektedir. Bu rapor için Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü'ne üye ülkeler arasında yapılan bir analiz, yol bakımı için harcanan her 1 doların yeni yatırımlarda 1,5 dolar tasarruf sağladığını ve daha iyi bakımın çok uygun maliyetli bir seçenek olduğunu göstermektedir (Kornejew, Rentschler ve Hallegatte 2019). Bu amaç için önemli bir araç, tüm varlıkların ve durumlarının bir envanterinin yanı sıra altyapı varlıklarının yaşam döngüleri boyunca yönetiminin tüm stratejik, finansal ve teknik yönlerini içeren altyapı varlık yönetimi sistemleridir. Bu tür araçlar, kanıta dayalı ve önleyici bir bakım programına doğru ilerlemeye ve reaktif yama yama bakım yaklaşımından uzaklaşmaya yardımcı olur.

Eylem 1.3: Altyapı planlaması, inşası ve bakımı için uygun finansman ve kaynakların sağlanması

Altyapı hizmetlerinin kalitesi, iyi planlamadan iyi bakıma kadar birçok faktöre bağlıdır, ancak bunların her birinin bir maliyeti vardır (Şekil O.11). Eğer kaynaklar bu faktörlerden herhangi birine olan ihtiyacı karşılamakta yetersiz kalırsa, altyapı hizmetlerinin kalitesinin muhtemeldir. Yatırım harcamaları uygun olsa bile, varlıkların planlanması, tasarlanması veya bakımı için yetersiz kaynaklar düşük kalite ve güvenilirlikle sonuçlanacaktır. Özel fonlar ve bütçe tahsisleri, özellikle bakım olmak üzere farklı ihtiyaçları karşılamak için yeterli kaynağın mevcut olmasını sağlamak için kullanılabilir.

Bu üç temel tedbirin uygulanması daha güvenilir altyapı sistemlerine katkıda bulunacak ve doğal tehlikeler ve iklim değişikliği ile başa çıkmak için temel bir kapasite oluşturacaktır. Ancak dayanıklılıkla ilgili daha iddialı hedeflere ulaşmak için yeterli olmayacaktır. Dayanıklılığı güçlendirmek için hedeflenen eylemler olmadan, altyapı varlıkları kasırgalar, nehir taşkınları veya depremler gibi daha nadir olaylarla başa çıkamayacaktır. Ve iklim değişikliğine özel eylemler olmaksızın, bu varlıklar yanlış müşteri ve çevre koşulları için tasarlanma riskiyle karşı karşıya kalacaktır. Bu gelişen doğal tehlikelere karşı dayanıklılık oluşturmak için, dayanıklılık sorununa özgü dört ek engelin üstesinden gelmek gerekir.

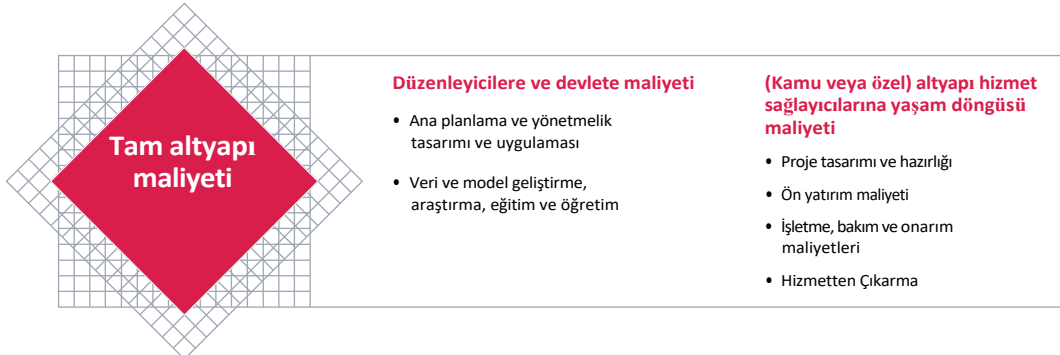
Öneri 2: Dayanıklılık için kurumlar oluşturun

Politik ekonomi zorlukları ve koordinasyon hataları, dirençli bir altyapı ekosisteminin oluşturulmasını engellemektedir. Bu nedenle hükümetlerin aşağıdaki üç öncelikli eylemle koordinasyon rolü oynaması gerekmektedir (OECD 2019).

Eylem 2.1: Altyapı dayanıklılığına yönelik olarak mevcut düzenleyici sistemler üzerine inşa edilen bir bütün hükümet yaklaşımının uygulanması

Analistler, kritik altyapıların dayanıklılığının sağlanmasında hükümetlerin kilit bir rol oynadığı ve tüm hükümet yaklaşımını benimsemeleri gerektiği konusunda hemfikirdir (Renn 2008; Wiener ve Rogers 2002; Dünya Bankası 2013). Risk koordinasyonunu iyileştirmek için ortak bir çözüm

ŞEKİL O.11 Yüksek kaliteli altyapı, birden fazla finansman ihtiyacının karşılanmasını gerektirir



riskler ve sistemler arasında yönetim, bilgi alışverişi, koordinasyon ve hatta muhtemelen altyapı için risk yönetimi önlemlerinin uygulanmasından sorumlu mevcut (veya yeni) bir çok bakanlıklı kurumun yerleştirilmesidir.

Eylem 2.2: Kritik altyapının belirlenmesi ve kabul edilebilir ve tahammül edilemez risk seviyelerinin tanımlanması Kritiklik analizleri, en önemli altyapı varlıklarının ve bunların kırılganlıklarının belirlenmesi için önemli bir araçtır. Kritik altyapı varlıkları ve sistemleri belirlendikten sonra, hükümetlerin kabul edilebilir veya tahammül edilemez risk seviyelerini tanımlamaları gerekir. Her bir altyapı sektörü bu risk seviyelerini kendi yönetmelik ve tedbirlerini tasarlamak için kullanabilir ve sistemler arasında tutarlılık sağlayabilir. Bu risk seviyelerinin tanımlanmasında yerel bağlamın, özellikle de mevcut kaynakların dikkate alınması gerekir ve risk yönetiminin kalkınmanın önünde bir engel haline gelmemesini sağlamak için açık ve katılımcı bir yaklaşım gerektirir.

Eylem 2.3: Dayanıklı altyapıya eşit erişimin sağlanması

Dayanıklılıkla ilgili kararlar sadece ekonomik mülahazalarla alınamaz. Altyapı dayanıklılığının güçlendirilmesi, özellikle kırılgan ve marjinalleştirilmiş nüfus grupları için aksaklıkların potansiyel risk ve etkilerinin daha eksiksiz bir değerlendirmesi ile yönlendirilmelidir. Yeni yaklaşımlar, mekânsal önceliklerin daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Örneğin, *refah kayıpları* veya *sosyo-ekonomik dayanıklılık tahminleri*, doğal afetlerin yoksul ve zengin haneler üzerindeki etkilerinin dengeli bir şekilde değerlendirilmesini sağlar (Hallegatte . 2016; Walsh ve Hallegatte 2019).

Öneri 3: Esnekliğin yönetmeliklere ve teşviklere dahil edilmesi

Daha dayanıklı altyapının önündeki üçüncü bir engel de kamu ve özel sektör karar vericilerinin aksaklıklardan kaçınmak için çok az teşvike sahip olmalarıdır. Çoğu zaman, dayanıklılık yatırımlarına karar verirken sadece daha düşük onarım maliyetlerini göz önünde bulundurlar; nadiren altyapının tam sosyal maliyetini dikkate alırlar.

yapı aksaklıkları. Bu nedenle hükümetlerin, altyapı hizmet sağlayıcılarının çıkarlarını kamunun çıkarlarıyla uyumlu hale getirmek için dayanıklılığı tutarlı bir dizi düzenleme ve mali teşvike dahil etmesi gerekmektedir (Şekil O.12), aşağıdaki üç öncelikli eylemle.

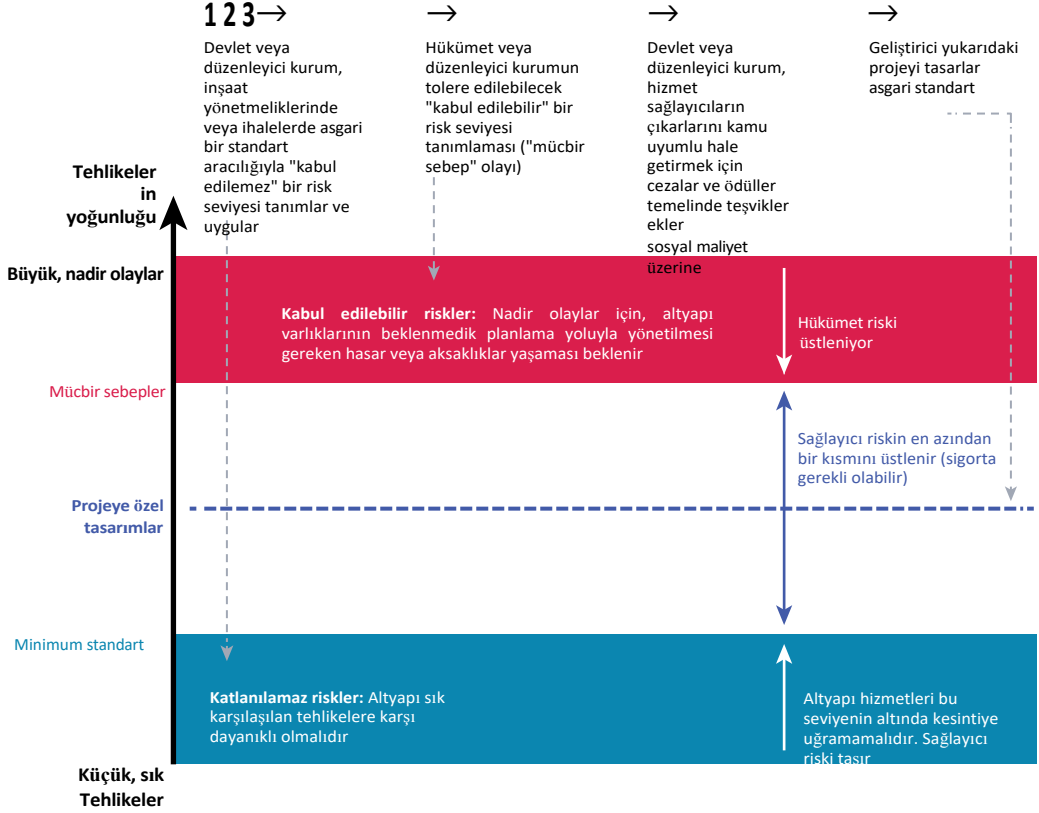
Eylem 3.1: Ana planlarda, standartlarda ve yönetmeliklerde dayanıklılık hedeflerinin dikkate alınması ve iklim değişikliğini hesaba katacak şekilde düzenli olarak ayarlanması

Standartlar ve yönetmeliklerin iklim koşulları, jeofizik tehlikeler, çevresel ve sosyo-ekonomik eğilimler, yerel inşaat uygulamaları ve politika öncelikleri gibi bir dizi faktörü dikkate alması gerekir. Ayrıca, iklim değişikliği ve diğer uzun vadeli eğilimleri dikkate almak için bugün olduğundan daha düzenli olarak revize edilmeleri gerekir (Vallejo ve Mullan 2017). Buna ek olarak, hükümetler düzenlemeleri sadece altyapı hizmetleri sağlayıcılarının değil, belirli altyapı hizmetleri kullanıcılarının dayanıklılığını güçlendirmek için de kullanabilir. Örneğin, hastanelerin yedek jeneratörler, bataryalar ve su depoları bulundurmaları gerekebilir. Firmalardan da afetlerin ve altyapı kesintilerinin ekonomik maliyetini en aza indirmek için iş sürekliliği planları hazırlamaları istenebilir.

Eylem 3.2: Esnek altyapı hizmetlerini teşvik etmek üzere hizmet sağlayıcılar için mali teşvikler oluşturulması

Ödüller ve cezalar, hizmet sağlayıcıların zorunlu standartların ötesine geçmesi ve dayanıklılığı artırmak için uygun maliyetli çözümler uygulaması için teşvik olarak kullanılabilir (Par- dina ve Schiro 2018). Avustralya Enerji Düzenleyicisi, tüketicilerin iyileştirilmiş hizmet için ne kadar ödeme yapmaya istekli olduklarına göre kalibre edilmiş cezalar ve ödüller içeren Hizmet Hedefi Performans Teşvik Programını oluşturmuştur. Bir başka örnek de, dayanıklılığı artırmak için doğa temelli çözümlerin kullanımını teşvik eden ekosistem hizmetleri için ödeme planlarıdır. Brezilya'da su kullanıcıları yerel su şirketine, yerel havza komitelerinin havza bakımı ve ağaçlandırma için kullandığı bir ücret ödemektedir (Browder vd. 2019).

ŞEKİL 0.12 Altyapı hizmet sağlayıcıları için doğru teşviklerin oluşturulması, tutarlı bir dizi düzenleme ve mali teşvik gerektirmektedir



Eylem 3.3: Altyapı düzenlemelerinin risk odaklı arazi kullanım planlarıyla tutarlı olmasını sağlamak ve gelişimi daha güvenli alanlara yönlendirmek

Altyapı yatırımları özel gelişim modellerini etkilediğinden, insanların doğal tehlikelere maruz kalmasını etkileyebilir. Yeni altyapının kullanıcıların dayanıklılığına katkıda bulunmasını sağlamak için, düzenlemeler riske duyarlı arazi kullanımı ve kentleşme planlarıyla uyumlu hale getirilmelidir. Altyapı lokalizasyonlarının seçiminde de yeni bir altyapı varlığının çekeceği potansiyel yatırımlar ve dayanıklılık üzerindeki etkileri dikkate alınmalıdır. Daha da iyisi, altyapı yerleştirme seçenekleri arazi kullanım planlamasının uygulanmasını desteklemek ve düşük riskli mekansal gelişimi teşvik etmek için kullanılabilir.

Öneri 4: Karar verme sürecinin iyileştirilmesi

Düzenleyiciler ve altyapı hizmetleri sağlayıcıları daha dirençli altyapı sistemleri inşa etmek için doğru teşviklere sahip olsalar bile, genellikle veri ve araçlara erişimin yanı sıra iyi kararlar vermek için ihtiyaç duydukları beceri ve yetkinliklerden yoksundurlar. Bu nedenle hükümetler, aşağıdaki üç öncelikli eylemle tüm paydaşların karar alma süreçlerini iyileştirmelerine yardımcı olmalıdır.

Eylem 4.1: Serbestçe erişilebilen doğal tehlike ve iklim değişikliği verilerine yatırım yapın

Risk verilerine ve modellerine (hidrolojik modeller, sel tehlikesi haritaları, kazı yükseklik modelleri ve altyapı varlıklarının envanterleri gibi) yapılan yatırımlar, tasarım ve bakımı iyileştirerek son derece yüksek getiri sağlayabilir.

altyapı varlıklarının finansmanı. Düşük ve orta gelirli ülkelerdeki tüm kentsel alanlar için sayısal yükseklik modelleri üretmenin maliyeti Toplamda 50 milyon dolar ile 400 milyon dolar arasında değişen bu veriler, tüm yeni altyapı varlıkları için derinlemesine risk değerlendirmeleri yapılmasını mümkün kılmakta ve yılda milyarlarca dolarlık yatırıma bilgi sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu tür veriler özel aktörleri yatırım yapmaktan caydıran ve kamu desteği gerektiren kamu malı özelliklerine sahiptir. Risk ve altyapı verilerinin faydalı olabilmesi için altyapı hizmet sağlayıcıları ve kullanıcıları tarafından kullanılabilir (ve uygun fiyatlı) hale getirilmesi gerekmektedir. Gizlilik ve güvenlik kaygıları erişimin kısıtlanmasını gerekli kılsa da, tehlike ve altyapı verileri için açık erişimi varsayılan durum haline getirmek ve çok hassas olduğu kanıtlanan verilere erişimi kısıtlamak için süreçler oluşturmak tercih edilir.

Eylem 4.2: Sağlam kararlar alın ve pişmanlık ve yıkıcı başarısızlık potansiyelini en aza indirin Çoğu zaman, büyük belirsizlikler "en uygun" sistemleri veya varlıkları tasarlamayı imkansız hale getirir. Bunun alternatifi, belirli bir gelecek için en uygun olmasa bile, çok çeşitli gelecekler, tercihler ve dünya görüşleri arasında iyi sonuçlar veren *sağlam* tasarımlar aramaktır. Karar vericiler, artık kırılganlıkların kabul edilebilir ve yönetilebilir olduğundan emin olmak için çeşitli tehlikeler ve tehditler için olası seçeneklerin sistematik stres testi yoluyla sağlam stratejiler belirleyebilirler. Bu stres testleri, düşük olasılıklı, yüksek sonuçlu olaylara karşı direnç oluşturmak ve yıkıcı başarısızlıkları önlemek için düşük maliyetli fırsatların yakalanmasına yardımcı olabilir. Ayrıca hizmet sağlayıcılar için süreklilik planlarının ve kullanıcılar için iş sürekliliği planlarının geliştirilmesini de destekleyebilirler.

Eylem 4.3: Veri ve modelleri kullanmak için gerekli becerilerin ve özel sektörün bilgi birikiminin harekete geçirilmesi
Altyapı risk verileri ve modelleri, altyapıyı iyileştirmek isteyen herkesin kullanımına açık olsa bile

yapı esnekliği, bunların uygun kullanımı her zaman mevcut olmayan beceriler gerektirir. Eğitim verebilmeleri, yeni metodolojiler geliştirebilmeleri (ya da bunları yerel bağlama uyarlayabilmeleri) ve politika ve karar alıcılara tavsiyelerde bulunabilmeleri için üniversitelerin ve araştırma merkezlerinin desteklenmesi gerekir. Kamu sektörü uzmanlığının yetersiz olduğu durumlarda, doğrudan tedarik veya kamu-özel sektör ortaklıkları yoluyla özel sektörü devreye sokmak bir çözüm olabilir.

Öneri 5: Finansman sağlayın Beşinci engel, satın alınabilirlik ve finansman kısıtlarıyla bağlantılıdır. Dayanıklılığın artırılması, hükümet veya düzenleyiciler tarafından karşılanan maliyetler veya altyapı sağlayıcıları tarafından karşılanan maliyetler de dahil olmak üzere, altyapının yaşam döngüsü maliyetinin çeşitli bileşenlerini artırabilir (Şekil O.11).

Zaman zaman bu maliyetler, dayanıklılık bir varlığın veya sistemin tüm yaşam döngüsü maliyetini artırdığında *karşılanabilirlik* sorunlarına yol açabilir. Çözümler ya finansmanda bir artış (daha yüksek vergiler, kullanıcı ücretleri veya transferler yoluyla finanse edilen) ya da dayanıklılık ile altyapı hizmetlerinin miktarı arasında bir değiş tokuş (daha az ama daha güvenli yollar) içerebilir. Ancak daha sık olarak, altyapıyı daha dayanıklı hale sadece tasarım, inşaat veya bakım maliyetlerini artırırken, onarım gibi diğer maliyetleri azaltır, böylece toplam yaşam döngüsü maliyeti düşer. Bu durumda karşılaşılan zorluk finansmanla, yani yıllık gelirlerin ya da bütçenin altyapı projelerinin yaşam döngüsünün her aşamasında ihtiyaç duyulan kaynaklara dönüştürülmesiyle bağlantılıdır ve aşağıdaki üç öncelikli eylemi içermektedir.

Eylem 5.1: Risk değerlendirmelerinin ana planlara ve erken proje tasarımına dahil edilmesi için yeterli finansman sağlanması

Her yıl altyapıya yüz milyarlarca dolar yatırım yapılmasına rağmen, altyapı sektörü düzenlemeleri, riske dayalı ana planlar, altyapı risk değerlendirmesi veya erken aşama proje tasarımı için kaynakları harekete geçirmek zor olmaya devam etmektedir. Daha fazla kaynak

Altyapı projeleri olgunlaştığında kullanılabilir, ancak bu aşamada çoğu stratejik karar zaten verilmiştir ve dayanıklılığı artırmak için düşük maliyetli seçeneklerin çoğu artık mevcut değildir (bir varlığın yerini veya hatta projenin niteliğini değiştirmek gibi). Bu faaliyetlerin desteklenmesi ve finanse edilmesi son derece uygun maliyetlidir ve özellikle yoksul ülkelerde dönüşümsel olabilir, bu da onları uluslararası yardım ve işbirliği için bir öncelik haline getirir (Dünya Bankası 2018). Afet Azaltma ve İyileştirme Küresel Tesisi veya Küresel Altyapı Tesisi gibi özel kuruluşlar ve proje hazırlama tesisleri bu alanlarda halihazırda faaliyet göstermektedir, ancak ihtiyaçların ile karşılaştırıldığında küçük kalmaktadırlar.

Eylem 5.2: Hükümet çapında bir mali koruma stratejisi ve acil durum planları geliştirin

Bir afet sonrasında, hükümetlerin genellikle müdahale ve iyileştirme önlemleri için önemli miktarda finansman sağlamaları gerekir. Bunun için yedek fonlar ya da bütçenin yeniden tahsisi, sürekli kredi, sigorta ya da risk transferleri gibi çeşitli araçlar mevcuttur. Finansal araçların seçimi, karşılanması gereken riskler, aracın maliyeti, ödeme hızı ve kaynakların şeffaflığı ve öngörülebilirliğine göre belirlenir (Clarke ve Dercon 2016; Dünya Bankası 2017). Ancak bir afet sonrasında, finansal kaynakların mevcudiyeti hikayenin sadece yarısıdır; en az bunun kadar önemli olan bir diğer husus da, afetten doğrudan etkilenmemiş olsalar bile, altyapı kesintilerinden etkilenen firmalar ve hane halkları da dahil olmak üzere, kaynakların ihtiyaç duyulan yerlere etkili ve hızlı bir şekilde ulaştırılabilmesidir. Bu nedenle finansal araçların, mümkünse sosyal koruma sistemleri gibi mevcut araçlara dayanılarak, sürekli planlar ve esnek dağıtım mekanizmalarıyla birleştirilmesi gerekir.

Eylem 5.3: Yatırımcıları ve karar vericileri daha iyi bilgilendirmek için şeffaflığın teşvik edilmesi

Dayanıklı altyapı projelerinin yeterince finanse edilmesini sağlamanın bir yolu, yatırımcıları ve karar vericileri projelerle ilişkili riskler hakkında bilgilendirmektir. Çok sayıda uluslararası, bölgesel ve ulusal girişim, yatırımlar ve varlıklarla ilişkili fiziksel riskleri daha şeffaf hale getirmeye çalışmaktadır. Örnekler arasında, firmaların ve yatırımcıların fiziksel riskler ve bunların nasıl yönetildiği hakkında rapor vermelerini tavsiye eden İklimle İlgili Finansal Açıklama Görev Gücü'nün çalışmaları yer almaktadır. Bu eğilime katkıda bulunmak amacıyla Dünya Bankası Grubu, yatırımcıları altyapı yatırımlarının dayanıklılığı hakkında bilgilendirmek ve en dayanıklı projeleri seçmelerine yardımcı olmak için bir dayanıklılık derecelendirme sistemi geliştirmeye kararlıdır.

Özetle, bu beş tavsiye ve 15 eylemin (tablo O.3) de gösterdiği gibi, hiçbir önlem altyapı sistemlerini dayanıklı hale getiremez. Bunun yerine, hükümetlerin daha dayanıklı altyapı sistemlerinin önündeki birçok engelin üstesinden gelmek için kamu hizmetleri, yatırımcılar, iş birlikleri ve vatandaş örgütleri gibi tüm paydaşlarla ortaklaşa tutarlı bir strateji tanımlaması ve uygulaması gerekmektedir. Bu tavsiyelerin ortak bir özelliği, altyapı sistemi gelişiminin ilk aşamalarına odaklanmasıdır - yönetmeliklerin tasarımı, tehlike verilerinin ve ana planların üretilmesi veya yeni altyapı varlık ilk aşamaları. Bu erken aşamalar, küçük yatırımların altyapı sistemlerinin genel dayanıklılığını önemli ölçüde artırabileceği ve çok büyük faydalar sağlayabileceği zamanlardır. Ancak yoksul ülkelerde, bu eylemlere yatırım yapmak için kaynakları harekete geçirmek zor olabilir; bu da uluslararası toplumun hedeflenen desteğini gerekli, dönüşümsel ve yüksek maliyet-etkin kılar.

Her ne kadar bu tavsiyeler altyapıyı daha dayanıklı hale getirmeyi amaçlasa da,

TABLO O.3 Dayanıklı altyapının önündeki beş engeli ele almak için beş öneri

Tavsiye	Eylemler
1: Temel bilgileri doğru öğrenin	1.1: Yönetmeliklerin, inşaat kodlarının ve satın almaların tanıtılması ve uygulanması kuralları 1.2 : Uygun altyapı işletimi, bakımı ve olay sonrası müdahale için sistemler oluşturmak 1.3 : Altyapı planlaması, inşası ve bakımı için uygun fon ve finansman sağlanması
2: Dayanıklılık için kurumlar oluşturun	2.1 : Mevcut düzenleyici sistemler üzerine inşa edilerek dayanıklı altyapıya yönelik bir bütün hükümet yaklaşımının uygulanması 2.2 : Kritik altyapının belirlenmesi ve kabul edilebilir ve edilemez risk seviyelerinin tanımlanması 2.3 : Esnek altyapıya eşit erişimin sağlanması
3: Dayanıklılık için düzenlemeler ve teşvikler oluşturun	3.1 : Ana planlarda, standartlarda ve yönetmeliklerde dayanıklılık hedeflerini göz önünde bulundurun ve bunları iklim değişikliğini hesaba katacak şekilde düzenli olarak ayarlayın 3.2 : Hizmet sağlayıcıların esnek altyapı varlıkları ve hizmetleri sunmaları için ekonomik teşvikler yaratın 3.3 : Altyapı düzenlemelerinin risk odaklı arazi kullanım planlarıyla tutarlı olmasını sağlamak ve gelişmeyi daha güvenli alanlara yönlendirmek
4: Karar verme sürecini iyileştirin	4.1 : Serbestçe erişilebilen doğal tehlike ve iklim değişikliği verilerine yatırım yapın 4.2 : Sağlam kararlar alın ve pişmanlık ve yıkıcı başarısızlık potansiyelini en aza indirin 4.3 : Veri ve modelleri kullanmak ve özel sektörün bilgi birikimini harekete geçirmek için gereken becerilerin
5: Finansman sağlayın	5.1: Risk değerlendirmelerinin ana planlara dahil edilmesi için yeterli finansmanın sağlanması ve erken proje tasarımı 5.2: Devlet çapında bir mali koruma stratejisi ve acil durum planları geliştirilmesi 5.3: Yatırımcıları ve karar vericileri daha iyi bilgilendirmek için şeffaflığın teşvik edilmesi

Bunların çoğu, yalnızca daha az dirençli altyapıdan değil, aynı zamanda daha az verimli, daha az kapsayıcı ve daha maliyetli altyapıdan da sorumlu olan piyasa veya hükümet başarısızlıklarını ele almaktadır. Sonuç olarak, bu adımların atılması altyapı dayanıklılığından daha fazlasına katkıda bulunacak ve daha üretken, yaşanabilir ve kapsayıcı toplumlar yaratılmasına yardımcı olacaktır.

NOTLAR

1. Bu raporda, aksi belirtilmedikçe, tüm dolar miktarları ABD dolarıdır.
2. Veri seti, düşük ve orta gelirli ülkelerin GSYH'sinin yüzde 80'ini veya küresel GSYH'nin yüzde 32'sini temsil eden 137 ülkeyi kapsamaktadır. Veri sınırlamaları nedeniyle, kesin ülke kapsamı farklı analizler için değişiklik göstermektedir. Şunlar için

ayrıntılar için 2. bölüme ve Rentschler, Kornejew ve diğerlerine (2019) bakınız.

3. Bu paragrafta özetlenen tahminler 137'ye kadar düşük ve orta gelirli ülkeyi kapsamaktadır, ancak kesin ülke kapsamı veri kısıtlamaları nedeniyle altyapı sektörleri arasında farklılık göstermektedir. Ayrıntılar için 3. bölüme ve Obolensky ve diğerlerine (2019) bakınız.

REFERANSLAR

- Beck, M. W., I. J. Losada, P. Menéndez, B. G. Reguero, P. Díaz-Simal ve F. Fernández. 2018. "Mercan Resifleri Tarafından Sağlanan Küresel Taşkın Koruma Tasarrufu." *Nature Communications* 9 (1): 2186. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04568-z>.
- Braese, J., J. Rentschler ve S. Hallegatte. 2019. "Gelişen Firmalar için Dayanıklı Altyapı: A

- Kanıtların Gözden Geçirilmesi." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Browder, G., S. Ozment, I. Rehberger Bescos, T. Gartner, ve G.-M. Lange. 2019. *Integrating Green and Gray: Creating the Next Generation Infrastructure*. Washington, DC: Dünya Bankası ve Dünya Kaynakları Enstitüsü.
- Christopher, M., ve H. Peck. 2004. "Dayanıklı Tedarik Zinciri Oluşturmak." *Uluslararası Lojistik Yönetimi Dergisi* 15 (2): 1-14. <https://doi.org/10.1108/09574090410700275>.
- Clarke, D., ve S. Dercon. 2016. *Sıkıcı Felaketler mi? Önceden Planlama Nasıl Fark Yaratır?* Oxford: Oxford Üniversitesi Yayınları.
- Colon, C., S. Hallegatte ve J. Rozenberg. 2019. "Tanzanya Birleşik Cumhuriyeti'nde Ulaşım ve Tedarik Zinciri Esnekliği." Bu rapor için arka plan çalışması, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Fay, M., I. L. Hyoung, H. Sungmin, M. Mastruzzi ve M. Cho. 2019. "Hitting the Trillion Mark: A Look at How Much Countries Are Spending on Infrastructure." *Politika Araştırma Çalışma Belgesi* 8730, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Hallegatte, S. 2013. "Doğal Afet Ekonomik Maliyetlerinin Değerlendirilmesinde Heterojenlik, İkame ve Envanterlerin Rollerinin Modellenmesi." *Risk Analizi* 34 (1): 152-67. <https://doi.org/10.1111/risa.12090>.
- Hallegatte, S., J. Rozenberg, C. Fox, C. Nicolas ve J. Rentschler. 2019. "Strengthening New Infrastructure Assets-A Cost-Benefit Analysis." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Hallegatte, S., ve A. Vogt-Schilb. 2016. "Doğal Afetlerden Kaynaklanan Kayıplar Varlık Kayıplarından Daha mı Fazla? Sermaye Birikiminin, Sektör Etkileşimlerinin ve Yatırım Davranışlarının Rolü." *Politika Araştırma Çalışma Belgesi* 7885, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Hallegatte, S., A. Vogt-Schilb, M. Bangalore ve J. Rozenberg. 2016. *Kırılmaz: Doğal Afetler Karşısında Yoksulların Dayanıklılığının Artırılması*. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1003-9>.
- Jeandron, A., J. M. Saidi, A. Kapama, M. Burhole, F. Birembano, T. Vandeveld, A. Gasparrini, B. Armstrong, S. Cairncross ve J. H. J. Ensink. 2015. "Su Temini Kesintileri ve Şüpheli Kolera İnsidansı: Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nde Zaman Serisi Regresyonu." *PLoS Medicine* 12 (10): 1-16. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001893>.
- Kalra, N. S. Hallegatte, R. Lempert, C. Brown, A. Fozzard, S. Gill ve A. Shah. 2014. "Agree- ing on Robust Decisions: Derin Belirsizlik Altında Karar Verme için Yeni Süreçler." *Politika Araştırma Çalışma Belgesi* 6906, Dünya Bankası, Washington, DC. <https://doi.org/doi:10.1596/1813-9450-6906>.
- Koks, E., J. Rozenberg, C. Zorn, M. Tariverdi, M. Voudoukas, S. A. Fraser, J. Hall ve S. Hallegatte. 2019. "Karayolu ve Demiryolu Altyapı Varlıklarının Küresel Çoklu Tehlike Risk Analizi." *Forthcoming in Nature Sustainability*.
- Kornejew, M., J. Rentschler ve S. Hallegatte. 2019. "İyi Harcandı: Yönetişim Altyapı Yatırımlarının Etkinliğini Nasıl Azaltır?" Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Lenz, L., A. Munyehirwe, J. Peters ve M. Sievert. 2017. "Büyük Ölçekli Altyapı Yatırımları Yoksulluğu Azaltır mı? Ruanda'nın 555 Sayılı Elektrik Erişimi Yaygınlaştırma Programının Etkileri." *Dünya Gelişimi* 89 (Ocak): 88-110.
- Miyamoto Uluslararası. 2019. "Altyapı Direncini Artırmak için Mühendislik Seçeneklerine Genel Bakış." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Munich Re. 2019. "Doğal Afet Değerlendirmesi 2018." Munich Re, 8 Ocak. <https://www.munichre.com/tr/media-relations/publications/press-releases/2019/2019-01-08-press-release/index.html>.
- Ulusal Araştırma Konseyi. 2000. *İçme Suyu Temini için Havza Yönetimi: New York Şehri Stratejisinin Değerlendirilmesi*. Washington, DC: Ulusal Akademiler Yayınları.
- Nicolas, C., J. Rentschler, A. Potter van Loon, S. Oguah, S. Schweikert, M. Deinert, E. Koks, C. Arderne, D. Cubas, J. Li ve E. Ichikawa. 2019. "Daha Güçlü Güç: Enerji Sektörünün Doğal Afetlere Karşı Direncinin Artırılması." Bu rapor için sektör notu, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Nicholls, R. J., J. Hinkel, D. Lincke ve T. van der Pol. 2019. "21. Yüzyılda Kıyı Savunması için Küresel Yatırım Maliyetleri." *Politika Araştırma Çalışma Belgesi* 8745, Dünya Bankası, Washington.
- Obolensky, M., A. Erman, J. Rozenberg, P. Avner, J. Rentschler, ve S. Hallegatte. 2019. "Altyapı Kesintileri: Ev Sahipleri Üzerindeki Etkileri." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı). 2019. *İyi Yönetişim için*

- Kritik Altyapı Dayanıklılığı.* OECD Risk Yönetimi Uygulamaları İncelemesi. Paris: OECD.
- Pardina, M. R., ve J. Schiro. 2018. "Gelişmekte Olan Dünyada Enerji Hizmetlerinin Ekonomik Düzenlemesinin Değerlendirilmesi: Bir Literatür Taraması." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 8461, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Renn, O. 2008. "Risk Yönetimi Üzerine Beyaz Kitap: Bütünleştirici Bir Çerçeveye Doğru." *Küresel Risk Yönetimi* içinde, editörler O. Renn ve K. D. Walker, 3-73. Stuttgart: Springer.
- Rentschler, J., J. Braese, N. Jones ve P. Avner. 2019. "Üç Ayak Altında: Su Baskınlarının Kentsel İşler, Bağlantı ve Altyapı Üzerindeki Etkileri." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Rentschler, J., M. Kornejew, S. Hallegatte, M. Obolensky, ve J. Braese. 2019. "Yetersiz Kullanılmış Potansiyel: The Business Costs of Unreliable Infrastructure in Developing Countries." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Rentschler, J., M. Obolensky ve M. Kornejew. 2019. "Rüzgarda Mum mu? Doğal Şoklara Karşı Enerji Sisteminin Dayanıklılığı." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Rose, A., G. Oladosu ve S. Y. Liao. 2007. "Los Angeles Elektrik Güç Sistemine Terörist Saldırının İş Kesintisine Etkileri: Tam Bir Kesintiye Karşı Müşteri Direnci." *Risk Analizi* 27 (3): 513-31. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2007.00912.x>.
- Rozenberg, J. ve M. Fay. 2019. *Uçurumun Ötesinde: Ülkeler Gezegeni Korurken İhtiyaç Duydukları Altyapıyı Nasıl Karşılatabilir?* Washington, DC: Dünya Bankası.
- Rozenberg, J., X. Espinet Alegre, P. Avner, C. Fox, S. Hallegatte, E. Koks, J. Rentschler ve M. Tariverdi. 2019a. "Kayalık Bir Yoldan Yumuşak Bir Yelkene: Doğal Afetlere Karşı Ulaşım Direnci Oluşturmak." Bu rapor için sektör notu, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Rozenberg, J., C. Fox, M. Tariverdi, E. Koks ve S. Hallegatte. 2019b. "Yol Gösterisi: Dünya Geneline Yol Ağı Esnekliğinin Karşılaştırılması." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Sandhu, H. S. ve S. Raja. 2019. "Kopuk Bağlantı Yok: Telekomünikasyon Altyapısının Doğal Tehlikelere Karşı Hassasiyeti." Sektör
- Bu rapor için not, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Sheffi, Y. 2005. *Dirençli İşletme: Rekabet Avantajı için Kırılganlığın Üstesinden Gelmek.* Cambridge, MA: MIT Press.
- Stip, C., Z. Mao, L. Bonzanigo, G. Browder ve J. Tracy. 2019. "Su Altyapısı Direnci: Barajlar, Atıksu Arıtma Tesisleri ve Su Temini ve Sanitasyon Sistemleri Örnekleri." Bu rapor için sektör notu, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Strahl, J., M. Bebrin, E. Paris ve D. Jones. 2016. "Buzzword'lerin Ötesinde: Toplumsal Dayanıklılık Mikro Şebekeleri için Özel Durum Oluşturmak." ACEEE Binalarda Enerji Verimliliği Yaz Çalışması, Amerikan Enerji Verimli Ekonomi Konseyi, Washington, DC.
- Swiss Re. 2019. "2018 için Ön Sigma Tahminleri: Küresel Sigortalı Kayıplar 79 Milyar ABD Doları ile Sigma Kayıtlarındaki En Yüksek Dördüncü Rakamdır." Swiss Re, 18 Aralık. https://www.swissre.com/media/news-releases/nr_20181218_sigma_estimates_for_2018.html.
- Vallejo, L. ve M. Mullan. 2017. İklim Dirençli Altyapı: Politikaları Doğru Yapmak." OECD Çevre Çalışma Belgeleri, No. 121, OECD Yayıncılık, Paris.
- Walsh, B. ve S. Hallegatte. 2019. "Filipinler'de Doğal Risklerin Ölçülmesi." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 8723, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Wiener, J. B. ve M. D. Rogers. 2002. "Comparing Precaution in the United States and Europe." *Risk Araştırmaları Dergisi* 5 (4): 317-49. Dünya Bankası. 2013. *Dünya Kalkınma Raporu 2014: Risk and Opportunity- Managing Risk for Development.* Washington, DC: Dünya Bankası. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-9903-3>.
- . 2017. *Devlet Katastrofik Risk Havuzları: Dünya Bankası'nın G20'ye Teknik Katkısı.* Washington, DC: Dünya Bankası. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/28311>.
- . 2018. *İklim Eylemini En Üst Düzeye Çıkarmak için İklim Finansmanının Stratejik Kullanımı.* Washington, DC: Dünya Bankası. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30475>.
- Zhang, F. 2019. *Karanlıkta: Enerji Sektöründeki Çarpıklıklar Güney Asya'ya Ne Kadar Mal Oluyor?* Güney Asya Kalkınma Forumu. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://doi.org/doi:10.1596/978-1-4648-1154-8>.

Dayanıklı Altyapı: Yaşam Hattı için Sürdürülebilir Kalkınma

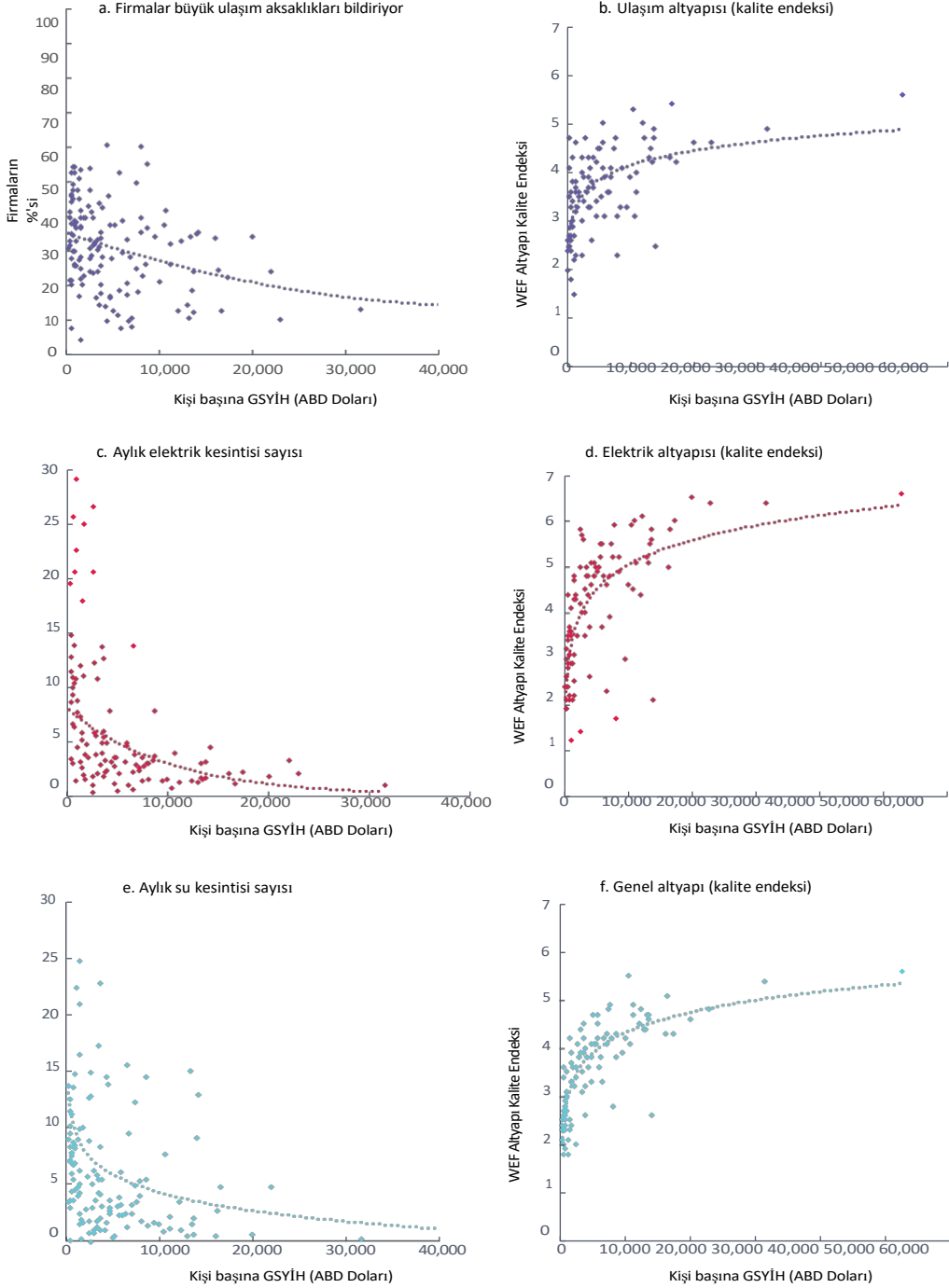
1

Darüsselam'da sık sık yaşanan kentsel su baskınları, doğrudan etkilenen sel bölgeleri dışında bile şehrin tüm ekonomisini sekteye uğratmaktadır. Yollar sular altında kaldığında, toplu taşıma araçları da dahil olmak üzere tüm trafik neredeyse durma noktasına geliyor. İnsanlar iş yerlerine ulaşamaz, tedarik zincirleri kesintiye uğrar, teslimatlar ve satışlar düşer. Elektrik arzı da sıklıkla etkilenir, bu da elektrik kesintilerine ve ekonomik faaliyetlerin durmasına neden olur. Bu olaylar çok sık meydana geldiğinden, işletmeler dizel jeneratör satın almaktan pahalı yedek stoklar tutmaya ve yedek tedarikçilerle sözleşme yapmaya kadar değişen pahalı başa çıkma önlemlerine yatırım yapmak zorunda kalmaktadır. Genel olarak, güvenilir ulaşım ve elektrik sistemlerinin eksikliği, Darüsselam'ın kentsel ekonomisinin belirleyici bir faktörüdür ve burada yaşayan ve çalışan herkesin yatırım ve risk alma davranışını etkilemektedir.

Ancak Darüsselam hiçbir şekilde bir istisna değildir. Dünyanın dört bir yanındaki şehirler ve ülkeler, genellikle insanlar ve firmalar için önemli bir maliyete neden olan standart altı altyapının zorlu sonuçlarıyla karşı karşıyadır. Dünya genelinde 940 milyon insan, bırakın modern telekomünikasyon hizmetlerini, hala modern elektriğe bile erişemiyor; 2,1 milyar insanın güvenli içme suyuna erişimi yok; 4,5 milyar insan yeterli sanitasyon olanaklarından yoksun; 1 milyar insan dört mevsim kullanılabilen bir yola 2 kilometreden daha uzakta yaşıyor; ve sayılamayacak kadar çok insan, ulaşım hizmetleri ya mevcut olmadığı ya da karşılanamadığı için iş ve eğitim fırsatlarına erişemiyor.

Sadece altyapı ağlarına bağlı olmak güvenilir hizmetleri garanti etmez. Birçok kişi ve işletme sık sık elektrik kesintileri, kesintili su tedariki, sıkışık veya düzenli olarak kesintiye uğrayan ulaşım veya güvenilir iletişim sorunları yaşamaktadır. Bu alanlarda

Ulaşım, su, elektrik ve daha genel olarak altyapı alanlarında düşük ve orta gelirli ülkeler, zengin ülkelere kıyasla daha fazla kesinti yaşama ve daha az güvenilir altyapıya sahip olma eğilimindedir; benzer gelir düzeylerinde bile ülkeler arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır (Şekil 1.1). Doğal afetlerin hem yoksul hem de zengin ülkelerdeki altyapı sistemlerinin işleyişini etkilediğine dair çok sayıda kanıt bulunmaktadır. Mozambik'te 2019 yılında meydana gelen sel felaketi gibi seller yolları tahrip ederek tüm toplumu izole etmekte ya da Darüsselam'da her yağmur mevsiminde olduğu gibi toplu taşıma sistemlerini felç etmektedir. San Francisco'da 1989 yılında meydana gelen deprem gibi depremler köprülere zarar vererek yerel ekonomiyi yavaşlatıyor. Kasırgalar elektrik iletim ve dağıtım sistemlerini yok ederek, Porto Riko'daki 2017 fırtınasında gibi insanların elektriğe erişimini aylarca kesebilir. Dahası, önümüzdeki on yıllarda, iklim de dahil olmak üzere birçok faktör

ŞEKİL 1.1 Daha yoksul ülkeler daha fazla altyapı kesintisi yaşamaktadır

Kaynak: Rentschler vd. 2019, Dünya Bankası İşletme Anketleri (a, c ve e panelleri) ve Dünya Ekonomik Forumu Küresel Rekabetçilik Endeksi Altyapı Kalitesi Endeksi (b, d ve f panelleri) verilerine dayanmaktadır.

Not: Panel c sadece ayda 30'a kadar elektrik kesintisi olan ülkeleri göstermektedir. Sekiz ülke (tümü kişi başına düşen GSYİH'si 9.000 doların altında olan) ayda 30 ila 95 arasında kesinti bildirmektedir.

KUTU 1.1 Dayanıklılık, birçok uluslararası hedefe ulaşmanın merkezinde yer alır

Son on yılda, bir dizi uluslararası anlaşma, dayanıklılığı kalkınma için merkezi bir hedef haline getirmiştir.

Bu anlaşmalar arasında Sendai Deklarasyonu ve 2015-2030 Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi yer almakta olup, bu çerçevede "afet riskinin ve can, geçim ve sağlık kayıplarının ve kişilerin, işletmelerin, toplulukların ve ülkelerin ekonomik, fiziksel, sosyal, kültürel ve çevresel varlıklarının önemli ölçüde azaltılması" hedeflenmektedir. Bu hedef, 2030 yılı için küresel GSYİH'ye oranla ölümlerin ve doğrudan ekonomik kayıpların azaltılması ve çoklu tehlike erken uyarı sistemlerinin ve afet riski bilgi ve değerlendirmelerinin kullanılabilirliğinin ve bunlara erişimin artırılması gibi çok sayıda hedefe dönüştürülmüştür.

Paris Anlaşması Aralık 2015'te Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 21. Taraflar Konferansı'nda onaylanmıştır.

İklim Değişikliği. Daha dirençli kalkınmayı desteklemek için birçok hedef ve karar içermektedir. Özellikle 7. Madde "sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmak amacıyla uyum kapasitesinin artırılması, direncin güçlendirilmesi ve iklim değişikliğine karşı kırılganlığın azaltılmasına yönelik küresel uyum hedefini" ortaya koymaktadır.

Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri de afet riskiyle ilgilidir. Örneğin Hedef 1.5, "2030'a kadar yoksulların ve kırılgan durumdakilerin direncini artırmayı ve iklimle ilgili aşırı olaylara ve diğer ekonomik, sosyal ve çevresel şoklara ve afetlere maruz kalma ve kırılganlıklarını azaltmayı" amaçlamaktadır. Hedef 13.1 "tüm ülkelerde iklimle ilgili tehlikelere ve doğal afetlere karşı dayanıklılığın ve uyum kapasitesinin güçlendirilmesini" amaçlamaktadır. Gıda güvenliği ve kentsel kalkınma hedefleri de afet risklerinin azaltılmasıyla ilgilidir.

değişim, nüfus ekonomik büyüme ve kentleşme - bu tehditlerin birçoğunu büyütecektir (IPCC 2012, 2014).

Afetler altyapı hizmetlerini etkilediğinde, şoklardan doğrudan etkilenmeyen hane halkları ve şirketler bile bu durumdan etkilenir. İnsanlar bazen haftalarca ya da uzun süre elektriksiz ya da susuz kalabilmektedir. Ayrıca, işletmeler üzerindeki etkiler (üretkenliğin ve rekabet gücünün azalması gibi) yoluyla dolaylı olarak etkilenirler ve bu da insanların bağımlı olduğu işleri, gelirleri ve mal ve hizmetleri sağlama yeteneklerini etkiler. Makro düzeyde, altyapı aksaklıkları doğal afetlerin insanların varlıkları ve geçim kaynakları üzerindeki zaten büyük olan etkilerini daha da artırarak birçok uluslararası hedefe ulaşılmasını tehdit eder (kutu 1.1) (Hallegatte vd. 2016).

Düşük ve orta gelirli ülkeler buna nasıl yanıt veriyor? Bir tahmine göre, bu ülkelerdeki hükümetler altyapıya yaklaşık 1 trilyon dolar ya da gayri safi yurtiçi hasıllarının (GSYİH) yüzde 3,4 ila yüzde 5'arasında yatırım yapıyor.

yapısı (Fay . 2019). Önümüzdeki on yıllarda çok daha fazla yatırım yapıl. Sadece düşük ve orta gelirli ülkelerde, yeni altyapının 2030'a kadar yılda GSYH'nin yüzde 2'si ile yüzde 8'i arasında veya yılda 640 milyar dolar ile 2,7 trilyon dolar arasında bir maliyete mal olabileceği tahmin edilmektedir (Rozenberg ve Fay 2019).

Ancak, ülkeler altyapı varlık stoklarını hızla oluşturmaya devam ettikçe, yatırımların kalitesini vurgulamak zorunda kalacaklardır. Altyapı hizmetlerinin güvenilir olmasını sağlamak, büyük yatırımları değerli kılmak için kritik öneme sahiptir. Bu kriterleri karşılamayan altyapı yatırımları, sadece mali açıdan değil, sürdürülebilir sosyoekonomik kalkınmaya katkıda bulunma kabiliyetleri açısından da başarısız olmaya mahkumdur.

BU RAPORUN HEDEFLERİ

Bu rapor, altyapının dayanıklılığını, yani altyapının doğal bir şok sırasında ve sonrasında kullanıcıların ihtiyaç duyduğu hizmetleri sağlama kabiliyetini . Doğal tehlikeler

altyapı kesintilerinin nedenlerinden yalnızca biri olsa da, esneklik yine de altyapı sistemlerinin genel güvenilirliğinin önemli bir boyutudur.

Burada "dayanıklılık" ekolojideki geleneksel tanımdan daha geniş bir anlamda kullanılmaktadır; bu tanım sistemlerin toparlanma ve geri dönme yeteneğini ifade etmektedir. Bu geniş tanım kullanılarak dayanıklılığın artırılması, aşağıdakiler de dahil olmak üzere birçok şekilde gerçekleştirilebilir:

- Altyapı varlıklarının doğal tehlikelere maruziyetinin azaltılması, örneğin enerji varlıklarının taşkın alanlarının dışında inşa edilmesi
- Varlıkların kırılganlığının azaltılması, örneğin yolların yoğun yağışla baş edebilecek veya köprülerin güçlü rüzgara dayanabilecek hale getirilmesi
- Altyapı sistemlerinin, bazı bileşenleri hasar görmüş veya tahrip olmuş olsa bile hizmet sunabilecek şekilde tasarlanması
- Altyapı sistemlerinin yıkıcı bir şekilde arızalanmamasını, hızlı bir şekilde toparlanabilmesini ve hasar görmesi halinde etkin bir şekilde onarılmasını sağlamak
- Hastanelere batarya veya jeneratör yerleştirmek veya firmaların birden fazla tedarikçiye güvenmesini sağlamak gibi yöntemlerle altyapı hizmetlerinin kullanıcılarının hizmet kesintileriyle daha iyi başa çıkabilmesini sağlamak.

Çok çeşitli vaka çalışmaları, küresel ampirik analizler ve modelleme dayanan rapor, doğal tehlikelerin ve iklim değişikliğinin altyapı hizmetlerinin güvenilirliğini nasıl azalttığını ve bu süreçte sadece sosyoekonomik ve kalkınma faydalarını azaltmakla kalmayıp aynı zamanda insanları ve firmaları daha az dirençli hale getirdiğini araştırmaktadır. Raporda ayrıca (a) altyapı hizmetlerinin dayanıklılığının artırılması; (b) güvenilirlik ve kalitelerinin iyileştirilmesi; (c) altyapı kullanıcılarının dayanıklılığının güçlendirilmesi; (d) kalkınma faydalarının azami düzeye çıkarılması ve (e) iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması için teknik çözümler ve politikalar tanımlanmaktadır.

Bu rapor öncelikle eko- nomik faaliyetler ve insanların refahı için gerekli olan dört altyapı sistemine odaklanmaktadır:

- Elektrik üretimi, iletimi ve dağıtımı dahil olmak üzere *güç sistemleri*
- Su hizmetlerine odaklanan *su ve sanitasyon sistemleri* (büyük ölçekli su depolama, hidroelektrik ve sulama sistemleri dikkate alınmaktadır, ancak analizin odak noktası değildir)
- *Ulaşım sistemleri*, çoklu modlara bakarak (karayolu, demiryolu, su yolları ve hava limanları dahil) ve çoklu ölçekleri göz önünde bulundurarak (kentsel transit ve kırsal erişim dahil)
- Telefonlar ve internet bağlantıları dahil olmak üzere *telekomünikasyon*.

Bu sistemler, kendilerini derinlemesine incelemeye değer kılan iki özelliği paylaşmaktadır. Birincisi, hane halklarının refahı ve firmaların üretkenliği için kritik hizmetler sağlarlar ve bu nedenle genellikle "yaşam hatları" veya "kritik altyapı sistemleri" olarak adlandırılırlar. Kısa vadede önemleri açıktır, çünkü genellikle temel hizmetler olarak kabul edilen hizmetleri sağlarlar ve uzun vadede ise güvenilirlikleri ve kaliteleri genellikle modern, üretken ekonomiler için bir ön koşul olarak kabul edilir.

İkinci olarak, ulaşım sistemlerinden elektrik şebekelerine kadar bu sistemler, doğal tehlikelere karşı dayanıklılıkları üzerinde doğrudan etkileri olan ağlar halinde düzenlenmiştir. Örneğin, yerel bir şok bu ağlar üzerinden çok hızlı bir şekilde yayılabilir ve güvenli bir bölgede bulunan hane halklarını veya firmaları bile etkileyebilir. Bir ağ aynı zamanda çok özel bazı zorluklar da yaratır, çünkü bir altyapı varlığının kırılganlığı, ağı bir şok sırasında veya sonrasında performans gösterme kabiliyeti için zayıf bir vekil olabilir. Yalnızca ağ çapında, sistem genelinde bir bakış, kırılganlık ve dayanıklılığın güvenilir bir değerlendirmesini sağlayabilir, ancak bunu yapmak önemli veri ve metodolojik zorlukları beraberinde getirir. Bu nedenle

Son olarak, rapor aynı zamanda mevcut veya yeni araçları, veri setlerini ve modelleri açıklamakta, nelerin mümkün olduğunu göstermek ve yalnızca altyapı direncini araştırmak için değil, aynı zamanda en umut verici müdahaleleri belirlemek için bir araç kutusu sunmak üzere belirli vaka çalışmalarındaki uygulama örneklerini de içermektedir.

Binalar, okullar veya hastaneler gibi bazen "altyapı" olarak tanımlanan diğer sistemler bu raporda uzun uzadıya ele alınmamıştır. Bunun nedeni, bazen sınırlar bulanıklaşsa da (örneğin, bölgesel hastaneler topluluğu bir şoka daha iyi yanıt vermek için işbirliği yaptığında) esas olarak ağlar olarak organize edilmemeleridir.

RAPORUN YAPISI

Bu rapor üç bölüm halinde düzenlenmiştir. Birinci bölüm sorunun ölçeğini ortaya koymakta, altyapı kesintilerinin toplam maliyetini ölçmekte ve bu kesintilerde doğal tehlikelerin ve iklim değişikliğinin rolünü araştırmaktadır. Ayrıca, dayanıklı altyapı hane halkları ve firmalar üzerindeki olumsuz etkilerini ve bu eksikliğin yoksulluğa ve kötü sağlığa nasıl bulunabileceğini göstermektedir. Bölüm II, altyapı sistemlerini ve kullanıcılarını daha dirençli hale getirmek için kolay ve uygun maliyetli çözümler tanımlamakta ve daha dirençli altyapı sistemlerinin maliyet ve faydalarına tahminler sunmaktadır. Bölüm III, daha dayanıklı altyapı sistemlerinin geliştirilmesi için somut adımlar önermektedir.

Raporda önerilen çözümlerin pratikte uygulanabilmesini sağlayacak politika tedbirleri de dâhil olmak üzere, daha dayanıklı altyapı.

REFERANSLAR

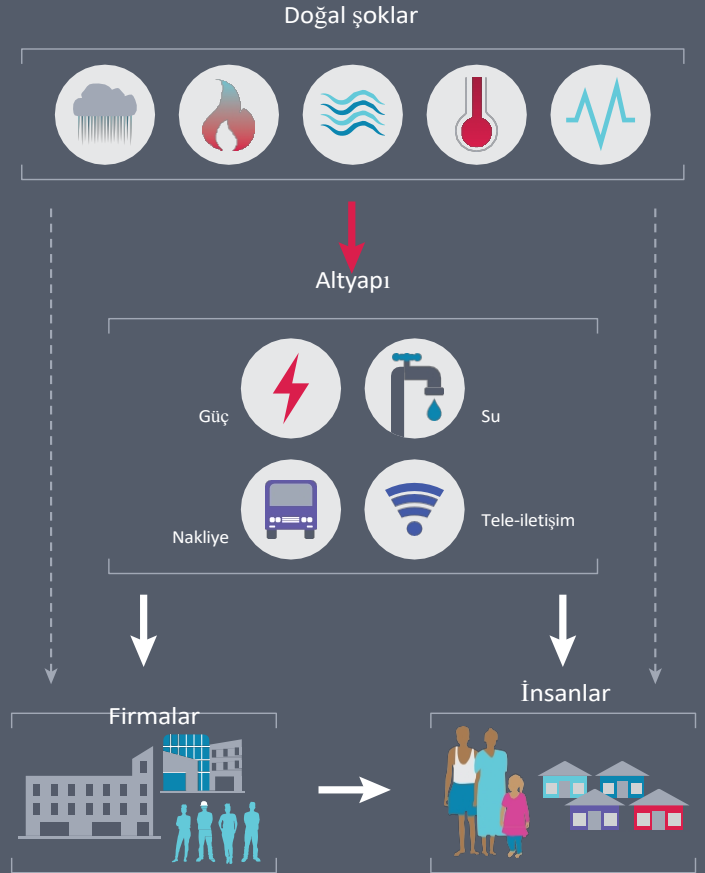
- Fay, M., S. Han, H. I. Lee, M. Mastruzzi, ve M. Cho. 2019. "Hitting the Trillion Mark: A Look at How Much Countries Are Spending on Infra-structure." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 8730, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Hallegatte, S., A. Vogt-Schilb, M. Bangalore ve J. Rozenberg. 2016. *Kırılmaz: Doğal Afetler Karşısında Yoksulların Dayanıklılığının Artırılması*. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1003-9>.
- IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli). 2012. *İklim Değişikliğine Uyumu İlerletmek için Aşırı Olay ve Afet Risklerinin Yönetilmesi Özel Raporu: Politika Yapıcılar için Özet- IPCC I ve II Çalışma Grupları Raporu*. Cenevre: IPCC.
- . 2014. *İklim Değişikliği 2014: Sentez Raporu: Çalışma Grupları I, II ve III'ün Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Beşinci Değerlendirme Raporuna Katkısı*. Cenevre: IPCC.
- Rentschler, J., M. Kornejew, S. Hallegatte, M. Obo-lensky, ve J. Braese. 2019. "Az Kullanılmış Potansiyel: The Business Costs of Unreliable Infrastructure in Developing Countries." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Rozenberg, J. ve M. Fay. 2019. *Uçurumun Ötesinde: Ülkeler Gezegeni Korurken İhtiyaç Duydukları Altyapıyı Nasıl Karşılatabilir?* Washington DC: Dünya Bankası.

Bir Teşhis: Esnek Altyapı Eksikliği İnsanlara ve Firmalara Zarar Veriyor

H Doğal şoklar, alt yapı sistemleri, ekonomik faaliyetler ve insan refahı birbiriyle nasıl bağlantılıdır? Bu etkileşimleri görselleştirmek için şekil PL.1, bu raporun I. bölümü için bir çerçeve sunmaktadır. Doğal tehlikelerin ve şokların altyapı sistemleri üzerindeki etkileri yoluyla insanları ve firmaları nihai olarak etkilediği kanalları göstermektedir. Doğal şokların firmalar ve insanlar üzerindeki doğrudan etkileri, geçmiş çalışmalarda tartışılan önemli bir konudur (örneğin, Hallegatte vd. 2016). Bu rapor, doğal şokların altyapı sistemlerini, dolayısıyla da firmaları ve insanları nasıl etkilediğine odaklanmaktadır.

Bölüm I, güvenilir altyapının firmalar ve hane halkları üzerindeki etkilerini ve maliyetlerini analiz eden 2. ve 3. bölümlerle başlamaktadır - kesintiler ister doğal şoklardan ister teknik arızalar gibi diğer nedenlerden kaynaklansın (şekil PL.1'deki beyaz oklar). Her iki bölüm de altyapı kesintilerinin insanlar üzerindeki yüksek maliyetini incelemektedir. Sağlık ve refah üzerindeki etkileri yoluyla doğrudan veya firmalar, işler ve gelir üzerindeki etkileri yoluyla dolaylı olarak.

ŞEKİL PL.1 Doğal şokların altyapı sistemleri üzerindeki etkileri yoluyla insanları ve firmaları nasıl etkilediğini analiz etmek için bir çerçeve



Not: Kesikli oklar, doğal tehlikelerin firmalar ve insanlar üzerindeki doğrudan etkilerini temsil etmektedir; bu etkiler başka yerlerde de ele alınmıştır - örneğin, Hallegatte ve diğerleri (2016). Bu rapor, doğal şokların altyapı sistemleri üzerindeki etkisine (kırmızı ok) ve bu etkinin firmaları ve insanları nasıl etkilediğine (beyaz oklar) odaklanmaktadır.

Daha sonra 4. bölüm doğal şokların - seller, fırtınalar, depremler ve kuraklıklar - altyapı sistemleri üzerindeki etkisini incelemektedir (şekil PI.1'deki kırmızı ok). Doğal tehlikelerin, en azından elektrik ve ulaşımda, altyapı hizmet kesintilerinin önemli bir kısmını oluşturduğunu ve yeniden inşa için büyük ihtiyaçlar yarattığını göstermektedir. Son olarak, 5. bölümde, altyapı sistemlerindeki aksaklıkların ve hasarların doğal afetlerin makroekonomik maliyetini ve insanların refahı üzerindeki etkilerini nasıl artırdığını detaylandıran hanehalkı ve firma anketlerinden ve modelleme çalışmalarından elde edilen kanıtların bir incelemesi sunulmaktadır.

REFERANS

Hallegatte, S., A. Vogt-Schilb, M. Bangalore ve J. Rozenberg. 2016. *Kırılmaz: Doğal Afetler Karşısında Yoksulların Dayanıklılığını Artırmak*. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1003-9>.

Altyapı Aksaklıkları Gelişen Firmaların Önünde Bir Engel

2

L Altyapı hizmetlerine erişimin engellenmesi ciddi ekonomik sonuçlar doğurabilir. Ancak altyapı hizmetlerinin güvenilir olmaması da aynı derecede kötü olabilir: elektrik şebekesine bağlı olmak, elektrik kesildiğinde pek bir işe yaramaz. Bu bölüm, altyapı kesintilerinin firmalara yüklediği gerçek maliyetlere ve sonuçlarına genel bir bakış sunmaktadır. makro düzeyde zararların azaltılması.

Güvenilir olmayan altyapı sistemleri firmaları üç temel kanaldan etkilemektedir:

- *Doğrudan etkiler.* Bu etkiler, alt yapı kesintilerinin en görünür ve ani sonuçlarıdır. Örneğin, bir makineyi soğutmak için suya ihtiyaç duyan bir firma kuraklık sırasında ürün üretemez; aynı şekilde, elektrikli ocağı olan bir restoran elektrik olmadan yemek pişiremez. Altyapı kesintileri firmaların faaliyetlerini kesintiye uğratar, onları tam üretim kapasitesinin altında çalışmaya zorlar, satışlarını azaltır ve malların tedarik ve teslimatında gecikmelere neden olur.
- *Başa çıkma maliyetleri.* Örneğin, bir yedek güç jeneratörü elektrik kesintilerinin doğrudan etkilerini azaltır, ancak yüksek işletme maliyetleri vardır ve alternatif, daha üretken yatırımları engelleyen bir ön satın alma gerektirir.
- *Dolaylı etkiler.* Bu etkiler daha az görünür ve daha az anlıktır; firmaların yatırım kararlarını etkilerler, hangi ürünlerin üretilip üretilmeyeceğini etkilerler ve firmaların bileşimini ve yenilikçiliğini etkilerler.

Bir sektörün verimliliği. Örneğin, sık sık elektrik kesintileri nedeniyle düzenli olarak manuel üretime dönmek zorunda kalan bir firmanın makinelerini daha verimli teknolojilere yükseltme olasılığı daha düşüktür.

Bu etkiler bir araya geldiğinde, bir ekonominin zenginlik yaratma ve uluslararası rekabet gücünü sürdürme kabiliyetine büyük zarar vermektedir. Ancak bu bedel ne kadar yüksektir? Altyapı aksaklıklarının firmalara yüklediği gerçek maliyetler ve makroekonomik düzeyde ortaya çıkan zararlar nelerdir?

Bu bölüm, kilit altyapı sektörlerindeki kesintilerin etkilerine bakarak bu soruları ele almaktadır (tablo 2.1). Dünya Bankası'nın İşletme Anketlerinden elde edilen 143.000'den fazla firmaya ait mikro veri setine dayanarak kesintilerin parasal maliyetlerine ilişkin tahminler sunmaktadır. Bu veri seti, dünya nüfusunun yüzde 78'ini ve düşük ve orta gelirli ülkelerin gayrisafi yurt içi hasılasının (GSYİH) yüzde 80'ini temsil eden 137 ülkeyi kapsamaktadır. Ancak, bu bölümde raporlanan çeşitli tahminler genellikle aşağıdaki alt kümeleri kullanmaktadır

TABLO 2.1 Kesintiye uğrayan altyapı hizmetlerinin firmalar üzerinde birden fazla etkisi vardır

Sektör	Doğrudan etkiler	Başa çıkma maliyetleri	Dolaylı etkiler
Güç	- Azaltılmış kullanım oranları (yılda 38 milyar dolar) • Satış kayıpları (yılda 82 milyar dolar)	• Jeneratör yatırımı (yılda 6 milyar dolar) • Jeneratör işletme maliyetleri (yılda 59 milyar dolar)	• Pazara girişte daha yüksek engeller ve daha düşük yatırım • Küçük ve yeni firmaların eksikliği nedeniyle daha az rekabet ve yenilik
Su	- Azaltılmış kullanım oranları (yılda 6 milyar dolar) • Satış kayıpları	• Alternatif su kaynaklarına yatırım (rezervuarlar, kuyular)	• Emek yoğun üretime yönelik önyargı
Nakliye	- Azaltılmış kullanım oranları (yılda 107 milyar dolar) • Satış kayıpları • Geciken malzeme ve teslimatlar	• Artan envanter • Örneğin müşterilere veya limanlara yakın daha pahalı konum seçenekleri	• Talep üzerine hizmet ve mal sağlayamama • Uluslararası pazarlarda azalan rekabet gücü
Telekomünikasyon	- Azaltılmış kullanım oranları • Satış kayıpları	• Hızlı internete yakın pahalı konum seçenekleri	

Kaynak: Rentschler, Kornejew ve diğerleri 2019.

Not: Bu bölümde orijinal tahminleri sunulan etki kanalları, Dünya Bankası'nın dünya nüfusunun yüzde 78'ini ve düşük ve orta gelirli ülkelerin GSYH'sinin yüzde 80'ini temsil eden 137 ülkedeki 143.000 firmayla yaptığı İşletme Anketlerine dayalı olarak kalın harflerle belirtilmiştir.

Bazı ülkelerdeki eksik veriler nedeniyle örneklemin tamamı.

Rentschler, Kornejew ve diğerleri (2019) tarafından bu rapor için hazırlanan teknik arka plan çalışmasında detaylandırılan analiz, kesintilerden kaynaklanan yıllık kayıpların düşük ve orta gelirli ülkelerde önemli boyutlarda olduğunu tahmin etmektedir (tablo 2.1'de özetlenmiştir). Elektrik, su ve ulaşım kesintilerinden kaynaklanan kullanım oranı kayıpları

Yılda 151 milyar dolar, elektrik kesintilerinden kaynaklanan satış kayıpları yılda 82 milyar dolar ve kendi elektriğini üretmenin ek maliyetleri yılda 65 milyar dolar. Toplam maliyeti yılda yaklaşık 300 milyar dolar olan bu rakamlar, güvenilir olmayan altyapının önemine ışık tutmaktadır. Bunlar kesintilerin küresel maliyetine ilişkin alt sınır tahminleridir çünkü ne tüm ülkeler ne de tüm etki kanalları bu analizin kapsamına girmektedir. Bu eksiklikleri gidermek için bu bölüm aynı zamanda bu konudaki geniş literatürden örneklerle de dayanmaktadır (Braese, Rentschler ve Hallegatte 2019).

ALTYAPI HİZMETLERİ FİRMALARIN GELİŞMESİNİ SAĞLAR

Altyapı sistemlerinin mevcudiyeti, firmaların ve dolayısıyla tüm sektörün rekabet gücünü belirleyen kilit bir üretim faktörüdür.

ekonomiler. Porter (1990), "ulusların rekabet avantajı" üzerine yazdığı önemli bir makalede, bir ülkenin yüksek performanslı firmalara ev sahipliği, güvenilir ve verimli altyapı sistemlerinin mevcudiyeti de dahil olmak üzere çok çeşitli faktörler tarafından desteklendiğini savunmaktadır.

Altyapının eko- nomik büyüme için önemi, Braese, Rentschler ve Hallegatte (2019) tarafından gözden geçirilen çok çeşitli çalışmalarla teyit edilmiştir. Örneğin, Calderón ve Servén (2014) altyapı ve büyüme üzerine teorik ve ampirik literatürü gözden geçirmiş ve genel olarak literatürün altyapı gelişiminin gelir artışı ve hatta dağıtımsal eşitlik üzerinde olumlu etkileri olduğu varmıştır. Bom ve Ligthart (2014), kamu altyapı sermayesinin GSYİH üzerindeki etkisini ölçmek için ağırlıklı olarak yüksek gelirli ekonomilerde yapılan 68 nicel çalışmanın meta regresyonunu gerçekleştirmiştir. Değerlendirmeleri, ortalama olarak kamu altyapı sermayesindeki yüzde 1'lik bir artışın GSYH'deki yüzde 1'lik bir artışla ilişkili olduğunu göstermektedir.

GSYİH'de yüzde 0,1 artış.

Altyapı yatırımlarının aynı olumlu etkisi, farklı gelir seviyelerindeki tek tek ülkeleri inceleyen çalışmalarda da ortaya çıkmaktadır. Aschauer (1989) tarafından yapılan önemli bir çalışmada, ABD'de altyapıya yapılan kamu yatırımlarının

toplam faktör verimliliği (TFV) üzerinde önemli bir pozitif etkiye sahiptir. Özellikle, ulaşım, elektrik, gaz, su ve sanitasyon gibi "temel" altyapı yatırımları verimlilik için en güçlü açıklayıcı güce sahiptir. Fedderke ve Bogetic (2009), Güney Afrikalı imalat firmalarının 30 yıllık bir panelinde, farklı ulaşım, telekomünikasyon ve enerji üretim altyapısı türlerine yapılan yatırımların verimlilik, çıktı ve büyüme ölçütleri üzerinde pozitif ve anlamlı etkileri olduğunu bulmuştur.

Daha birçok çalışma, bu raporda incelenen dört kritik altyapı sektörünün firma düzeyindeki faydalarına odaklanmaktadır. Elektrik altyapısının hem küçük işletmelere hem de sanayi firmalarına fayda sağladığı gösterilmiştir. Endonezya ve Güney Afrika'dan elde edilen kanıtlar, elektriğin istihdamı (özellikle kadınlar arasında) artırdığını, yeni küçük ve orta ölçekli firmaların kurulmasını teşvik ettiğini ve verimliliği artırdığını göstermektedir (Dinkelmann 2011; Kassem 2018). Ulaştırma altyapısının da istihdam yaratarak, üretkenliği artırarak, üretim maliyetlerini düşürerek ve firmaların stoklarını azaltmalarını sağlayarak benzer faydalar sağladığı görülmüştür (Duranton ve Turner 2012; Ghani, Goswami ve Kerr 2016; Gibbons vd. 2017; Volpe Martincus ve Blyde 2012; Wan ve Zhang 2018). Bilgi ve iletişim teknolojisi altyapısının daha yüksek üretkenlik ve inovasyon yoluyla büyüme sağladığı da gösterilmiştir. Örneğin, Albi- man ve Sulong (2016) 1990-2014 yılları arasında Sahra Altı Afrika'daki 45 ülkeyi kapsayan bir analizde cep telefonları, internet ve telefon hatlarının ekonomik büyüme üzerinde önemli pozitif etkileri olduğunu bulmuştur. Diğer altyapı türlerinde olduğu gibi, temel etki kanalları firma düzeyinde üretkenlik ve inovasyon faaliyetlerindeki artışlardır (Paunov ve Rollo 2015, 2016; Polák 2017).

Genel olarak, bu zengin kanıt tabanı, altyapı kesintilerinin firmalar için neden bu kadar zararlı olduğunu vurgulamaktadır. Firmalar etkin bir şekilde faaliyet göstermek ve rekabet etmek için altyapı hizmetlerine bel bağladıkları

Uluslararası alanda, ve güven eksikliği firmaların performansı üzerinde önemli olumsuz etkilere sahiptir.

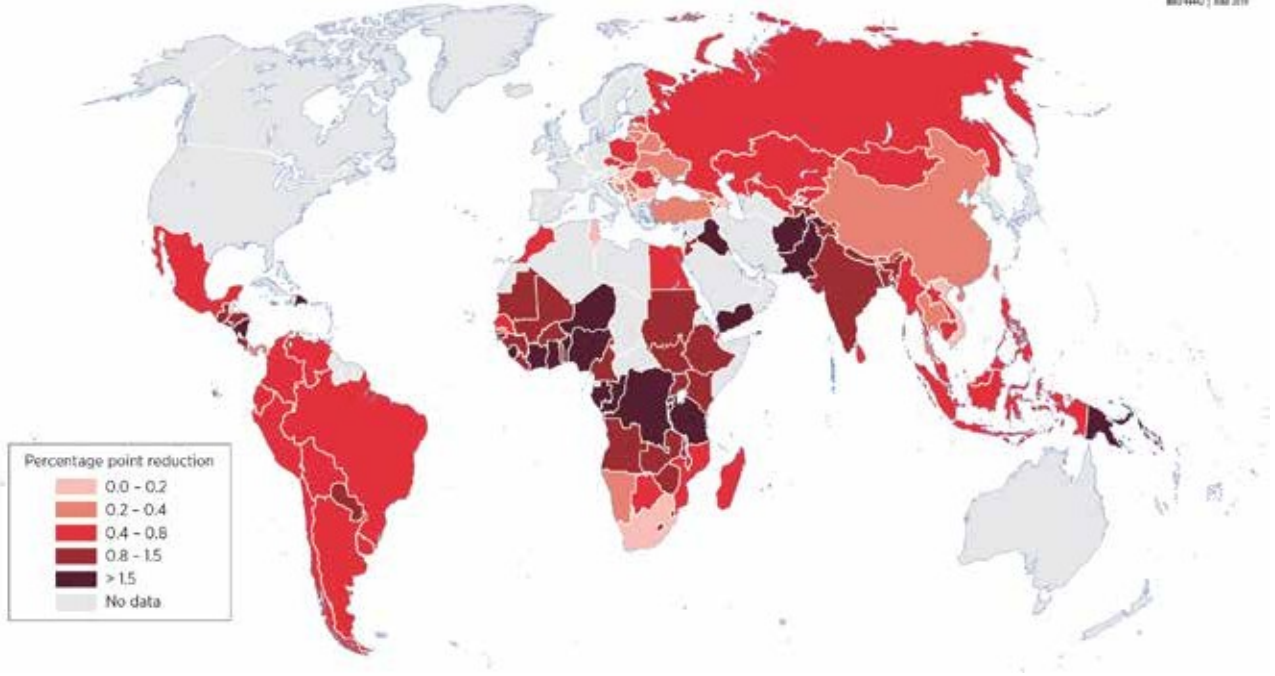
ALTYAPI AKSAKLIKLARININ FİRMALAR İÇİN DOĞRUDAN VE GERÇEK MALİYETLERİ VARDIR

Elektrik, su veya ulaşım altyapısında sık sık yaşanan kesintiler, firmaların mevcut üretim kapasitelerinin tamamını kullanamadıkları anlamına gelir. Kapasite kullanımı, bir firmanın kaynaklarını çıktıya dönüştürme etkinliğinin genel bir ölçüsüdür. Örneğin, elektrik kesintileri ya da nakliye aksaklıklarının neden olduğu girdi eksiklikleri veya yukarı akış üretiminin durması nedeniyle sık sık üretimi durdurmak zorunda kalan bir firma, tam kapasitesinin altında çalışıyor olacaktır.

Bu bölümde, düşük ve orta gelirli ülkelerden firmaların birleştirilmiş veri seti kullanılarak elektrik, su ve ulaşım kesintilerinin etkilerine ilişkin tahminler sunulmaktadır. Bu veri seti, Dünya Bankası'nın dünya genelindeki işletmelerin karşılaştığı faaliyet koşullarına ilişkin firma düzeyinde uyumlu veriler sağlayan İşletme Anketlerine dayanmaktadır. Anketin bir parçası olarak firmalar kapasite kullanım oranları ve hizmet kesintilerinin ortalama aylık sıklığı ve süresi de dahil olmak üzere su ve elektrik altyapısının kalitesi hakkında rapor vermektedir. Firmalar ayrıca öznel bir sıralı ölçek kullanarak ulaşım aksaklıklarını da bildirmektedir. Bu veriler, bir dizi başka faktörü kontrol ederek altyapı aksaklıklarının firmaların performansını nasıl etkilediğinin araştırılmasına olanak sağlamaktadır¹ (Ne yazık ki, anket telekomünikasyondaki aksaklıklar hakkında bilgi içermemektedir).

Sonuçlar, düşük ve orta gelirli ülkelerde kesintilerden kaynaklanan yıllık kayıpların önemli boyutlarda olduğunu göstermektedir (Tablo 2.1). Verilerin mevcut olduğu 118 ülke için, güvenilir olmayan elektrik, su ve ulaşım altyapısı yılda 151 milyar dolarlık kullanım kaybına yol açmaktadır ki bu da örneklem GSYİH'sinin yüzde 0,59'una denk gelmektedir (bkz. harita 2.1)⁽²⁾ Bu kullanım oranı kayıpları

HARİTA 2.1 Düşük ve orta gelirli ülkelerdeki firmalar, altyapı kesintileri nedeniyle yüksek kullanım oranı kayıplarına maruz kalmaktadır



Kaynak: Rentschler, Kornejew ve diğerleri 2019.

Not: Harita, elektrik, su ve ulaşım altyapısı kesintilerinden kaynaklanan ülke çapındaki ortalama kullanım oranı kayıplarını göstermektedir.

İşletme Anketleri kapsamındaki üç altyapı türü (Şekil 2.1). Sonuçlar, kullanım kayıplarının çoğunun ulaşım altyapısındaki aksaklıklardan kaynaklandığını ve yıllık 107 milyar dolar ya da örneklem GSYH'sinin yüzde 0,42'si kadar kayba yol açtığını göstermektedir. Elektrik arzındaki kesintiler 38 milyar dolar, su kesintileri ise yılda 6 milyar dolar kullanım oranı kaybına neden olmaktadır.

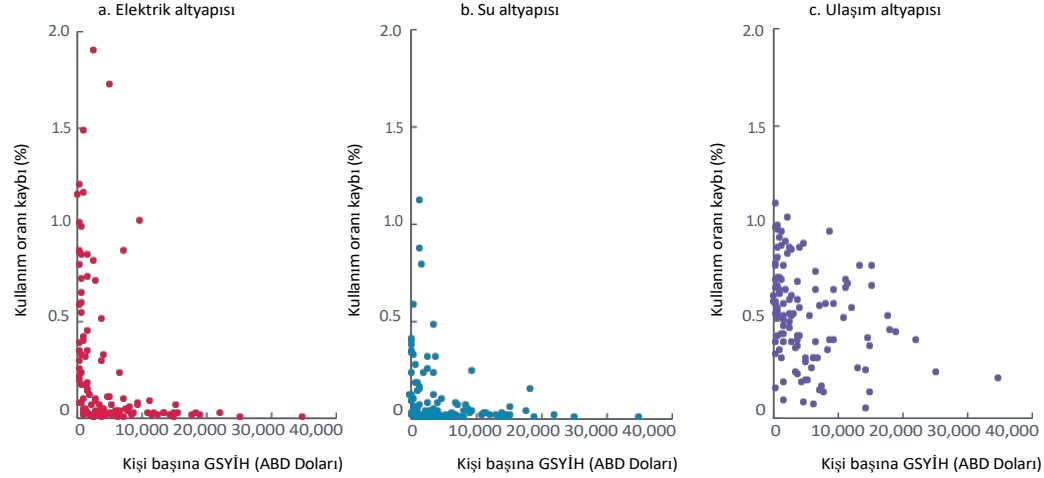
Çarpıcı bir şekilde, bazı ülkeler, özellikle düşük gelirli olanlar, güvenilir olmayan elektrik ve su altyapısı nedeniyle çok yüksek kullanım oranı kayıplarıyla karşı karşıyadır (şekil 2.2, panel a ve b). Buna karşın, orta gelirli ülkelerin çoğu, çok daha güvenilir elektrik ve su sistemleri nedeniyle çok az etkilenmektedir. Ulaştırma kesintileri farklı bir model göstermektedir. Yoksul ülkeler hala ulaşım ile ilgili daha yüksek kullanım kayıplarına maruz kalma eğiliminde olsa da, kayıplar orta gelirli ülkeler için bile önemli olmaya devam etmektedir.

ülkeler. Daha zengin ülke ve bölgelerdeki taşımacılık kayıplarının bu şekilde devam etmesi, genel kayıp rakamına yaptıkları büyük katkıyı açıklayabilir ve güvenilir olmayan trans-port altyapısının bir ekonomiye verdiği zararın ortadan kaldırılmasının zor olduğunu göstermektedir.

Elbette firmalar sadece kendi tesislerini doğrudan etkileyen aksaklıklara karşı değil, aynı zamanda daha geniş bölgelerindeki aksaklıklara karşı da savunmasızdır. Örneğin, bir firma altyapı arızalarından doğrudan etkilenmese bile (örneğin, tesis içinde elektrik kesintisi yaşayarak), tedarik zincirindeki kesintiler girdi arzını veya çıktı talebini durma noktasına getirdiği için üretimi durdurmak zorunda kalabilir.

Bu konuyu değerlendirmek için Rentschler, Kornejew ve diğerleri (2019), bireysel firmaların kullanım oranlarının, bölge düzeyindeki (firma düzeyi yerine) aksaklıklarla temsil edilen alt yapı aksaklıklarından dolayı olarak nasıl etkilendiğini tahmin etmektedir. Sonuçlar

ŞEKİL 2.1 Tüm kritik altyapı sektörlerinde, kesintiler nedeniyle en yüksek kullanım oranı kayıplarını yoksul ülkeler yaşamaktadır

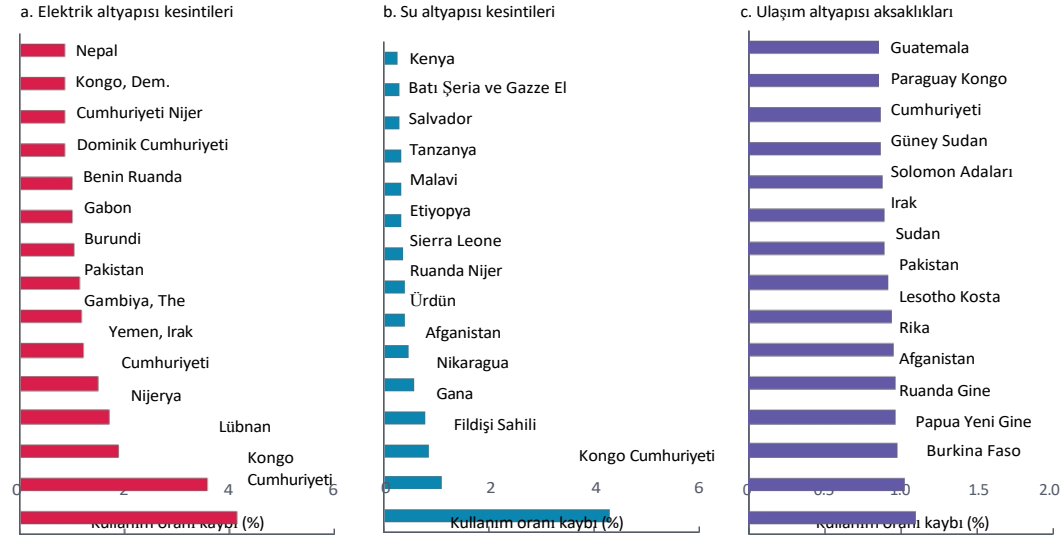


Kaynak: Rentschler, Kornejew ve diğerleri 2019.

Not: Veri noktaları 118 ülkeyi temsil etmektedir.

ŞEKİL 2.2 En çok etkilenen ülkelerde, kullanım oranı kayıpları GSYİH'nın önemli bir bölümünü oluşturmaktadır

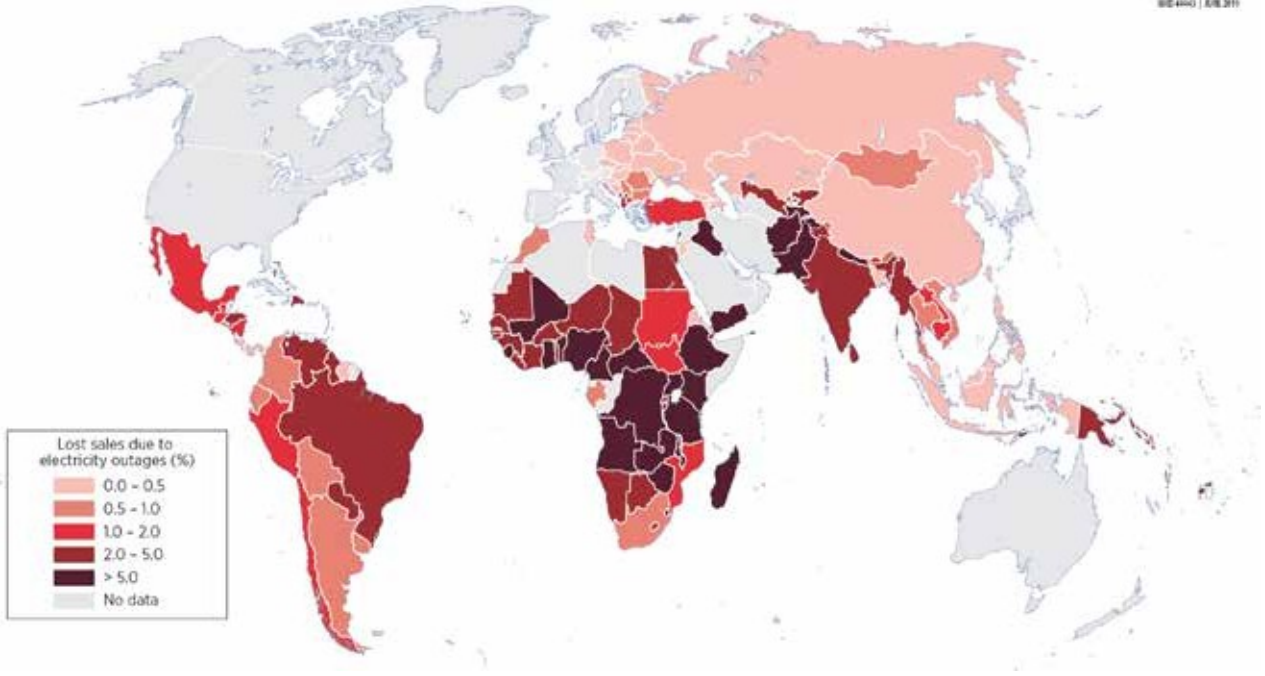
Altyapı kesintisi türüne göre en büyük kullanım oranı kayıplarının yaşandığı ilk 15 ülke



Kaynak: Rentschler, Kornejew ve diğerleri 2019.

altyapı kesintilerinin bölgesel etkilerinin önemli olduğunu göstermektedir. Su ve ulaştırma için, ancak elektrik için değil, bölgesel etkiler en az bunlar kadar önemli, hatta daha önemli olabilir.

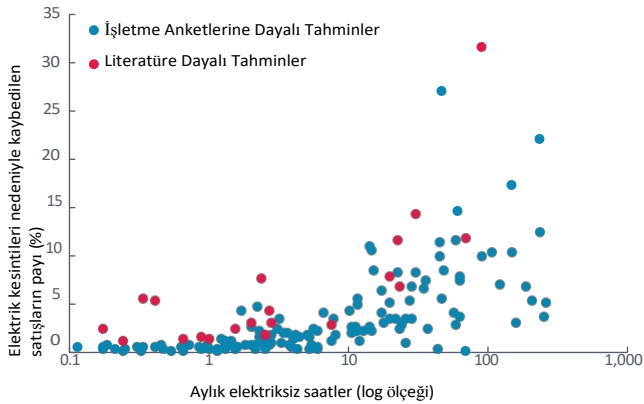
doğrudan firma düzeyindeki etkilerden daha büyüktür. Aslında, su kesintileri için (ve model özelliklerine bağlı olarak), dolaylı kayıplar doğrudan kayıpları 3'e 1 oranında aşabilir. Buna rağmen

HARİTA 2.2 Elektrik kesintileri düşük ve orta gelirli ülkelerde, özellikle de Afrika'da büyük satış kayıplarına neden olmaktadır

Kaynak: Rentschler, Kornejew ve diğerleri 2019.

Not: Harita, ülke düzeyinde ortalamalar olarak firmalar tarafından bildirilen ortalama satış kayıplarını göstermektedir.

Bölgesel aksaklık seviyeleri, dolaylı etkilerin yalnızca eksik bir ölçüsünü sağlar; altyapı aksaklıklarının yalnızca doğrudan etkilerinin dikkate alınmasının ekonomik maliyetin büyük bir gözden kaçırıldığı açıktır.

ŞEKİL 2.3 Daha sık yaşanan elektrik kesintileri daha büyük satış kayıplarına yol açma eğilimindedir

Kaynak: Rentschler, Kornejew, . 2019, Dünya Bankası İşletme Anketlerine dayanmaktadır.

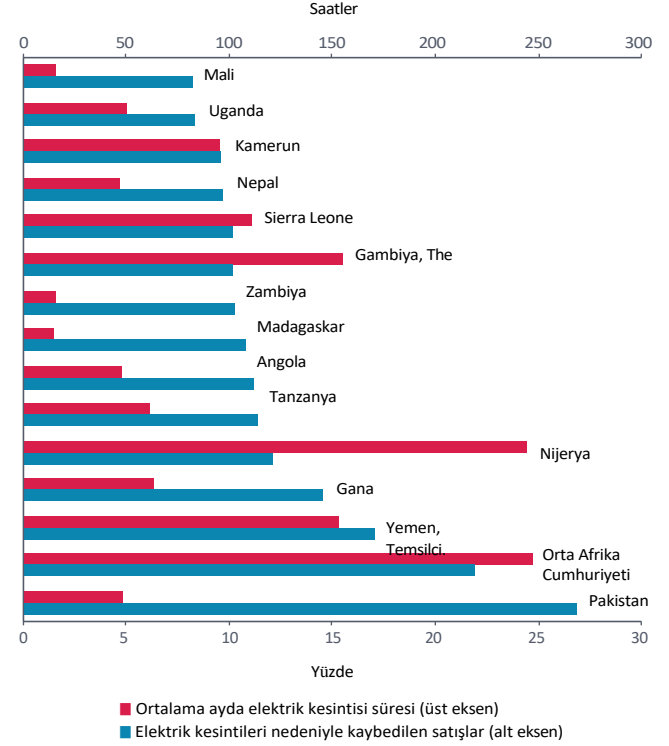
Satışlarla ilgili olarak, Dünya Bankası'nın İşletme Anketleri, çoğunlukla düşük ve orta gelirli 122 ülkeden 80.000'den fazla firma için elektrik kesintilerinden kaynaklanan satış kayıpları hakkında kendi bildirdikleri verileri de toplamaktadır (ancak aynı veriler ulaşım ve su temini kesintileri için mevcut değildir). Veriler, bu ülkelerdeki elektrik kesintilerinin yılda 81,6 milyar dolarlık satış kaybına (harita 2.2) ya da kapasite kullanım kayıplarının (tablo 2.1) iki katından daha fazla bir değere neden olduğunu göstermektedir. Firmaların önemli bir kısmı (yaklaşık yüzde 15) satışlarını rapor etmediğinden, satış kaybı rakamının muhafazakar bir tahmin olması muhtemeldir. Bu sonuçlar, elektrik kesintilerinin sık yaşandığı ülkelerde bulunan firmaların büyük satış kayıplarına uğrama eğiliminde olduğunu ortaya koyan diğer çalışmalarla (bkz. Braese, Rentschler ve Hallegatte 2019) yakından ilişkilidir. Elektrik kesintileri ayda ortalama 10 saatten fazla olduğunda satışlar üzerinde özellikle etkili olmaktadır (Şekil 2.3).

Ülkeler arasında, firmaların elektrik kesintileriyle başa çıkma kapasiteleri farklılık göstermektedir. Firmaların ortalama olarak kesintiler nedeniyle kaybedilen satış paylarının en yüksek olduğunu bildirdikleri 15 ülkeyi ele alalım. Şekil 2.4'ün gösterdiği gibi, bu ülkelerin hepsi ayda 10 saatten fazla önemli elektrik kesintileri yaşasa da, bu yüksek kesinti seviyesinde, satış kayıpları artık açıkça elektrik kesintisi ile ilişkili değildir. Bu bulgu, söz konusu ilişkiye firmaların elektrik şebekesi kesintilerine karşı kırılganlığını belirleyen, firmaların sektörel dağılımı, rekabet ve üretim enerjisi yoğunluğu gibi diğer faktörlerin aracılık işaret etmektedir. Ayrıca, firmaların elektrik kesintilerinden ne ölçüde etkilendikleri, bu bölümde daha sonra ele alınacak olan başa çıkma stratejileri tarafından belirlenmektedir.

Su tedarik altyapısı da üretimde önemli bir rol oynamaktadır. Tarımda, hava durumu ve sulama tekniği tarafından belirlenen su mevcudiyeti ile tarımsal üretim arasındaki ilişki açıkça ortaya konmuştur (Damania ve ark. 2017). Iimi (2011), Avrupa ve Orta Asya'da tüm su arzı kesintilerinin durdurulabilmesi halinde, firmaların maliyetlerini ortalama yüzde 0,5 oranında azaltabileceklerini tespit etmiştir. Bu etki, daha az güvenilir su altyapısına sahip düşük ve orta gelirli ülkelerde muhtemelen önemli ölçüde daha büyük olacaktır. Nitekim Islam ve Hyland (2018), 103 ülke için İşletme Anketi verilerini kullanarak, su arzındaki kesintilerin düşük ve alt-orta gelirli ülkelerdeki firmalar üzerinde olumsuz etkileri olduğunu, ancak üst-orta ve yüksek gelirli ülkelerde bu etkilerin görülmediğini ortaya koymuştur. İlk grupta, ilave bir su kesintisi olayı, ortalama bir imalat firması için yaklaşık yüzde 8,2'lik satış kaybına yol açacaktır.

Trafik sıkışıklığı aynı zamanda önemli ekonomik kayıplara neden olmakta ve ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Sweet 2011). Kanıtlar, yüksek vasıflı işgücüne, uzmanlaşmış girdilere ve coğrafi olarak dağılmış pazarlara dayanan firmaların trafik sıkışıklığına karşı özellikle hassas olduğunu göstermektedir, çünkü trafik sıkışıklığı

ŞEKİL 2.4 Satış kayıplarının boyutu kesintilerin uzunluğundan daha fazlasına bağlıdır



Kaynak: Rentschler, Kornejew ve diğerleri 2019.

Not: Şekil, elektrik kesintileri nedeniyle tahmini satış en yüksek olduğu ilk 15 ülkeyi göstermektedir.

bu üretim faktörlerine erişimleri ile ilişkilidir (Weisbrod, Vary ve Treyz 2003). Sweet (2013), 88 ABD metropol bölgesinde, otoyol şeridi başına günlük trafikle ölçülen tıkanıklıktaki yüzde 1' artışın sadece ekonomik büyümeyi etkilemekle kalmayıp, aynı zamanda işçi başına verimlilik artışında yüzde 0,033'e varan bir düşüşe yol açtığını bulmuştur. Jin ve Rafferty (2017), coğrafi kapsam açısından benzer bir panel kullanarak, trafik sıkışıklığındaki yüzde 1'lik bir artışın (burada trafik gecikmeleri endeksi ile ölçülmüştür) istihdam artışında yüzde 0,08'lik bir düşüşe neden olduğunu bulmuştur.

Trafik aksaklıkları ve sıkışıklığı, düşük ve orta gelirli ülkelerde de olumsuz üretkenlik etkilerine sahiptir. Gana'nın Kumasi kentinde işe gidip gelen yolcularla yapılan bir ankete dayanarak, trafik sıkışıklığının ortalama

işçi başına günlük üretim saatini yüzde 9 azaltmıştır (Harriet, Poku ve Emmanuel 2013). Mısır Arap Cumhuriyeti'ndeki Büyük Kahire Metropoliten Alanı'nda, trafik sıkışıklığı 2010 yılı itibarıyla yılda 5,1 milyar dolarlık doğrudan maliyete neden olmuştur ve bu rakamın artması beklenmektedir (Dünya Bankası 2013). Rentschler, Braese ve diğerleri (2019) bir dizi Sahra Altı Afrika kenti için kentsel sellerin trafik akışının aksamada önemli bir etken olabileceğini, dolayısıyla firmalar ve tedarik zincirleri arasındaki bağlantıyı azaltabileceğini göstermektedir (bölüm 5).

Telekomünikasyon ve internet birçok ekonomik faaliyet için vazgeçilmez hale gelmiştir ve telekomünikasyon kesintileri firmalara büyük maliyetler getirebilir. Küresel yıllık maliyetler mevcut olmasa da, özellikle gerçek zamanlı çalışan ve verilere ya da çevrimiçi satışlara dayanan işletmelerde, görünürlüğü yüksek birçok olay potansiyel etkilerin büyüklüğünü göstermektedir. Örneğin, Delta Havayolları 2016 yılında Atlanta veri merkezlerinden birinde beş saatlik bir kesinti yaşadığında, üç gün boyunca yaklaşık 2.000 uçuş yapılamamış ve bu da şirkete tahmini olarak 150 milyon dolara mal olmuştur (Sverdlik 2016). Küçük olaylar da maliyetli olabilir. Ponemon Enstitüsü (2016), 16 sektörden 49 kuruluşun katıldığı bir ankete dayanarak, bir veri merkezi kesintisinin ortalama maliyetinin 700.000 \$'dan fazla olduğunu ve en yüksek maliyetin 2 milyon \$'ı aştığını tahmin etmiştir. Güvenlik açıklarının en yüksek olduğu sektörlerin finansal hizmetler, telekomünikasyon hizmetleri, sağlık hizmetleri ve e-ticaret olması şaşırtıcı değildir.

İnternet kesintileri sadece bireysel şirketleri değil tüm ülkeleri etkilemektedir. Aslında pek çok ülkenin Inter-net'e erişiminin tamamı, depremlerden balıkçı ekipmanlarına ve saldırılara kadar hem doğal hem de insan kaynaklı tehlikelere karşı savunmasız olan bir ya da iki denizaltı kablosuna bağlıdır. Bu kabloların veya ilgili iniş istasyonlarının arızalanması çok pahalıya mal olabilir. Örneğin, Avustralya'daki tüm karaya çıkış noktalarında meydana gelebilecek bir arızanın doğrudan maliyeti (kablo onarımı için) 2.2 milyon dolar, dolaylı ekonomik maliyeti ise 3.2 milyar dolar olacaktır.

uluslararası internet trafiği kaybindan etkilenebilir. Buna ek olarak, Avustralya'daki internet kesilmesi Papua Yeni Gine'deki internet bağlantısını da kesecektir. Buna karşın, Kanada'da ekonomik maliyet sıfır olacaktır çünkü ABD'ye alternatif karayolu bağlantısı mevcuttur (APEC 2013).

FİRMALAR GÜVENİLMEZLİKLE BAŞA ÇIKMAK İÇİN MALİYETLİ ÖNLEMLER ALIR

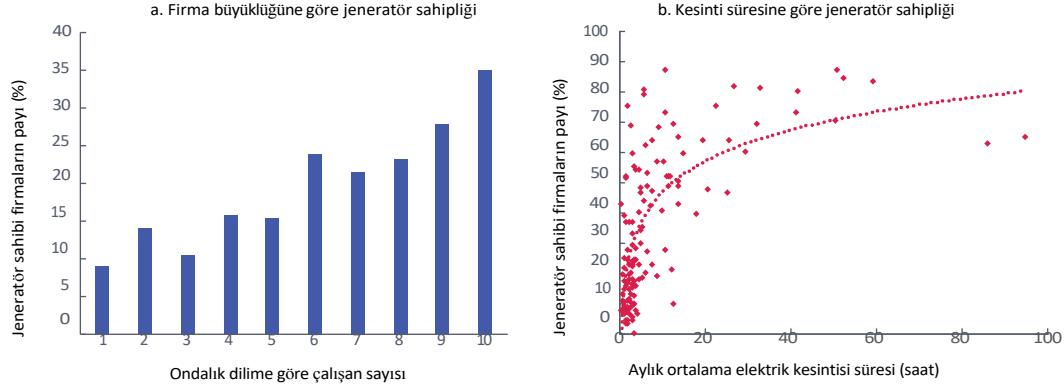
Kendi kendine elektrik üretimi

Altyapı kesintilerinden büyük ölçüde etkilenen veya etkilenmeyi bekleyen firmalar, operasyonları üzerindeki etkiyi en aza indirmek için önlemler alabilirler. Bu önlemler, ilave bir yıkıcı olayın maliyetlerini azaltsa da, kendi maliyetlerini de beraberinde getirir. Çeşitli şekillerde ortaya çıkabilen bu tür başa çıkma maliyetleri, güvenilir altyapının etkilerinin bir başka yönüdür. Kendi elektriğini üretmek, sık elektrik kesintilerine uyum sağlamak için maliyetli olsa da her yerde kullanılan bir stratejidir. Sık elektrik kesintileriyle karşı karşıya kalan firmalar, genellikle dizelle çalışan kendi yedek jeneratörlerini çalıştırmayı tercih etmektedir. Bu jeneratörler firmaların elektrik kesintileri arasında köprü kurmasını sağlar, ancak aynı zamanda firmaların maliyetli makineler satın almasını, kurmasını, bakımını ve işletmesini gerektirir. O halde jeneratörler, sınırlı nakit rezervi olan daha küçük firmalar için daha az ekonomik olma eğilimindedir. Sonuç olarak, jeneratör sahipliği büyük firmalar arasında (şekil 2.5, panel a) düşük ve orta gelirli ülkelerdeki ve güvenilir olmayan elektrik şebekesine sahip ülkelerdeki firma paneli için önemli ölçüde daha yüksektir. elektrik tedariki (Şekil 2.5, panel b).

Yüksek ön yatırımlara ek olarak, işletme maliyetleri de kendi kendine üretimi geleneksel şebeke tedarikinden önemli ölçüde daha pahalı hale getirmektedir (Adenikinju 2003; Farquharson, Jaramillo ve Samaras 2018). Örneğin, Steinbuks ve Foster (2010) 25 Afrika ülkesi için kendi kendine üretimin ulusal elektrik tarifelerinden ortalama üç kat daha pahalı olduğunu bulmuştur.

Bu rapor için yapılan bir analiz, kurulu öz üretim kapasitesini ve

ŞEKİL 2.5 Jeneratör sahipliği büyük firmalarda ve çok sayıda elektrik kesintisi olan ülkelerde daha yaygındır



Kaynak: Rentschler, Kornejew ve diğerleri 2019.

Gerekli verilerin mevcut 129 düşük ve orta gelirli ülkenin sanayi sektörlerinde kendi kendine üretimin toplam yıllık maliyeti (Rentschler, Kornejew, vd. 2019). Bu tahminler, hem yıllık ön yatırım hem de işletme maliyetlerini hesaba katarak yedek elektrik üretiminin maliyetlerini ortaya koymaktadır.

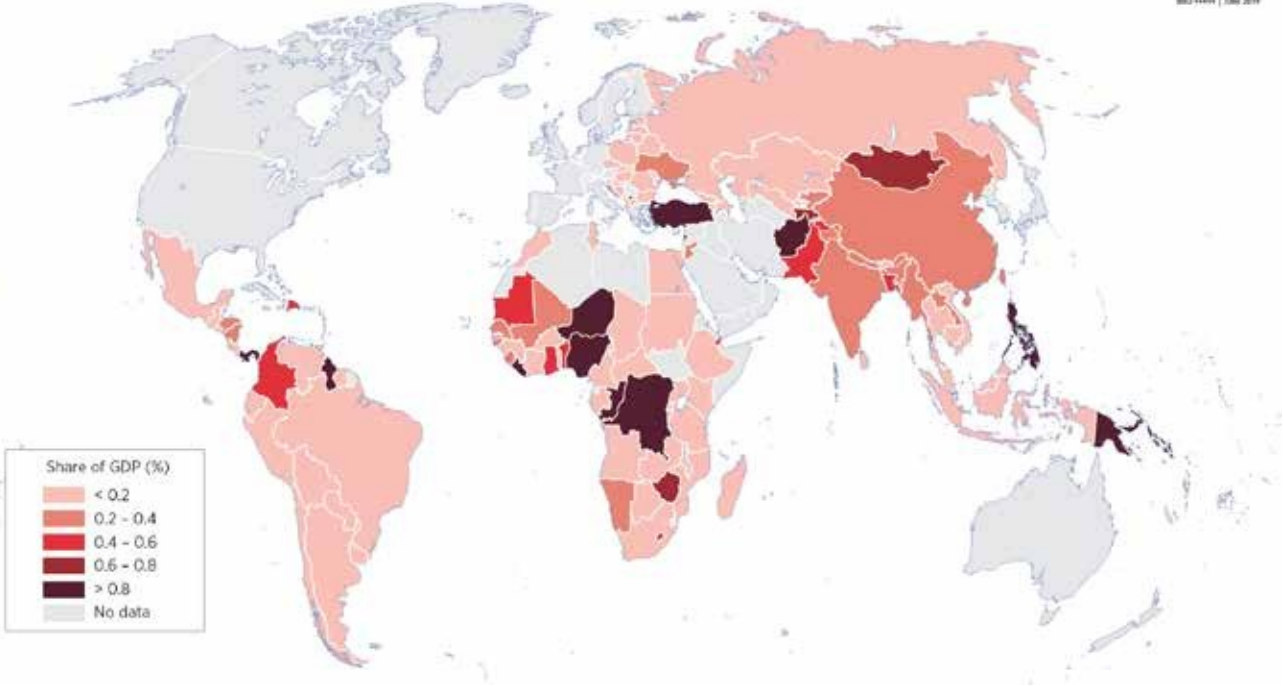
Genel olarak, tahminler yedek üretim maliyetlerinin önemli olduğunu göstermektedir.³ Yedek üretim için yapılan toplam ön yatırımlar, düşük ve orta gelirli ülkelerde yılda yaklaşık 6 milyar dolar tutarındadır. Jeneratörlerin yıllık işletme maliyetlerinin ise yaklaşık Düşük ve orta gelirli ülkelerdeki firmaların toplam elektrik maliyetlerine yılda 59 milyar dolar ekleniyor.

Dolayısıyla, elektriğe güvenilemediği için, sanayi sektöründeki firmalar, bu analizde ele alınan 129 ülkenin GSYİH'sinin yüzde 0,28'ine tekabül eden ve en yüksek maliyeti Afrika'nın üstlendiği yedek öz üretim için yılda tahmini 65 milyar dolar daha harcamaktadır (harita 2.3).

Ancak bu büyük meblağ, elektrik jeneratörü işleten firmaların maruz kaldığı fırsat maliyetlerinin tamamını kapsamamaktadır. Her ne kadar jeneratörler kısa vadeli kayıpları azaltabilseler de, uzun vadeli verimliliği sınırlayan yüksek marjinal maliyetler nedeniyle daha düşük uzun vadeli verimlilikle de bağlantılıdır.

diğer girdi faktörlerine yapılan yatırımlar (Mensah 2016). Ayrıca, dizel jeneratörlerin kullanıldığı yedek üretim, ince solunabilir partiküller ve karbondioksit gibi hava kirletici emisyonlarını önemli ölçüde artırarak sağlık etkileri veya iklim değişikliği şeklinde dolaylı maliyetlere yol açmaktadır (Farquharson, Jara-millo ve Samaras 2018).

Suyun korunması ve yeniden kullanımına yönelik tedbirler Birçok firma faaliyetleri için güvenilir bir su kaynağına ihtiyaç duyar. Kesintiler meydana geldiğinde, firmalar başa çıkmak ve olağan kaynağa olan bağımlılıklarını azaltmak için, genellikle önemli maliyetlerle, önlemler alabilirler. Otomatik kontrol sistemleri gibi su tasarrufuna yönelik çabalar, firmaların faaliyetlerinde daha az su kullanmalarını sağlar ve aynı zamanda su şebekesi üzerindeki baskıyı azaltır (Rose ve Krausmann 2013). Bir firma içinde suyun geri dönüşümü ve yeniden kullanımı da benzer amaçlara hizmet edebilir. Bu tür seçenekler kesintilerin olmadığı durumlarda bile mantıklı görünmektedir, ancak suyun düşük maliyeti, güvenilirlik yüksek bir seviyeye ulaşana kadar bunları ekonomik olmaktan çıkarabilir. Bu önlemler kesintilerin firmalar üzerindeki etkisini azaltır, ancak onları su şebekesinden bağımsız hale getirmez ve sürekli kesinti durumunda yardımcı olmaz. Daha sonra, firmaların su şebekesine bağımlılığını ortadan kaldıran daha maliyetli seçenekler

HARİTA 2.3 Düşük ve orta gelirli ülkelerde yedek elektrik üretiminin ek maliyetleri oldukça yüksektir

Kaynak: Rentschler, Kornejew ve diğerleri 2019.

Not: Harita, ön yatırımlar ve ek işletme maliyetleri dahil olmak üzere yedek elektrik üretiminin maliyetini GSYH'nin yüzdesi olarak göstermektedir.

yeraltı, nehir veya göl suyuna erişim sağlayan teknolojilerin benimsenmesi veya su depolama tesislerinin kurulması da dahil olmak üzere kullanılabilir (Kajitani ve Tatano 2009).

Ulaşımındaki aksaklıklara uyum sağlama

Zengin ve yoksul ülkelerde yapılan birçok çalışma, ulaşım altyapısının firmaların yer seçimleri üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir (bkz. Arauzo- Carod, Liviano-Solis ve Manjón-Antolín 2010). Diğer altyapı türleri de yer seçimlerini etkilemektedir. Örneğin, Kim ve Cho (2017) Amerika Birleşik Devletleri'nin kırsal kesimlerinde geniş bant bağlantısının mevcudiyetinin bir firmanın kırsal bir yer seçme şansını önemli ölçüde artırdığını bulmuştur. Altyapı güvenilirliğinin yer seçimi üzerindeki bu etkisinin bir sonucu olarak, firmalar gayrimenkul için daha yüksek maliyetlere katlanabilir veya işgücüne yakın olmama gibi başka zorluklarla karşılaşabilir. Buna ek olarak,

Altyapı kalitesinin düşük olduğu bölgelerin işletmeler için daha az cazip olması kaçınılmazdır ve bunun da yerel ekonomik faaliyet ve istihdam üzerinde etkileri olacaktır.

Düşük kaliteli ulaşım altyapısından veya ulaşım kesintilerinden korunmak için envanteri artırmak zorunda bir firma için maliyetlidir. Bu adaptasyon önlemi, envantere bağlı sermayenin fırsat maliyetleri, depolama maliyetleri ve depolanan malların olası amortismanı şeklinde önemli başa çıkma maliyetleriyle birlikte gelir. Ülkeler arası bir analizde, altyapı kalitesi göstergesinde 1 standart sapmalı bir düşüş, hammadde stoklarını yüzde 11-37 oranında artırmaktadır (Guasch ve Kogan 2003). Bu etkinin önemi, Burundi, Kenya, Ruanda, Tanzanya ve Uganda'daki firmalar üzerinde yapılan bir analizde doğrulandığı üzere, Doğu Afrika'da mikro düzeyde de görülmektedir (Iimi, Humphrey ve Melibaeva 2015).

GÜVENİLMEZ ALTYAPI DAHA DÜŞÜK ÜRETKENLİĞE YOL AÇAR

Açıkçası, altyapı kesintilerinin dolaylı etkilerini ölçmek, az önce açıklanan doğrudan etkilerden daha zordur. Güvenilmez altyapının firma davranışları ve sektör dinamikleri üzerindeki etkisini zamanın bir anında gözlemlmek kolay değildir çünkü bu etki sürekli olarak ve genellikle firmaların kararlarını incelikli bir şekilde değiştirir. Bununla birlikte, özellikle firma verimliliği açısından önemine dair çok sayıda kanıt mevcuttur. Bu rapor için yapılan analizde elektrik, su ve ulaşım altyapısı dikkate alınsa da, literatürün çoğu elektrik arzındaki kesintilerin doğrudan etkileri etrafında dönmektedir.

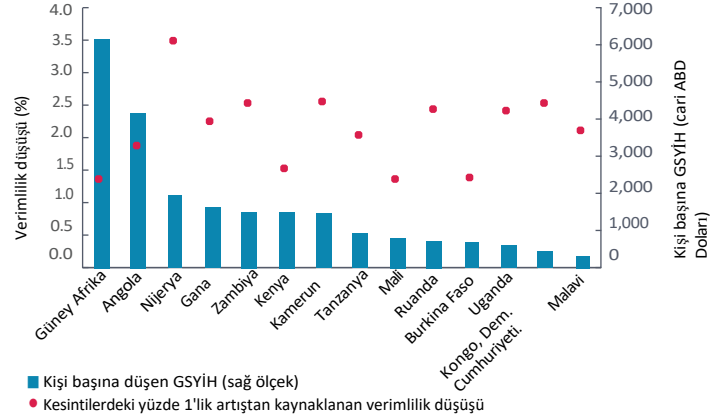
Afrika ve Asya'da elektrik kesintileri

firmaların verimliliğini önemli ölçüde etkilediği gösterilmiştir.

Afrika'daki 23 ülkeden oluşan bir firma paneline dayanan bir çalışmada, elektrik kesintilerindeki yüzde 1'lik artışın firmaların TFFV'sinde ortalama yüzde 3,5'lik bir kayba yol açacağı tahmin edilmektedir (Mensah 2018). Sahra Altı Afrika'daki 14 ülke için yapılan benzer bir çalışmada, elektrik kesintilerindeki yüzde 1'lik artışın yüzde 1 ila 3,5 arasında verimlilik kaybına yol açacağı tahmin edilmektedir (Şekil 2.6; Mensah 2016). Göreceli etkilerden ziyade mutlak etkiler dikkate alındığında, Bbaale (2018) tipik bir aydaki ilave bir elektrik kesintisinin 26 Afrika ülkesinde verimliliği ortalama yüzde 0,1-0,2 puan azalttığını göstermektedir. Benzer şekilde, Zhang (2019) Bangladeş'teki imalat firmalarının yük atmadaki yüzde 10'luk bir artıştan dolayı yüzde 3-4 oranında TFP kaybına uğrayacağını bulmuştur. Hindistan'da elektrik açıkları imalat firmalarının TFFV'sini yaklaşık yüzde 2 oranında azaltmaktadır (Allcott, Collard-Wexler ve O'Connell 2016).

Dolaylı etkilerin karmaşıklığı, elektrik kesintilerinin etkisi ile kullanım yoğunluğu arasındaki ilişkiye ışık tutmaktadır. Kesintilerin verimlilik üzerindeki etkisi ayrıştırıldığında, çok düşük ve çok yüksek elektrik kullanım yoğunluğuna sahip firmaların elektrik kesintilerinden en fazla verimlilik kaybına uğradığı görülmektedir. Sezgisel olarak, düşük elektrik kullanım yoğunluğuna sahip firmalar

ŞEKİL 2.6 Artan elektrik kesintileri Afrika ülkelerinde firma verimliliğinin düşmesine neden olmaktadır



Kaynak: Mensah 2016.

Not: Soldaki ölçek (noktalar) kesintilerdeki yüzde 1'lik artıştan kaynaklanan verimlilikteki yüzde düşüşü göstermektedir. Sağdaki ölçek (çubuklar) analiz edilen ülkelerin kişi başına düşen GSYİH'ı göstermektedir (cari ABD doları cinsinden).

güç yoğunluğuna sahip firmalar maliyetli başa çıkma mekanizmalarını daha az benimser ve bu nedenle kesintilerden daha fazla etkilenirken, yüksek güç yoğunluğuna sahip firmalar adaptasyon önlemlerine yatırım yapar, ancak aynı zamanda kendi kendine üretimin yüksek maliyetleriyle de mücadele etmek zorundadırlar, bu da daha büyük kayıplara yol açar (Gurara ve Tessema 2018; Ramachandran, Shah ve Moss 2018).

Güvenilir olmayan altyapı hizmetlerinin yükü, düşük ve orta gelirli ülkelerde insanların geçim kaynaklarının ekonomik temelini oluşturan küçük firmalar için özellikle büyüktür. Onlar için kesintilerden kaynaklanan yüksek işletme maliyetleriyle başa çıkmak daha zordur çünkü daha zayıf finansal güvenceye veya daha az çeşitlendirilmiş gelir kaynaklarına sahiptirler. Örneğin Hindistan'daki küçük firmalar kesintilerden orantısız bir şekilde etkilenmektedir ve bu nedenle elektrik kesintilerindeki her yüzde puanlık artış için gelirlerinin yüzde 0,29'u kadar daha yüksek üretim maliyetleriyle karşı karşıya kalmaktadırlar (Zhang 2019). Bu tür yüksek işletme maliyetleri daha sonra firmaların yatırım kararlarını ve verimliliklerini etkiler. Endonezya'da elektriğin güvenilir olmamasının firma verimliliği üzerindeki olumsuz etkisi yüzde 50'den daha fazladır

daha küçük imalat firmaları için daha büyük olanlara kıyasla (Poczter 2017). Ayrıca, güvenilir olmayan elektrik şebekeleri, bir iş kurmak için gereken ilk yatırımları büyük ölçüde artırabilir. Nijerya'da küçük firmalar, başlangıç maliyetlerinin yüzde 10 ila 30'unu kendi elektriklerini üretmek için harcamak zorundadır (Adenikinju 2003, 2008).

Böylesine büyük başlangıç maliyetleri ve orantısız derecede yüksek işletme maliyetleri girişimcilik açısından vahim sonuçlar doğurmaktadır. Afrika'daki 23 ülke için İşletme Anketi verilerinin analizi, elektrik kesintilerinin bireylerin kendi işlerini kurma olasılığını yüzde 32 oranında azalttığını ve bu etkinin sadece tarım dışı sektör dikkate alındığında yüzde 44'e yükseldiğini ortaya koymaktadır (Mensah 2018). Bu yeni iş kurma eksikliği rekabeti azaltmakta ve verimlilik kayıplarına yol açmaktadır. Alby, Dethier ve Straub (2013) 77 ülke için İşletme Anketi verilerini analiz etmiş ve kimya ve tekstil endüstrileri gibi enerji yoğun sektörlerin, sık sık kesinti yaşanan ülkelerde küçük firmaların payının önemli ölçüde düşük olduğunu bulmuştur.

Altyapının güvenilirliği aynı zamanda firma verimliliğini azaltabilir ve ulusal düzeyde verimsiz kaynak tahsisine yol açabilir. Yeni teknolojilerin çoğu elektrige dayandığından, elektrik kesintileri yenilikçi üretim araçlarının benimsenmesini azaltır. Böylece sermaye, daha az üretken olabilen daha emek yoğun faaliyetlere yönlendirilir. Sonuç olarak, ulusal ekonomiler verimsiz sektörel dağılımlara saplanıp kalmakta ve belirli yüksek büyüme sektörlerini kaçırmaktadır. Örneğin, talep üzerine mal ve hizmetlerin sağlanması, güvenilir olmayan altyapı nedeniyle karmaşıktır veya mümkün değildir ve düşük güç güvenilirliği, ülkelerin büyük veri merkezlerine ev sahipliği yapmasını imkansız hale getirmektedir (Dünya Bankası 2019).

Güvenilmez altyapıdan kaynaklanan bu verimsizliklerin genel etkisi, firmaların uluslararası pazarlarda rekabet etmekte zorlanmaları anlamına da gelebilir. 23 Afrika ülkesinde, elektrik kesintisi sıklığındaki yüzde 1 puanlık artış, ortalama bir firmanın ihracattan elde ettiği satış payını yüzde 0,12 oranında azaltmaktadır (World

Bankası 2019). Tek tek firmaların katlandığı verimsizlik maliyetleri, tüm sektörler ve ekonomiler için dezavantajlara dönüşmektedir. Daha yüksek maliyetler, daha düşük verimlilik, girişimcilik ve yenilikçilik eksikliği ve yüksek büyüme oranına sahip sektörlerin yokluğu, bir ülkenin giderek uluslararasılaşan pazarlarda başarıya ulaşma şansını olumsuz etkilemektedir.

Nihayetinde, kesintilerin firmalar üzerindeki etkileri, gelir veya refah kaybı şeklinde insanlara - işçilere ve tüketicilere- aktarılır. İşçiler bu yükü daha düşük istihdam ve daha düşük ücretler yoluyla taşıyabilir. 23 Afrika ülkesini kapsayan çalışmada, kesintilerdeki yüzde 1 puanlık artışın düşük vasıflı işçilerin istihdamını yüzde 1,1, yüksek vasıflı işçilerin istihdamını ise yüzde 0,35 oranında azalttığı tahmin edilmektedir (Dünya Bankası 2019). Afrika'daki 21 ülkeden oluşan bir örneklem için Mensah (2018), sık sık elektrik kesintisi yaşanan bir toplumda yaşamının istihdam edilme olasılığını ortalama yüzde 35-41 oranında azalttığını bulmuştur. Rent-schler ve Kornejew (2017) Endonezya'daki imalat firmalarının güvenilir elektrige erişimi olmadığında, daha az verimli yakıtlara geçtiklerini ve daha yüksek fiyatları tedarik zincirlerinden tüketicilere ve diğer firmalara aktardıklarını bulmuştur. Bir sonraki bölümde ele alındığı üzere, hane halkları da altyapı kesintilerinden doğrudan etkilenmektedir.

NOTLAR

1. Bu ve bundan sonraki analizlerin tam metodolojisi için Rentschler, Kornejew ve diğerleri (2019) tarafından bu rapor için arka plan olarak yayınlanan firmalar ve altyapı üzerine çalışmaya bakınız.
2. Tüm parasal tahminler gerçek 2018 ABD dolarına dönüştürülmüştür.
3. Bu tahminler, kendi kendine üretimle ilgili literatürün gözden geçirilmesine dayanmaktadır ve yıllık sermaye maliyeti yaklaşık olarak Kendi ürettiği elektriğin kilovat-saati başına 0,032 \$ (ESMAP 2007) ve ulusal elektrik tarifesi üzerinde yaklaşık 2'lik bir fiyat artış faktörü (Steinbuks ve Foster 2010). Sanayi sektöründe kendi kendine üretilen elektrige ilişkin tahminler, Enterprise

Sanayi sektörünün elektrik tüketimi ve kendi bildirdiği yedek üretim paylarına ilişkin anketler. Ayrıntılar için bakınız Rentschler, Kornejew ve diğerleri (2019).

REFERANSLAR

- Adenikinju, A. F. 2003. "Nijerya'da Elektrik Altyapısı Arızaları: Maliyetler ve Ayarlama Tepkileri Üzerine Ankete Dayalı Bir Analiz." *Enerji Politikası* 31 (14): 1519-30. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(02\)00208-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00208-2).
- . 2008. "Enerji Sektörünün Verimliliği ve Nijerya Ekonomisinin Rekabet Gücü Üzerindeki Etkisi." *International Association for Energy Economics* (Dördüncü Çeyrek): 27-31.
- Albiman, M. M. ve Z. Sulong. 2016. "Sahra Altı Afrika Bölgesi'nde (SSA) BİT Kullanımının Ekonomik Büyümedeki Rolü." *Journal of Science and Technology Policy Management* 7 (3): 306-29. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-06-2016-0010>.
- Alby, P., J.-J. Dethier, ve S. Straub. 2013. "Gelişmekte Olan Ülkelerde Elektrik Kısıtları Altında Faaliyet Gösteren Firmalar." *Dünya Bankası Ekonomik İnceleme* 27 (1): 109-32. <https://doi.org/10.1093/wber/lhs018>.
- Allcott, H., A. Collard-Wexler ve S. D. O'Connell. 2016. "Elektrik Kıtılığı Sanayiye Nasıl Etkiliyor? Hindistan'dan Kanıtlar." *American Economic Review* 106 (3): 587-624. <http://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.20140389>.
- APEC (Asya-Pasifik Ekonomik İşbirliği). 2013. "Denizaltı Kablo Kopmalarının Ekonomik Etkisi." Rapor APEC#213-SE-01.2, APEC, Singapur. <http://publications.apec.org/Yayınlar/2013/02/Ekonomik-Etki-Denizaltı-Kablo-Kesintileri>.
- Arauzo-Carod, J.-M., D. Liviano-Solis, ve M. Manjón-Antolín. 2010. "Endüstriyel Yerleşim Alanında Ampirik Çalışmalar: Yöntemleri ve Sonuçları Üzerine Bir Değerlendirme." *Bölgesel Bilimler Dergisi* 50 (3): 685-711. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2009.00625.x>.
- Aschauer, D. A. 1989. "Is Public Expenditure Productive?" *Journal of Monetary Economics* 23 (2): 177-200. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(89\)90047-0](https://doi.org/10.1016/0304-3932(89)90047-0).
- Bbaale, E. 2018. "Afrika'da Altyapı Kalitesi ve Firma Verimliliği." *World Journal of Entrepreneurship, Management, and Sustainable Development* 14 (4): 367-84. <https://doi.org/10.1108/WJEMSD-11-2017-0091>.
- Bom, P. R. D., ve J. E. Ligthart. 2014. "Kamu Sermayesinin Verimliliği Üzerine On Yıllardır Yapılan Araştırmalardan Ne Öğrendik?" *Journal of Eco-nomik Araştırmalar* 28 (5): 889-916. <https://doi.org/10.1111/joes.12037>.
- Braese, J., J. Rentschler ve S. Hallegatte. 2019. "Gelişen Firmalar için Dayanıklı Altyapı: Kanıtların Gözden Geçirilmesi." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Calderón, C., ve L. Servén. 2014. "Altyapı, Büyüme ve Eşitsizlik: Genel Bir Bakış." *Politika Araştırma Çalışma Belgesi* 7034, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Damania, R., S. Desbureaux, M. Hyland, A. Islam, S. Moore, A.-S. Rodella, J. Russ ve E. Zaveri. 2017. *Keşfedilmemiş Sular: Su Kıtılığı ve Değişkenliğinin Yeni Ekonomisi*. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1179-1>.
- Dinkelmann, T. 2011. "Kırsal Elektrifikasyonun İstihdam Üzerindeki Etkileri: Güney Afrika'dan Yeni Kanıtlar." *American Economic Review* 101 (7): 3078-108. <https://doi.org/10.1257/aer.101.7.3078>.
- Duranton, G., ve M. A. Turner. 2012. "Kentsel Büyüme ve Ulaşım." *Review of Economic Studies* 79 (4): 1407-40. <https://doi.org/10.1093/restud/rds010>.
- ESMAP (Enerji Sektörü Yönetimi Yardım Programı). 2007. *Şebeke Dışı, Mini Şebeke ve Şebeke Elektrifikasyon Teknolojilerinin Teknik ve Ekonomik Değerlendirmesi*. Washington DC: Dünya Bankası.
- Farquharson, D., P. Jaramillo, ve C. Samaras. 2018. "Sahra Altı Afrika'da Elektrik Kesintilerinin Sürdürülebilirlik Etkileri." *Nature Sustainability* 1 (10): 589-97. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0151-8>.
- Fedderke, J. W., ve. Bogetic´. 2009. "Infrastructure and Growth in South Africa: Altyapıya İlişkin 19 Önlemin Doğrudan ve Dolaylı Verimlilik Etkileri." *Dünya Gelişimi* 37 (9): 1522-39. <https://doi.org/10.1016/J.WORLDDEV.2009.01.008>.
- Ghani, E., A. G. Goswami, ve W. R. Kerr. 2016. "Başarıya Giden Otoyol: Altın Dörtgen Projesinin Hindistan İmalatının Yeri ve Performansı Üzerindeki Etkisi." *Economic Journal* 126 (591): 317-57. <https://doi.org/10.1111/eoj.12207>.
- Gibbons, S., T. Lyytik, H. Overman ve R. Sanchis-Guarnier. 2017. "Yeni Yol Altyapısı: Firmalar Üzerindeki Etkileri." *Journal of Urban Economics* 110 (Mart): 35-50.
- Guasch, J. L., ve J. Kogan. 2003. "Just-in-Case Envanterleri: Ülkeler Arası Bir Analiz." *Politika Araştırma Çalışma Belgesi* 3012, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Gurara, D., ve D. Tessema. 2018. "Siyahların Dışında Kaybetmek: Firma Düzeyindeki Verilerden Elde Edilen Kanıtlar." IMF

- Çalışma Belgesi 18(159), Uluslararası Para Fonu, Washington, DC. <https://doi.org/10.1177/00220345740530061001>.
- Harriet, T., K. Poku, ve A. K. Emmanuel. 2013. "Kentsel Gana'da Trafik Sıkışıklığı ve Verimliliğe Etkisi Üzerine Bir Değerlendirme." *International Journal of Business and Social Science* 4 (3): 10-20.
- İmami, A. 2011. "Altyapı Kalitesinin İyileştirilmesinin İşletme Maliyetleri Üzerindeki Etkileri: Doğu Avrupa ve Orta Asya'da Firma Düzeyindeki Verilerden Elde Edilen Kanıtlar." *Gelişmekte Olan Ekonomiler* 49 (2): 121-47. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1049.2011.00126.x>.
- İmami, A., R. M. Humphrey, ve S. Melibaeva. 2015. "Doğu Afrika'da Firma Envanter Davranışı." *Politika Araştırma Çalışma Belgesi 7280*, Dünya Bankası, Washington, DC. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-7280>.
- Islam, A. ve M. Hyland. 2018. "Su Altyapısı Güvenilirliğinin Etkenleri ve Etkileri: İmalat Firmaları Üzerine Küresel Bir Analiz." *Çalışma Belgesi 8637*, Dünya Bankası, Washington, DC. <http://www.worldbank.org/research>.
- Jin, J. ve P. Rafferty. 2017. "Trafik Sıkışıklığı Gelir Artışını ve İstihdam Büyümesini Olumsuz Etkiliyor mu? ABD Metropol Bölgelerinden Ampirik Kanıtlar." *Transport Policy* 55 (C): 1-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.12.003>.
- Kajitani, Y., ve H. Tatano. 2009. "Japon Endüstrilerinin Anketlerine Dayalı Yaşam Hattı Esneklik Faktörlerinin Tahmini." *Earthquake Spectra* 25 (4): 755-76. <https://doi.org/10.1193/1.3240354>.
- Kassem, D. 2018. "Elektrifikasyon Endüstriyel Kalkınmaya Neden Olur mu? Endonezya'da Şebeke Genişlemesi ve Firma Devri." *İş Piyasası Belgesi*, Ekonomi Bölümü ve STIRCED, London School of Economics, Londra, Ağustos.
- Kim, K. ve Y. Cho. 2017. "Güney Kore Sanayi Sektöründe Elektrik Kesintisi Maliyetlerinin Tahmini." *Energy Policy* 101 (C): 236-45. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2016.11.048>.
- Mensah, J. T. 2016. "Işığımızı Geri Getirin: Sahra Altı Afrika'da Elektrik Kesintileri ve Endüstriyel Performans." *Agricultural and Applied Economics Association Yıllık Toplantısı'nda sunulan bildiri*, Boston, 31 Temmuz-2 Ağustos.
- . 2018. "İşler! Afrika'da Elektrik Kıtlığı ve İşsizlik." *Politika Araştırma Çalışma Belgesi WPS 8415*, Dünya Bankası, Washington, DC (Nisan).
- Paunov, C., ve V. Rollo. 2015. "Engelleri Aşmak: İnternetin Firma Gelişimine Katkısı." *Dünya Bankası Ekonomik İnceleme* 29 (Suppl. 1): S192-S204. <https://doi.org/10.1093/wber/lhv010>.
- . 2016. "İnternet Gelişmekte Olan Dünyada Kapsayıcı İnovasyonu Teşvik Etti mi?" *Dünya Gelişimi* 78 (Şubat): 587-609. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.029>.
- Poczter, S. 2017. "Bana Güvenemezsiniz: Elektrğin Güvenilmezliğinin Verimlilik Üzerindeki Etkisi." *Agricultural and Resource Economics Review* 46 (3): 579-602. <https://doi.org/10.1017/age.2016.38>.
- Polák, P. 2017. "Verimlilik Paradoksu: Bir Meta-Analiz." *Bilgi Ekonomisi ve Politikası* 38 (Mart): 38-54. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2016.11.003>.
- Ponemon Enstitüsü. 2016. "Veri Merkezi Yaşlanmasının Maliyeti." *Veri Merkezi Performans Kıyaslama Serisi*, Traverse City, MI.
- Porter, M. 1990. "Ulusların Rekabet Avantajı." *Harvard Business Review* 90 (2, Mart-Nisan): 73-95.
- Ramachandran, V., M. K. Shah, ve T. Moss. 2018. "Afrikalı Firmalar Güvenilmez Güce Nasıl Tepki Veriyor? K-Means Kümeleme Kullanarak Firma Heterojenliğini Keşfetmek." *CGD Working Paper 493*, Center for Global Development, Washington, DC. <https://www.cgdev.org/publication/how-do-afrikalı-firmaların-güvenilmez-elektriğe-cevabı-exploring-firm-heterogeneity-using-k-means>.
- Rentschler, J., J. Braese, N. Jones ve P. Avner. 2019. "Üç Ayak Altında: Selin Kentsel İstihdam, Bağlantı ve Altyapı Üzerindeki Etkileri." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Rentschler, J. ve M. Kornejew. 2017. "Enerji Fiyat Değişimi ve Rekabet Gücü: Endonezya'dan Firma Düzeyinde Kanıtlar." *Energy Economics* 67 (C): 242-54. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.08.015>.
- Rentschler, J., M. Kornejew, S. Hallegatte, M. Obolensky, ve J. Braese. 2019. "Az Kullanılmış Potansiyel: The Business Costs of Unreliable Infrastructure in Developing Countries." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Rose, A., ve E. Krausmann. 2013. "İş Kurtarmaya Yönelik Bir Dayanıklılık Endeksinin Geliştirilmesi için Ekonomik Bir Çerçeve." *International Journal of Disaster Risk Reduction* 5 (Eylül): 73-83. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2013.08.003>.
- Steinbuks, J., ve V. Foster. 2010. "Firmalar Ne Zaman Üretiyor? Afrika'da Şirket İçi Elektrik Tedarikine İlişkin Kanıtlar." *Enerji Ekonomisi* 32 (3): 505-14.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.10.012>.
- Sverdlik, Yevgeniy. 2016. "Delta: Veri Merkezi Yaşı Bize 150 Milyon Dolara Mal Oldu." *DataCenterKnowledge*, 8 Eylül.
- Sweet, M. 2011. "Trafik Sıkışıklığı Ekonomiyi Yavaşlatır mı?" *Planlama Literatürü Dergisi* 26 (4): 391-404. <https://doi.org/10.1177/0885412211409754>.
- . 2013. "Trafik Sıkışıklığının Ekonomik Etkileri: ABD Büyükşehir Bölgelerinden Kanıtlar." *Kent Çalışmaları* 51 (10): 2088-110. <https://doi.org/10.1177/0042098013505883>.
- Volpe Martincus, C., ve J. S. Blyde. 2012. *Sallanan Yollar ve Titreyen İhracat: Doğal Bir Deney Kullanarak Yurtiçi Altyapının Ticaret Etkilerinin Değerlendirilmesi*. Washington, DC: Inter-American Development Bank. iadb.org/handle/11319/4650.
- Wan, G., ve Y. Zhang. 2018. "Altyapının Firma Verimliliği Üzerindeki Doğrudan ve Dolaylı Etkileri: Çin İmalat Sektöründen Kanıtlar." *China Economic Review* 49 (C): 143-53. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chieco.2017.04.010>.
- Weisbrod, G., D. Vary ve G. Treyz. 2003. "Kentsel Trafik Sıkışıklığının İş Dünyasına Ekonomik Maliyetlerinin Ölçülmesi." *Ulaşım Araştırma Kaydı* 1839 (1): 98-106. <https://doi.org/10.3141/1839-10>.
- Dünya Bankası. 2013. *Kahire Trafik Sıkışıklığı Çalışması: Final Rapor*. Washington, DC: Dünya Bankası.
- . 2019. *Sahra Altı Afrika'da Ekonomik Dönüşüm için Elektrik Alımı*. Afrika Kalkınma Forumu. Washington, DC: Dünya Bankası.
- Zhang, F. 2019. *Karanlıkta: Enerji Sektöründeki Çarpıklıklar Güney Asya'ya Ne Kadar Mal Oluyor?* Güney Asya Kalkınma Forumu. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://doi.org/doi:10.1596/978-1-4648-1154-8>.

Altyapı Aksaklıkları Hane Halklarının Sağlık ve Refahını Etkiliyor

Altyapı kesintileri ve güvenilirlik eksikliği insanları işçi ve tüketici olarak etkilemektedir. Ancak aynı zamanda çeşitli kanallar aracılığıyla hane halklarına doğrudan maliyetler de yükleyebilirler: doğrudan etkiler, başa çıkma maliyetleri ve dolaylı etkiler. Her bir kesintinin, elektrige, güvenli suya, ulaşım veya iletişime erişememenin doğrudan kısa vadeli sonuçları da dahil olmak üzere gerçek olumsuz etkileri olabilir. Örneğin, elektrik kesintileri soğutma ve ısıtmayı (bunun da sağlık üzerinde etkileri olabilir), ekonomik faaliyetleri ve gelirleri, çocukların eğitim sonuçlarını, sosyal ve boş zaman faaliyetlerini ve düzenli ev işlerini etkileyebilir.

yemek pişirme ve temizlik gibi görevleri yerine getirmek (Dünya Bankası 2019).

Güvenilir olmayan hizmetin bazı olumsuz sonuçları, kesintilerin uzun süreli ve yüksek sıklıkta yaşanmasının bir sonucu olarak ancak uzun vadede ortaya çıkabilir. Örneğin, haneler gıda soğutması ya da klimaya yatırım yapmamaya karar verebilir. Bu durumlarda, haneler bazı enerji kullanım türlerinden vazgeçtikleri için bireysel kesintiler büyük bir maliyet getirmeyebilir, ancak uzun vadeli maliyetler önemli olabilir. Haneler ayrıca kesintilerin etkisini azaltmak için yedek elektrik kaynağı için dizel jeneratör, yedek su kaynağı için su deposu veya yetersiz toplu taşımayı telafi için bir araç gibi pahalı önlemlere yatırım yapmak zorunda kalabilir. Dahası, yedek kapasite için harcanan para, insanların yoksulluktan kurtulmalarına veya işlerini büyütme için yardımcı olabilecek daha üretken yatırımlar için kullanılamayacaktır.

Altyapı kesintilerinin hane halkları üzerinde birçok etkisi vardır ve

küresel maliyet zordur. Bu bölüm elektrik, su, ulaştırma ve telekomünikasyon sektörlerindeki kesintilerin etkilerine bakarak konuya daha fazla ışık tutmaktadır (tablo 3.1). Elektrik kesintileri için ödeme istekliliğinin düşük ve orta gelirli ülkeler için yıllık gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYH) yüzde 0,002'si ile yüzde 0,15'i arasında değiştiğini tespit etmiştir (2,3 milyar dolar ile 190 dolar arasında bir değere karşılık gelmektedir). Su için bu aralık yıllık GSYH'lerinin yüzde 0.11'i ile yüzde 0.19'u arasındadır (88 milyar dolar ile 153 milyar dolar).

ALTYAPI HANELERE TEMEL HİZMETLERİ SAĞLAR

Altyapı hizmetleri hane halklarının sadece en temel ihtiyaçlarını karşılamalarına yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda yaşam kalitelerini de birçok yönden artırır. Gerçekten de birçok çalışma, altyapı hizmetlerinin

TABLO 3.1 Kesintiye uğrayan altyapı hizmetlerinin haneler üzerinde birden fazla etkisi vardır

Sektör	Doğrudan etkiler	Başa çıkma maliyetleri	Dolaylı ve sağlık etkileri
Güç	- Azalmış refah • Aile şirketlerinde daha düşük verimlilik Kesintileri önlemek için ödeme istekliliği: yılda 2,3 milyar dolar ile 190 milyar dolar arasında	• Jeneratör yatırımları • Jeneratör işletme maliyetleri	• Daha yüksek mortalite ve morbidite (sağlık hizmetlerine erişim eksikliği, sıcak hava dalgaları sırasında klima veya soğuk dönemlerde sıcaklık)
Su	• Azalan refah ve zaman kaybı Kesintileri önlemek için ödeme istekliliği: 88 milyar \$ arasında dolar arasında	• Alternatif su kaynaklarına yatırım (rezervuarlar, kuyular, su şişeleri)	• İshal, kolera ve diğer hastalıkların daha yüksek oranda görülmesi Tıbbi masraflar kaçırılan gelir: yılda 153 milyar Yılda 3 milyar dolar ile 6 milyar dolar arasında
Nakliye	- Daha fazla ve zaman kaybı • Daha yüksek yakıt maliyetleri	• Alternatif ulaşım modlarının daha yüksek maliyeti	• Hava kirliliği ve sağlık etkileri • İşlere, pazarlara ve hizmetlere kısıtlı erişim • İnsanlar iş yerlerine yakın yerlerde, muhtemelen kötü arazilerde yaşamaya zorlanıyor
Telekomünikasyon	- Azalan refah		- Acil servisleri arayamama

Kaynak: Obolensky ve ark. 2019'a dayanmaktadır.

Not: Bu tablodaki koyu yazılmış terimler, bu bölümde orijinal tahminlerin sunulduğu etki kanallarıdır. Değerler, Dünya Bankası'nın 137 düşük ve orta gelirli ülkede 143.000 firmayı kapsayan İşletme Anketlerinden elde edilen su ve elektrik kesintilerine uygulanan birkaç ülkedeki ödeme istekliliği tahminlerine dayanmaktadır.

Obolensky ve diğerleri (2019) tarafından ayrıntılı olarak incelendiği üzere, hane halkları altyapı hizmetlerine güvenmektedir.

Örneğin elektrifikasyonun girişimciliği, eğitimi ve kadınların güçlenmesini kolaylaştırdığı gösterilmiştir. Sadece aydınlatma yoluyla aktif bir günün süresini uzatmakla kalmaz, aynı zamanda özellikle emek tasarrufu sağlayan elektrikli aletleri karşılayabilen kadınlar için zaman kazandırabilir ve soğutma ve kirlenici gazyağı lambalarının değiştirilmesi yoluyla sağlık üzerinde olumlu etkileri olabilir. Dahası, elektrifikasyon yoksulluğun azaltılmasına yardımcı olabilir, çünkü en yoksullar elektrifikasyonsuzluğun en büyük fırsat maliyetlerini üstlenmektedir (Samad ve Zhang 2016; Zhang 2019).

Su ve sanitasyon altyapısının sağlık için özellikle kritik öneme olduğu gösterilmiştir. Ev içi su ve sanitasyon hizmetlerine erişim, mikroplara maruz kalma riskini ve hanelerin su toplamak ve umumi tuvaletlere erişmek için harcadıkları zamanı azaltır. Örneğin Hindistan'da, borulu suya erişimi olan hanelerde çocuklarda ishal görülme sıklığının yüzde 21 daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Jalan ve Ravallion 2003). Sanitasyon tesislerine erişimin iyileştirilmesinin halk sağlığı açısından faydaları da uzun vadede artmaktadır. Guatemala'da,

iyileştirilmiş sanitasyon tesislerine erişimin çocukların yaşa göre boy ortalamasını artırdığı bulunmuştur (Poder ve He 2011).

Çalışmalar ayrıca daha verimli ve güvenilir ulaşım altyapısının seyahat sürelerini ve ulaşım maliyetlerini azalttığını göstermektedir (BenYishay ve Tunstall 2011). Zaman ve maliyetlerdeki bu azalma, kırsal bölgelerdeki okul ve hastanelere erişimi iyileştirir ve verimliliği ve geliri artırabilir (Levy 2004). Azalan ulaşım süresi ve maliyetleri aynı zamanda işçilerin daha uzaktaki istihdam olanaklarına erişimini sağlar (Gan- non ve Liu 1997) ve bölgesel ve bölgeler arası ticareti artırarak ekonomik faaliyetleri canlandırır (Roberts . 2018; Volpe Martin- cus ve Blyde 2012).

Altyapı hizmetleri modern ekonomilerde tüm insanlara fayda sağlarken, dezavantajlı nüfus gruplarının, özellikle de kadınların kapsayıcılığını artırabilir. Modern altyapı mevcut olmadığında, kadınlar genellikle eğitimleri ve geçim kaynakları pahasına zaman alan işleri yapmak zorunda kalmaktadır. Örneğin, merkezi bir su kaynağı olmadığında, vakaların yüzde 72'sinde kuyulardan su toplama yükünü kadınlar taşımaktadır (Birch 2011). Temizlik konusunda ise, yetersiz hizmet alan yerleşim yerlerinde yaşayan kadınlar

ebeveynler genellikle insan atıklarının bertaraf edilmesinden veya çocuklara tuvalete giderken eşlik etmekten sorumludur.

let tesisleri (Chant 2007). Ayrıca, kadınların ve kız çocuklarının evlerinden biraz uzakta bulunan tuvalet tesislerinde ve çevresinde özellikle saldırı riski altında oldukları artık çeşitli ortamlarda yaygın olarak rapor edilmektedir (Cornman-Levy ve ark. 2011; McIlwaine 2013; Sommer ve ark. 2015).

Genel olarak literatür, hane halklarının refahı ve geçim kaynaklarının neden bu kadar kritik bir şekilde mevcut kaynaklara bağlı olduğuna dair geniş kanıtlar sunmaktadır.

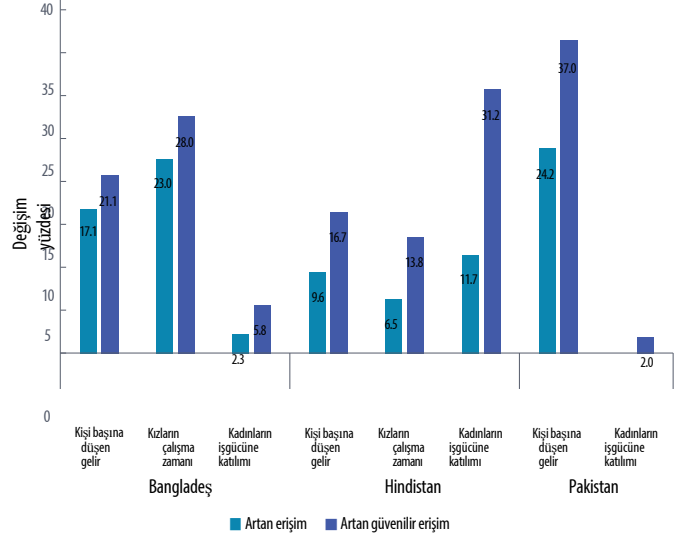
kaliteli altyapı hizmetleri sunma kabiliyeti. Bu kanıt aynı zamanda dayanıklılık eksikliğinin neden ve altyapı hizmetlerinin güvenilirliğinin hane halklarının refahı üzerinde doğrudan olumsuz etkileri vardır.

ELEKTRİK KESINTILERI HANE HALKLARININ REFAHINI DOĞRUDAN AZALTMAKTADIR

Uzun vadede, güvenilir olmayan bir elektrik arzının hane halkı refahı üzerinde olumsuz etkileri vardır. Sık sık yaşanan kesintiler, hane halklarının gece saatlerinde üretken, eğitimsel ve rekreasyonel faaliyetlerde bulunma becerilerini kısıtlamaktadır (Lenz vd. 2017). Güvenilir elektriğe erişim, eşitsizliğin azaltılmasına ve sosyal içermenin teşvik edilmesine yardımcı olabilir. Güvenilir olmayan bir elektrik şebekesi, çoğunlukla kadınlar tarafından gerçekleştirilen ev işleri için gereken süreyi artırmakta ve elektrik şebekelerine bağlı olmanın sağladığı faydaları büyük ölçüde azaltmaktadır (Şekil 3.1). Güney Asya'da Zhang (2019) uzun elektrik kesintilerinin kadınların işgücüne katılımında düşüşle ilişkili olduğunu bulmuştur. Elektrik kesintilerinin sürekliliği, tarım dışı sektörlerdeki fırsatları azaltarak ekonomik dönüşüme yönelik çabaları kısıtlayabilir.

Düşük kaliteli elektrik şebekeleri halk sağlığını da etkilemektedir. Aşırı hava olayları sırasında elektrik kesintileri yaygındır ve bu kesintiler sağlık hizmetlerine erişimi ve ön saflardaki hizmetlerin sürdürülmesini zorlaştırarak sağlıklı etkiler. Maria Kasırgası Porto Rikoyu vurduktan sonra, sağlık hizmetlerine erişimdeki zorluk dolaylı ölümlerin ana nedenlerinden biri olmuştur (Kishore ve ark. 2018). Elektrik kesintileri de dolaylı sağlık ölümlerine neden olmaktadır.

ŞEKİL 3.1 Elektrik kesintileri hanelerin refahına zarar veriyor



Kaynak: Zhang 2019.

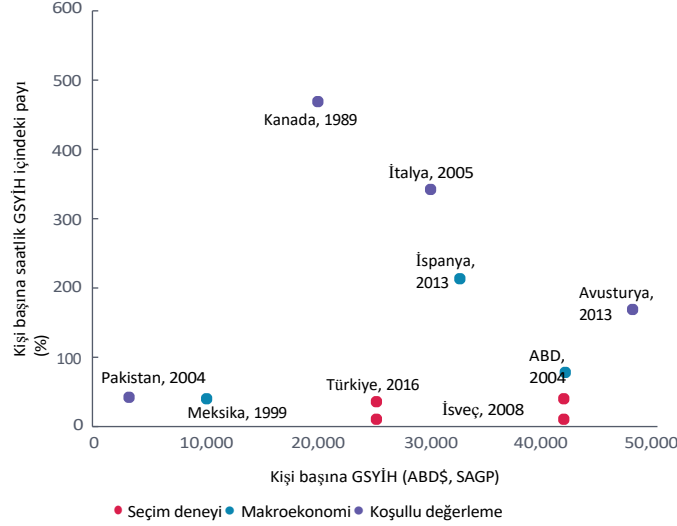
Not: Tahmin Bangladeş'teki hanehalkı anketlerine dayanmaktadır, Hindistan ve Pakistan. Pakistan'da elektrifikasyonun kız çocuklarının çalışma süresi üzerindeki etkileri ve elektrik kesintilerinin kadınların işgücüne katılımı üzerindeki etkileri, veriler mevcut olmadığı için tahmin edilmemiştir.

soğutma kaybı (diğer şeylerin yanı sıra gıda kaynaklı hastalıklara ve aşı bozulmasına yol açar), ısı ve yedek güç üretiminden kaynaklanan emisyonlar nedeniyle daha yüksek hava kirliliği seviyelerinden kaynaklanan etkiler (Farquharson, Jara-millo ve Samaras 2018).

Kesintilerin toplam maliyetinin farklı bileşenleri vardır ve bunların önemi bağlama göre değişir. Pakistan'da haneler için kesintilerin toplam yıllık maliyeti, bir hanenin yıllık harcamalarının yüzde 6,7'sine ulaşmaktadır (Pasha ve Saleem 2013). Bu maliyetin en büyük kaynağı, toplam maliyetin yüzde 56'sını oluşturan kendi kendine üretimdir. Diğer maliyetler arasında, her biri toplam yüzde 22'sini oluşturan kesintiler nedeniyle refah kaybı ve vazgeçilen ekonomik faaliyetler yer almaktadır. Gelir seviyelerine göre ayrıştırma yapıldığında çok farklı bir tablo ortaya çıkmaktadır: daha yoksul için, hizmet kaybının paraya çevrilmesi en büyük kayıp kaynağını oluşturmaktadır - yüzde 44 - çünkü bu haneler genellikle kendi elektriklerini üretememektedir.

Bu rapor için yapılan bir analiz, düşük ve orta gelirli ülkelerdeki elektrik kesintilerinin toplam refah maliyetine ilişkin bir tahmin sunmaktadır (Obolensky vd. 2019). Buna göre

ŞEKİL 3.2 İnsanların bir saat elektriksiz kalmamak için ödeme yapma istekliliğinde büyük farklılıklar vardır



Kaynak: Obolensky ve ark. 2019.

Not: Bir ülke yılı, kişi başına düşen GSYH'nin eksik olmayan en yakın değeriyle eşleştirilir. Ödeme istekliliği tahminlerine ilişkin ek ayrıntılar için Obolensky ve diğerlerine (2019) bakınız.

Elektrik kesintilerinin hane halkları için maliyeti 137 ülke için yıllık GSYH'nin yüzde 0,002'si ile yüzde 0,15'i arasındadır ve bu da yılda 2,3 milyar dolar ile 190 milyar dolar arasında bir rakama karşılık gelmektedir. Bu tahminelektrik kesintilerini önlemek için hanelerin ödeme istekliliğini hesaplayan çeşitli çalışmalara dayanmaktadır. Bu aralığın bu kadar geniş olmasının nedeni, elektrik kesintilerini önlemek için ödeme istekliliğine ilişkin belirsizliktir (Şekil 3.2). Aslında bu değer, katılımcıların zenginliği, elektrik şebekesinin kalitesi ve kesintilerin zamanlaması ve uzunluğu gibi çeşitli parametrelere bağlıdır. Aynı zamanda metodolojiye de bağlıdır; koşullu değerlendirme metodolojileri seçim deneylerinden daha yüksek değerlere yol açmaktadır.

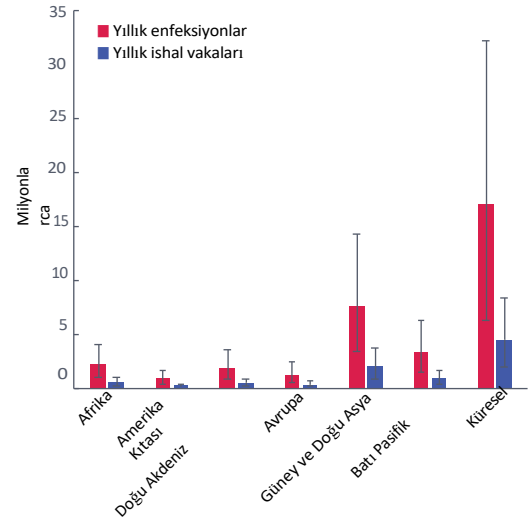
İNSANLARIN SAĞLIĞI VE SU KAYNAĞI GÜVENİLİR OLMADIĞINDA REFAH ZARAR GÖRÜR

Bivins ve diğerleri (2017) tarafından belgelendiği üzere, dünya genelinde 925 milyon insan, neredeyse yarısı Güneydoğu Asya'da olmak üzere, sağlık üzerinde muazzam etkileri olan kesintili su kaynağına sahiptir. Su yetersizliği

rüptürler mikropların suya yerleşmesine neden olur ve bu da su kaynaklı hastalıkların yayılma riskini artırır. Bu patojenlerin mortalite üzerinde güçlü bir etkisi olmasa da, morbiditede önemli faktörlerdir. Bivins ve diğerleri (2017), kesintili su tedarikinin dünyanın her yerinde, özellikle de Güney Asya ve Batı Pasifik'te her yıl birkaç milyon enfeksiyon ve ishal vakasına neden olduğunu tahmin etmektedir (Şekil 3.3). Ayrıca, kesintili su tedarikinin etkileri, kendi tüketimleri için musluk suyuna daha fazla bağımlı olmaları nedeniyle yoksul hanelerde özellikle önemlidir (Ercumen vd. 2015; Jeandron vd. 2015; Nygård vd. 2007).

Belirli su kesintilerine ilişkin vaka çalışmaları, su kesintisi ve düşük su basıncı yaşayan hanelerin ishale yakalanma riskinin daha fazla olduğunu tutarlı bir şekilde ortaya koymaktadır (Şekil 3.4). Örneğin, birçok çalışma sellerin ardından kolera ve *Escherichia coli* enfeksiyonlarının neden olduğu yaygın ishal salgınlarını belgelemiştir (Ahern vd. 2005; Qadri vd. 2005).

ŞEKİL 3.3 Kesintili su temini dünyanın çeşitli bölgelerinde önemli sağlık riskleri oluşturmaktadır



Kaynak: Bivins ve ark. 2017'den uyarlanmıştır.

Not: Bu şekil kesintili su tedarikinin sağlık üzerindeki etkisini göstermektedir. Siyah çizgiler yüzde 95 güven aralıklarını temsil etmektedir.

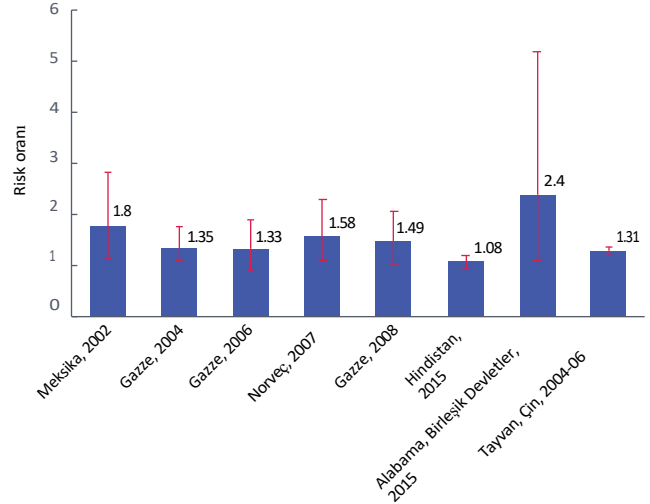
Yetersiz drenaj sistemleri, özellikle aşırı kalabalık mahallelerde durumu daha da kötüleştirmektedir. Darüselam'da yağmur mevsimi boyunca su birikme ve mahalleleri su altında bırakma eğilimindedir. Hastane kayıtları, sellerin yaygın olduğu yağmurlu aylarda su kaynaklı hastalıkların görülme sıklığının önemli ölçüde arttığını ve bu etkinin sel riskinin daha yüksek ve altyapının zayıf olduğu mahallelerde daha güçlü olduğunu göstermektedir (Picarelli, Jaupart ve Chen 2017). Yağmurlar sele neden olduğunda sıhhi atıklar taşıdığı için akıntı yönünde bulunan konutlar en kötü etkilenenlerdir. Kolera, mantar, cilt enfeksiyonları ve ishal bu hanelerin üyeleri için yaygın bir sonuçtur. Kesintili su tedarikinin neden olduğu su kaynaklı hastalıkların ekonomik maliyetini belirlemek zordur, ancak kesintili su tedarikinin neden olduğu hastalık vakalarının sayısı (Şekil 3.3) ile tahmini tedavi maliyetleri ve hasta veya bakıcı için üretken iş kaybıyla ilişkili tahmini maliyetler birleştirilerek tahmin edilebilir.¹ Bu analiz kapsamındaki düşük ve orta gelirli ülkeler için maliyet yılda 3 milyar ila 6 milyar dolar arasındadır (Obolensky ve ark. 2019). Bu nispeten sınırlı değer, etkilenen insanların düşük gelirlerinden kaynaklanmakta ve hasta olmanın refahı nasıl etkilediğini hesaba katmamaktadır.

Orada olmalı-düşük bir tahmin olarak kabul edilebilir.

Merkezi bir su kaynağı kesintiye uğradığında, insanların alternatif su kaynaklarına bel bağlamaktan başka çaresi kalmaz; bu kaynaklar da borularla taşınan sudan 10-100 kat daha pahalı olabilir (Kjel- len 2000; UN-Habitat 2003). Çoğu şehirde insanlar su bütçelerine, sokak ya da tankerlere güvenmek zorundadır. Bazı haneler kendi kuyularını kullanabilmektedir, ancak pompalama için gerekli enerji pahalı olabilmektedir. Bu parasal maliyetlere ek olarak, su getirmek için harcanan zamanın değeri ve bu tür görevlerin genellikle kadınlar tarafından yerine getiriliyor olması, cinsler arası eşitsizliği pekiştirmektedir².

Ödeme istekliliği tahminleri, su kesintileri için toplam refah maliyetinin aşağıdakiler arasında olduğunu göstermektedir

ŞEKİL 3.4 Su kesintileri daha yüksek ishal riski ile bağlantılıdır



Kaynak: Bivins ve ark. 2017'den uyarlanmıştır.

Not: Bu şekil, kesintili su kaynağına sahip hanelerdeki ishale yakalanma riskini güvenilir su kaynağına sahip hanelerdeki riskle karşılaştırmaktadır. Örnek vermek gerekirse, Meksika'da kesintili su kaynağına sahip bir hanenin ishale yakalanma riski, güvenilir su kaynağına sahip bir haneye göre 1,8 kat daha fazladır.

123 ülke için GSYH'nin yüzde 0,11'i ve yüzde 0,19'u, bu da sırasıyla yılda 88 milyar dolar ve 153 milyar dolara karşılık gelmektedir. Burada belirsizlik muhtemelen bu aralığın gösterdiğinden daha büyüktür çünkü su dağıtım hizmetlerini iyileştirmek için ödeme istekliliğine ilişkin mevcut değerlendirmeler sadece suyla ilgili sağlık sorunlarının daha az yaygın olduğu yüksek gelirli ülkelerde yapılmıştır.

ULAŞIMDAKİ AKSAKLIKLAR ZAMAN, GELİR VE HİZMETLERE ERIŞİM KAYBINA YOL AÇAR

Ulaşım kesintileri, daha uzun seyahat sürelerine, boşa harcanan yakıta ve kaçırılan iş fırsatlarına yol açtığı için hane halkları için maliyetlidir. 2013 yılında Britanya, Fransa, Almanya ve Almanya'daki sürücüler

ABD metropollerinde ortalama 36 saat trafik sıkışıklığı yaşamıştır (Cebr 2014). Ek planlama süresi dahil edildiğinde, tıkanıklık nedeniyle kaybedilen zaman üç kat artarak 111 saate çıkmaktadır.³ Bu tahminlere göre, Almanya, Birleşik Krallık ve Birleşik Devletler'deki tıkanıklık

Eyaletlerde bu maliyet 2016 yılında yaklaşık 450 milyar dolar veya kişi başına 971 dolar olmuştur (INRIX Research 2018).

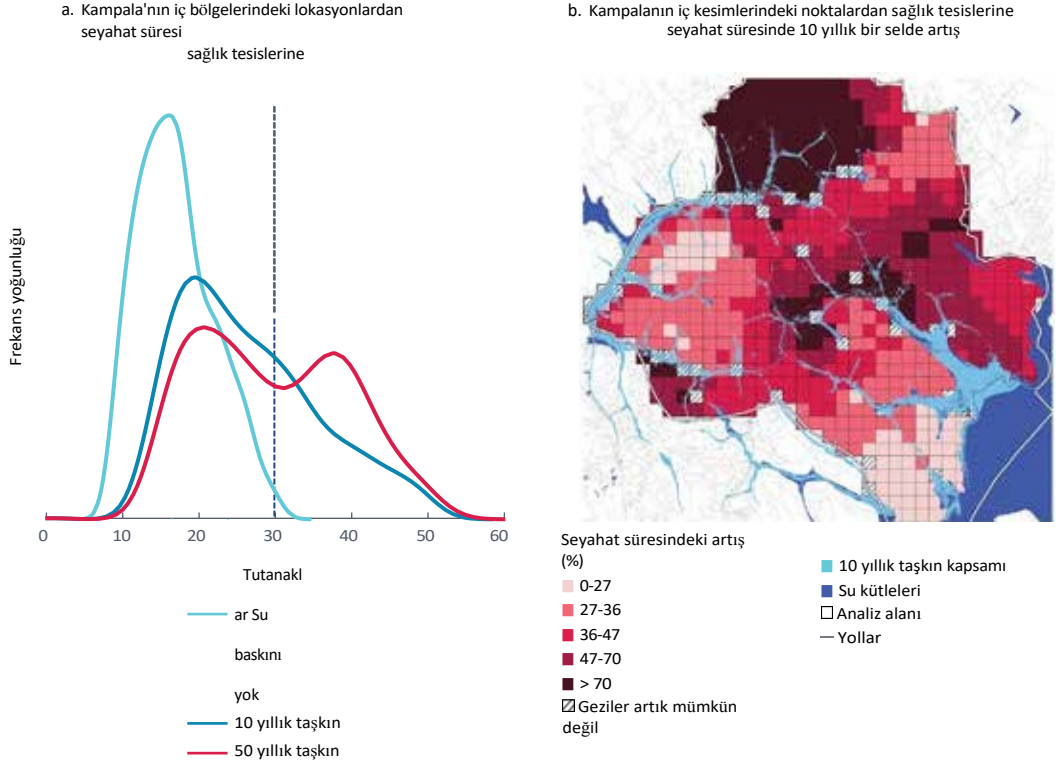
Düşük ve orta gelirli ülkelerdeki başkentler trafik aksamaları ve sıkışıklığından en çok zarar gören yerlerdir çünkü bu şehirlerdeki yollar ve toplu taşıma sistemleri nüfus artışına ayak uyduramamıştır. Tayland'da sürücüler en yoğun seyahat saatlerinde trafik sıkışıklığı nedeniyle yılda ortalama 56 saat kaybetmektedir. Endonezya ve Kolombiya sırasıyla 51 ve 49 saat ile ikinci ve üçüncü sırada yer almaktadır (Cebr 2014).

Ulaşımdaki aksaklıklar, insanların hastanelere ve sağlık tesislerine hızlı bir şekilde ulaşma kabiliyetini etkilediğinde ölüm kalım meselesi haline gelebilmektedir. Bir ağ analizine dayanan Rentschler, Braese ve diğerleri (2019), Kampala'nın iç kesimlerdeki neredeyse tüm bölgelerden bir hastaneye ortalama seyahat süresinin arabayla 30 dakikadan az olduğunu tahmin etmektedir (Şekil 3.5). Bununla birlikte, bir

10 yıllık sel - ortalama her 10 yılda bir meydana gelen sel - yol ağının bozulması, seyahat sürelerinin önemli ölçüde uzaması anlamına gelir. Acil durum müdahalelerinde yaygın bir kural, hayatı tehdit eden sağlık olaylarında hayatta kalma oranının, altın saat olarak adlandırılan olaydan 60 dakika sonra önemli ölçüde düşmesidir (Campbell 2017). Kampala'nın iç kesimlerinde yaşayanların yaklaşık üçte biri için, 10 yıl sürecek bir sel felaketinden kaynaklanan yol kesintileri, hastaneye seyahat sürelerinin altın saati aşacağı anlamına gelecektir.⁴

Özetle, altyapı aksaklıklarının hem firmalar üzerindeki etkileri ve istihdam ve gelir üzerindeki sonuçları yoluyla dolaylı olarak hem de insanların sağlığı ve refahı yoluyla doğrudan hane halklarını etkilediği tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu aksaklıkların azaltılması bir politika önceliği olmalıdır.

ŞEKİL 3.5 Ulaşımdaki aksaklıklar ölüm kalım meselesi haline gelebilir



Kaynak: Rentschler, Braese ve diğerleri 2019.

Not: Bu şekil, farklı sel senaryoları sırasında Kampala'nın içinden sağlık tesislerine olan ortalama seyahat sürelerini göstermektedir. Panel a'da dikey çizgi "altın saati" (büyük bir sağlık acil durumunda hayatta kalmayı en üst düzeye çıkaran zaman aralığı) göstermektedir, Ambulanların hastaneden başlayarak bir dönüş yolculuğunu tamamladıkları varsayılmaktadır. Eğriler, tüm konumlardan seyahat sürelerinin temsil eden frekans yoğunluklarını göstermektedir.

Bu da nedenlerinin daha iyi anlaşılmasını gerektirir. Bu rapor için özellikle ilgi çekici olan, bir sonraki bölümün konusu olan doğal tehlikelerin bu kırılmalara neden olmadaki rolüdür.

NOTLAR

1. İshalli bir hastalığın hasta veya bakıcı için dört ila yedi gün arasında iş kaybına yol açtığı ve tedavi maliyetlerinin 2 ila 4 dolar arasında olduğu varsayılmaktadır (Rozenberg ve Hallegatte 2015).
2. Su getirmek için harcanan zamana ilişkin veriler genellikle boru hattı bağlantısı olmayan kırsal haneler içindir. Su kesintisi yaşayan bağlı haneler için gereken süreye ilişkin herhangi bir tahmin tespit edilememiştir.
3. Planlama zamanı, sürücülerin zamanında varmak için daha erken yola çıkmaları gerektiğinde (burada zamanın en az yüzde 95'i) seyahat hızındaki belirsizlik nedeniyle kaybedilen zamandır.
4. Ambulansların hastanelerde konuşlandığı ve tek yönlü seyahat süresinin en az 30 dakika olduğu varsayıldığında, gidiş-dönüş bir yolculuk 60 dakika eşitini aşacaktır.

REFERANSLAR

- Ahern, M., R. S. Kovats, P. Wilkinson, R. Few ve F. Matthies. 2005. "Sellerin Küresel Sağlık Etkileri: Epidemiyolojik Kanıtlar." *Epidemiyolojik İncelemeler* 27 (1): 36-46. <https://doi.org/10.1093/epirev/mxi004>.
- BenYishay, A., ve R. Tunstall. 2011. "Altyapı Yatırımlarının Etki Değerlendirmesi: The Experience of the Millennium Challenge Corporation." *Kalkınma Etkinliği Dergisi* 3 (1): 103-30. <https://doi.org/10.1080/19439342.2010.545892>.
- Birch, E. L. 2011. *Kadınlar için Sağlıklı Kentlerin Tasarımı: Kadın Sağlığı ve Dünya Kentleri*. Philadelphia: Pennsylvania Üniversitesi Yayınları.
- Bivins, A. W., T. Sumner, E. Kumpel, G. Howard, O. Cumming, I. Ross, K. Nelson ve J. Brown. 2017. "QMRA Kullanılarak Enfeksiyon Risklerinin ve Akışkanlar Arası Su Teminine Atfedilebilecek İshalli Hastalıkların Küresel Yükünün Tahmin Edilmesi." *Environmental Science and Technology* 51 (13): 7542-51. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b01014>.
- Campbell, J. 2017. *Acil Bakım Sağlayıcıları için Uluslararası Travma Yaşam Desteği, Global Baskı*. New York: Pearson Education Limited.
- Cebr (Ekonomi ve İşletme Araştırmaları Merkezi). 2014. "2030'da Tıkanıklığın Gelecekteki Ekonomik ve Çevresel Maliyetleri." INRIX için Rapor
- Araştırma, Cebr, Londra. [https://www.ibtta.org/sites/default/files/documents/MAF/Costs-of-Congestion-INRIX-Cebr-Report %283%29.pdf](https://www.ibtta.org/sites/default/files/documents/MAF/Costs-of-Congestion-INRIX-Cebr-Report%283%29.pdf).
- Chant, S. 2007. *Küresel Güney'de Toplumsal Cinsiyet, Şehirler ve Binyıl Kalkınma Hedefleri*. Londra: London School of Economics. <http://www.lse.ac.uk/collections/GenderInstitute>.
- Cornman-Levy, D., G. R. Dyrness, J. Golden, D. Gouverneur ve J. A. Grisso. 2011. *Dönüşen Kentsel Çevreler. Kadın Sağlığı ve Dünya Kentleri*. Philadelphia: Pennsylvania Üniversitesi Yayınları.
- Ercumen, A., B. F. Arnold, E. Kumpel, Z. Burt, I. Ray, K. Nelson ve J. M. Colford Jr. 2015. "Borulu Su Temininin Aralıklı Dağıtımdan Sürekli Dağıtıma Yükseltilmesi ve Su Kaynaklı Hastalıklarla İlişkisi: Kentsel Hindistan'da Eşleştirilmiş Bir Kohort Çalışması." *PLoS Medicine* 12 (10): e1001892. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001892>.
- Farquharson, D., P. Jaramillo, ve C. Samaras. 2018. "Sahra Altı Afrika'da Elektrik Kesintilerinin Sürdürülebilirlik Etkileri." *Nature Sustainability* 1 (10): 589-97. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0151-8>.
- Gannon, C. A., ve Z. Liu. 1997. *Poverty and Transport*. Washington, DC: Dünya Bankası.
- INRIX Araştırma. 2018. "INRIX Küresel Trafik Puan Kartı." *INRIX Küresel Trafik Karnesi*. Kirkland, WA, Şubat. <https://media.bizj.us/view/img/10360454/inrix2016trafficscorecarden.pdf>.
- Jalan, J., ve M. Ravallion. 2003. "Borulu Su Hindistan Kırsalındaki Çocukların İshalini Azaltır mı?" *Ekonomi Dergisi* 112 (1): 153-73.
- Jeandron, A., J. M. Saidi, A. Kapama, M. Burhole, F. Birembano, T. Vandevelde, A. Gasparini, B. Armstrong, S. Cairncross ve J. H. J. Ensink. 2015. "Su Temini Kesintileri ve Şüpheli Kolera İnsidansı: Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nde Zaman Serisi Regresyonu." *PLoS Medicine* 12 (10): 1-16. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001893>.
- Kishore, N., D. Marqués, A. Mahmud, M. V. Kiang, I. Rodriguez, A. Fuller, P. Ebner, C. Sorensen, F. Racy, J. Lemery, L. Maas, J. Leaning, R. Irizarry, S. Balsari, ve C. O. Buckee. 2018. "Maria Kasırgası Sonrası Porto Riko'da Ölüm Oranı." *New England Journal of Medicine* 379 (2): 162-70. <https://doi.org/10.1056/NEJMsa1803972>.
- Kjellen, M. 2000. "Tanzanya, Darüsselam'da Tamamlayıcı Su Sistemleri: Su Otomati Örneği." *Uluslararası Su Kaynakları Geliştirme Dergisi* 16 (1): 143-54. <https://doi.org/10.1080/07900620048626>.

- Lenz, L., A. Munyehirwe, J. Peters ve M. Sievert. 2017. "Büyük Ölçekli Altyapı Yatırımları Yoksulluğu Azaltır mı? Ruanda'nın Elektrik Erişiminin Yaygınlaştırılması Programının Etkileri." *World Development* 89 (C): 88-110. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.08.003>.
- Levy, H. 2004. "Fas'ta Kırsal Yollar ve Yoksulluğun Azaltılması." Çalışma Belgesi 30817, Dünya Bankası, Washington, DC.
- McIlwaine, C. 2013. "Kentleşme ve Toplumsal Cinsiyete Dayalı Şiddet: Küresel Güney'deki Paradoksları Keşfetmek." *Çevre ve Şehircilik* 25 (1): 65-79. <https://doi.org/10.1177/0956247813477359>.
- Nygård, K., E. Wahl, T. Krogh, O. A. Tveit, E. Böhleng, A. Tverdal, ve P. Aavitsland. 2007. "Su Dağıtım Sistemlerindeki Kesintiler ve Bakım Çalışmaları ve Gastrointestinal Hastalıklar: Bir Kohort Çalışması." *International Journal of Epidemiology* 36 (4): 873-80. <https://doi.org/10.1093/ije/dym029>.
- Obolensky, M., A. Erman, J. Rozenberg, P. Avner, J. Rentschler, ve S. Hallegatte. 2019. "Altyapı Kesintileri: Hanehalkları Üzerindeki Etkileri." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Pasha, H. A., ve W. Saleem. 2013. "Elektrik Yükünün Azaltılmasının Yurtiçi Tüketicilere Etkisi ve Maliyeti." *Pakistan Kalkınma İncelemesi* 52 (4): 355-73.
- Picarelli, N., P. Jaupart, ve Y. Chen. 2017. "Sel Zamanlarında Kolera: Dar es Salaam'da Hava Şokları ve Sağlık." IGC Çalışma Belgesi C-4040-TZA-1, Uluslararası Büyüme Merkezi, Londra.
- Poder, T., ve J. He. 2011. "Sıhhi Altyapı Çocuklarda Yetersiz Beslenmeyi ve Sağlık Eşitsizliklerini Nasıl Azaltabilir? Guatemala'dan Kanıtlar." *Kalkınma Etkinliği Dergisi* 3 (4): 543-66.
- Qadri, F., A. I. Khan, A. S. G. Faruque, Y. A. Begum, F. Chowdhury, G. B. Nair, M. A. Salam, D. A. Sack ve A.-M. Svennerholm. 2005. "Entero-toksijenik Escherichia Coli ve Vibrio Cholerae İshali, Bangladeş, 2004." *Gelişmekte Olan Bulaşıcı Hastalıklar* 11 (7): 1104-07. <https://doi.org/10.3201/eid1107.041266>.
- Rentschler, J., J. Braese, N. Jones ve P. Avner. 2019. "Üç Ayak Altında: Üç Ayağın Altında Kentsel İşler, Bağlantı ve Altyapı Üzerinde Sel Baskını." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Roberts, M., M. Melecky, T. Bougna ve Y. Xu. 2018. "Ulaşım Koridorları ve Daha Geniş Eko nomik Faydaları: Litera- türün Eleştirel Bir İncelemesi." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 8302, Dünya Bankası, Washington, DC, Ocak. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-8302>.
- Rozenberg, J., ve S. Hallegatte. 2015. "İklim Değişikliğinin 2030'da Yoksulluk Üzerindeki Etkileri ve Hızlı, Kapsayıcı ve İklim Bilinçli Kalkınma Potansiyeli." Policy Research Working Paper 7483, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Samad, H. A. ve F. Zhang. 2016. "Elektrifikasyonun Faydaları ve Güvenilirliğin Rolü: Hindistan'dan Kanıtlar." Policy Research Working Paper 7889, Dünya Bankası, Washington, DC. <http://documents.worldbank.org/curated/en/980911479147772730/Benefits-of-electrification-and-Hindistan'dan-guvenilirlik-kanitlarinin-rolu>.
- Sommer, M., S. Ferron, S. Cavill ve S. House. 2015. "Şiddet, Toplumsal Cinsiyet ve WASH: Karmaşık, Az Belgelenmiş ve Hassas Bir Konuda Eylemi Teşvik Etmek." *Çevre ve Şehircilik* 27 (1): 105-16. <https://doi.org/10.1177/0956247814564528>.
- UN-Habitat (Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri). 2003. *Dünya Kentlerinde Su ve Sanitasyon: Küresel Hedefler için Yerel Eylem*. Abingdon-on-Thames: Routledge.
- Volpe Martincus, C., ve J. S. Blyde. 2012. "Sallanan Yollar ve Titreyen İhracat: Doğal Bir Deney Kullanarak Yurtiçi Altyapının Ticaret Etkilerinin Değerlendirilmesi." Inter-American Development Bank, Washington, DC. <http://publications.iadb.org/handle/11319/4650>.
- Dünya Bankası. 2019. *Sahra Altı Afrika'da Ekonomik Dönüşüm için Elektrik Alımı*. Afrika Kalkınma Forumu. Washington, DC: Dünya Bankası.
- Zhang, F. 2019. *Karanlıkta: Enerji Sektöründeki Çarpıklıklar Güney Asya'ya Ne Kadar Mal Oluyor?* Güney Asya Kalkınma Forumu. Washington, DC: Dünya Bankası Grubu. <https://doi.org/doi:10.1596/978-1-4648-1154-8>.

Doğal Şoklar Altyapı Aksaklıklarının ve Hasarlarının Başlıca Nedenidir

4

Su ana kadar, bu rapor altyapı kesintilerinin maliyetinin aşağıdakiler arasında değiştiğini göstermiştir. Verilerin mevcut olduğu düşük ve orta gelirli ülkelerde ve ölçülebilen etki türleri için 391 milyar ila 647 milyar dolar. Bu tahminler eksik olsa da, güvenilir olmayan altyapının düşük ve orta gelirli ülkelerdeki insanlara yüklediği önemli maliyetleri vurgulamaktadır. Peki doğal tehlikeler bu aksaklıklarda nasıl bir rol oynuyor? Bu soruya küresel olarak ve tüm sektörler için cevap vermek mümkün olmasa da, birçok vaka çalışması doğal şokların altyapı kesintilerine neden olmadaki önemini belgelemektedir.

Altyapı kesintilerinin bir dizi nedeni olabilir. Kavramsal olarak dört neden kategorisi ayırt edilebilir: insan yapımı dış şoklar olan kazalar, altyapı sistemlerinin işlevselliğinin bir kısmının bozulduğu sistem arızaları, kasıtlı dış saldırılar ve doğal şoklar (Şekil 4.1).

Bu tür şokların önemi farklı altyapı türleri ve farklı ülkeler arasında ve hatta yıldan yıla değişmektedir. Kapsamlı veri eksikliği, doğal şokların neden olduğu altyapı kesintilerinin payını doğru bir şekilde tahmin etmeyi zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte, mevcut olan az sayıdaki veriden hareketle birkaç genel gözlem yapmak mümkündür:

- *Düşük gelirli ülkelerde* altyapı kesintilerinin en sık nedeni sistem arızalarıdır. Normal çalışma koşullarında bile, sistemler doğası gereği kırılgandır, ekipman arızasına eğilimlidir ve

kapasite kısıtlarına hızla ulaşabilir. Nispeten küçük dış şoklar bile arızaları tetikleyebilir. Doğal şoklara karşı dayanıklılık eksikliği, daha genel anlamda güvenilirlik eksikliği ile yakından bağlantılıdır - örneğin, teknik yükseltmeler veya bakım için yatırım eksikliği.

- *Yüksek gelirli ülkelerde*, doğal şoklar altyapı kesintilerinin önde gelen nedenlerindendir. Sistemler normal çalışma koşullarında istikrarlı olma eğilimindedir, güvenilir hizmetler sunar ve nispeten az sayıda dahili sistem arızasına maruz kalır. Yine de dış şoklar, özellikle bakım ihmal edildiğinde, sistemlerin işlevselliğini etkilemeye devam eder.
- *Orta gelirli ülkeler* geçiş aşamasında olma eğilimindedir, bu da altyapı kesintilerinin etkilerinin özellikle büyük olduğu anlamına gelmektedir. Altyapı sistemlerinin güvenilirliği ve dayanıklılığı hızlı ekonomik, kentsel ve demografik gelişmelere ayak uyduramayabilir.

ŞEKİL 4.1 Altyapı kesintilerinin nedenlerinin sınıflandırılması

grafik büyümesi, yani sık sık yaşanan kesintiler ekonomik faaliyet ve refah üzerinde yaygın hasara neden olmaktadır.

Bu bölüm, doğal şokların rolüne odaklanarak bu konuları ayrıntılı olarak incelemektedir. Ayrıca doğal afetlerin altyapı varlıklarına verdiği doğrudan zararı ve bunun tamir ve bakım maliyetlerine yansımaları da incelemektedir. Temel bulgular, çoğu ülkede doğal şokların altyapı kesintilerinin önemli ve genellikle başlıca nedeni olduğudur. Ayrıca, elektrik, su, ulaşım ve telekomünikasyon altyapısının önemli bir kısmı doğal tehlikelere maruz kalan bölgelerde yer almaktadır ve afet sonrası onarımlar, altyapı hizmetlerine evrensel erişime giden yolda önemli bir engel teşkil etmektedir.

ENERJİ SEKTÖRÜ DOĞAL TEHLİKELERE KARŞI OLDUKÇA HASSASTIR

Elektrik sektöründe, bu rapor için yapılan analizler fırtınaların dünya çapında kesintilerin nedeni olduğunu ortaya koymaktadır. Belçika, Hırvatistan, Portekiz, Slovenya ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kesintilerin yüzde 50'sinden fazlası hasarlı iletim ağlarından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, elektrik üretim altyapısına ilişkin küresel bir risk analizi, her yıl

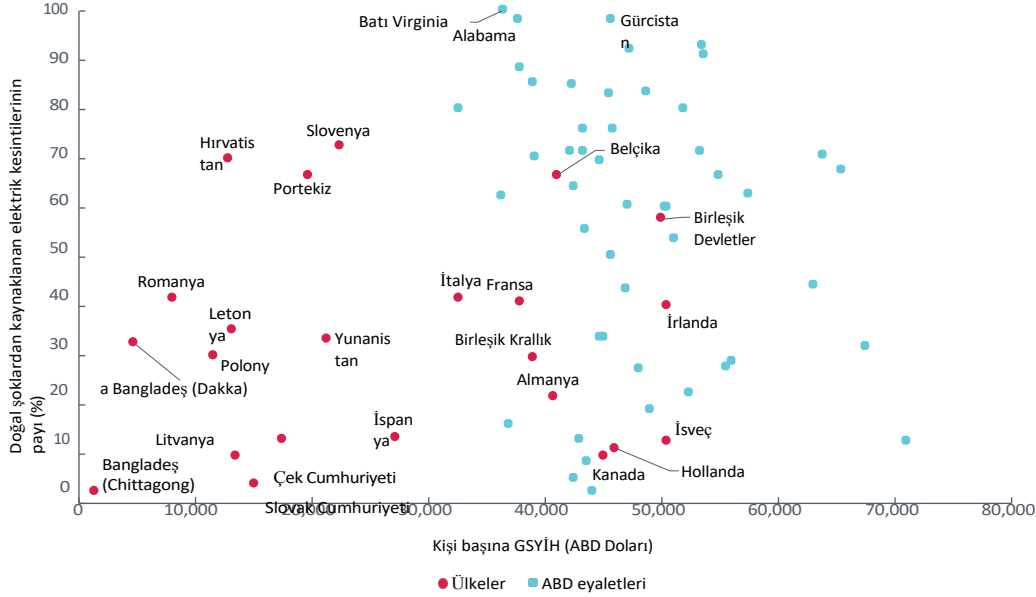
ortalama 15 milyar dolarlık varlık doğal tehlikeler nedeniyle risk altındadır.

Şiddetli hava olayları, özellikle de fırtınalar, elektrik kesintilerinin başlıca nedenleri

Fırtınaların ürettiği yüksek rüzgar hızları, uçan molozlar hatlara çarptığında veya iletim direkleri hasar gördüğünde elektrik iletimini ve dağıtımını bozabilir. Yıldırım iletkenlere çarpabilir ve kısa devreler yoluyla hatların bağlantısını keserek voltaj dalgalanmalarına yol açabilir ve ek ekipmanlara zarar verebilir (Panteli ve Mancarella 2015). Devrilen ağaçlar bir diğer önemli kesinti kaynağıdır. Amerika Birleşik Devletleri için yaklaşık 20 yıllık elektrik kesintisi verilerini inceleyen Rentschler, Obolensky ve Kornejew (2019), yoğun orman örtüsüne sahip eyaletlerin özellikle fırtınalar sırasında kesinti yaşama olasılığının yüksek olduğunu tespit etmiştir.

Doğal şoklardan kaynaklanan elektrik kesintilerinin payı yüzde 0 ila yüzde 100 arasında değişebilmektedir; ancak bu rapor için üretilen kanıtlara göre ülke düzeyindeki tahminlerin çoğu yüzde 10 ila yüzde 70 aralığındadır (şekil 4.2). 2000 ve 2017 yılları arasında Amerika Birleşik Devletleri'nde kaydedilen tüm elektrik kesintisi olaylarının yüzde 55'i doğal şoklardan, yüzde 44'ü ise doğal olmayan nedenlerden kaynaklanmıştır (şekil 4.3).

ŞEKİL 4.2 Doğal şokların neden olduğu elektrik kesintilerinin payı ülkeler arasında önemli farklılıklar göstermektedir



Kaynak: Rentschler, Obolensky ve Kornejew 2019.

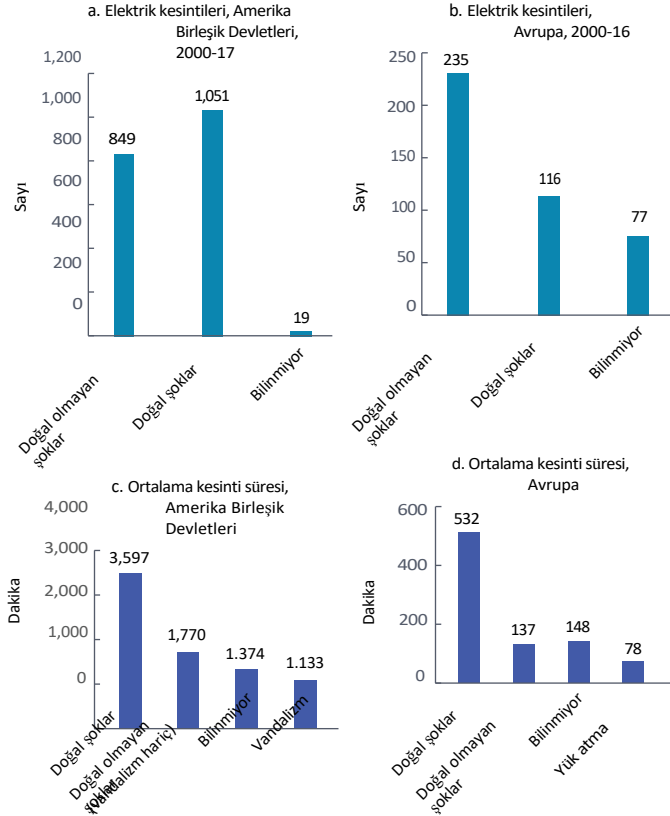
Sürelerine gelince, Amerika Birleşik Devletleri'nde 2000-2017 yılları arasında doğal şokların neden olduğu elektrik kesintileri ortalama 2,5 gün sürmüştür. Bu, doğal şoklardan kaynaklanan kesintilerin doğal olmayan nedenlerden kaynaklanan kesintilerin iki katından fazla ve vandalizmden kaynaklanan kesintilerin üç katı sürdüğü anlamına gelmektedir. Kısacası, 2000 ile 2017 yılları arasında kaydedilen toplam kesinti süresinin yüzde 74'ü doğal şoklardan kaynaklanmıştır. Avrupa'da 2010-2016 yılları arasında iklim kaynaklı kesintiler ortalama 409 dakika sürmüş ve doğal olmayan dış nedenlerden kaynaklanan kesintilerin neredeyse dört katı uzun sürmüştür. Dönem boyunca, doğal şoklar, ele alınan Avrupa ülkelerindeki toplam kesinti süresinin yüzde 37'sinden sorumlu olmuştur.

Ancak Bangladeş gibi gelişmekte olan ülkelerde, doğal şoklar elektrik kesintilerinin daha küçük bir kısmını oluşturmaktadır; bunun nedeni enerji sistemlerinin daha dirençli olması değil, sistem arızalarının ve doğal olmayan faktörlerin enerji kullanıcılarının

günlük kesintiler (Şekil 4.4). Bangladeş'in önemli bir kıyı şehri olan Chittagong'da fırtınaların tüm kesintilerin yüzde 4'ü kadar azına neden olduğu tahmin edilmektedir (Rentschler, Obolensky ve Kornejew 2019). Dünya Bankası'nın İşletme Anketleri, Dakka'da yıl boyunca günde ortalama iki kesinti meydana geldiğini göstermektedir. Bununla birlikte, Nisan ve Mayıs aylarındaki fırtına sezonunda, kesintiler önemli ölçüde daha sık görülmektedir (her ne kadar şehrin aynı bölgelerinde meydana gelmeseler de). Başka bir deyişle, parçalı bir sistem sadece doğal şoklara karşı değil, aynı zamanda karşılanamayan talep, ekipman arızası ve kazalar gibi bir dizi diğer stres faktörü ve şoka karşı da savunmasızdır.

Çoğu düşük ve orta gelirli ülke için sınırlı veri, elektrik kesintileri ve fırtınalar arasındaki bağlantının ölçülmesini engellemektedir. Yine de bu ülkelerde bir fırtınanın yüksek gelirli ülkelere kıyasla daha şiddetli bir etki yaratması muhtemeldir. Eskiye ekipmanlar, bakım eksikliği, şebekenin hızla genişlemesi ve aşırı talep nedeniyle

ŞEKİL 4.3 Doğal şoklardan kaynaklanan elektrik kesintileri diğer nedenlerden kaynaklanana kıyasla çok daha uzun sürmektedir
Amerika Birleşik Devletleri ve 26 Avrupa ülkesinde nedene göre toplam elektrik kesintisi süresi



Kaynak: Rentschler, Obolensky ve Kornejew 2019.

Not: Avrupa ülkeleri AB-28 (Bulgaristan, Danimarka ve Macaristan hariç) ve Sırbistan'ı kapsamaktadır.

sınırlı elektrik üretim kapasitesi gibi faktörlerin hepsi güvenilirliği azaltan ve doğal şoklara karşı hassasiyeti artıran faktörlerdir. Ancak bu faktörler aynı zamanda düşük gelirli ülkelerdeki enerji sistemlerinin tipik olarak sık kesintilerle karakterize olduğu anlamına gelmektedir. Sonuç olarak, doğal şoklardan kaynaklanan kesintilerin toplam kesinti sayısı içinde yüksek gelirli ülkelere kıyasla daha küçük bir paya sahip olması beklenebilir.

Bu, doğal tehlikelere karşı dayanıklılığın düşük ve orta gelirli ülkelerde bir sorun olmadığı anlamına gelmez. Güç sistemleri gerçekten de

Bu ülkeler doğal şoklara karşı zengin ülkelere kıyasla daha savunmasızdır ve doğal tehlikeler çok sayıda kesintiden sorumlu olabilir. Örneğin, aynı fırtınalar

Bangladeş'te kesintilere yol açma olasılığı Amerika Birleşik Devletleri'ne kıyasla çok daha yüksektir (Şekil 4.5). Saatte 25 kilometreyi rüzgar hızları Bangladeş'te Amerika Birleşik Devletleri'ne kıyasla altı kat daha fazla kesintiye yol açmaktadır. Eşik saatte 35 kilometrenin üzerindeki rüzgarlara yükseltildiğinde aradaki fark daha da açılmaktadır. Bu noktada, Bangladeşli tüketicilerin elektrik kesintisi yaşama olasılığı ABD'li tüketicilere göre 11 kat daha fazladır.

Düşük ve orta gelirli ülkelerdeki enerji sistemlerinin daha kırılgan olması, sık görülen olayların bile büyük yıkıcı etkileri olduğu anlamına gelmektedir. Bangladeş'te şiddetli siklonlar elektrik santrallerine ve elektrik dağıtım şebekelerine zarar vermektedir. Her yıl Nisan ve Mayıs aylarında meydana gelen poyraz fırtınaları gibi nispeten sık görülen fırtına olayları bile elektrik kesintilerinin görülme sıklığını önemli ölçüde artırmaktadır. Bu fırtınalar, yerel ancak şiddetli etkileri ile bilinmektedir.

rüzgarlar ve yıldırımlar, sig-
Mart 2019'da yaşanan ve 6.000 iletişim kulesinin elektriğe erişimini kaybettiği son olayda görüldüğü gibi, elektrik iletim ve dağıtım sistemlerinde önemli hasarlar meydana geldi (*Dhaka*

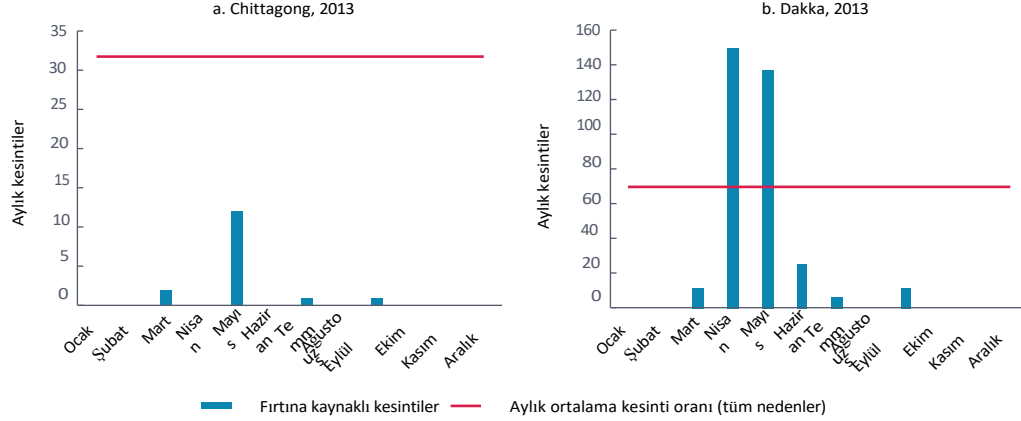
Tribune 2019). Aslında, bu poyrazlar fırtına kaynaklı elektrik kesintilerinin ana nedeni gibi görünmektedir (Şekil 4.6).

Doğal tehlikeler enerji üretim varlıklarına da zarar verir

Peki ya doğal şokların enerji üretim varlıkları üzerindeki etkisi? Bu rapor için yapılan bir analizde Nicolas, Koks diğerleri (2019), enerji üretim altyapısının doğal tehlikelere önemli ölçüde maruz kaldığını göstermektedir. Enerji santrallerinin konumunu saptamak için Dünya Kaynakları Enstitüsü'nün Küresel Enerji Santrali Veri Tabanı'nı kullanan çalışma, santrallerin çok çeşitli tehlikelere (siklonlar, depremler dahil) maruziyetini değerlendiriyor,

ŞEKİL 4.4 Doğal şoklar Bangladeş'teki elektrik kesintilerinin yalnızca bir kısmını açıklamaktadır

Chittagong ve Dakka'da fırtına kaynaklı kesintilerin sayısı, tüm nedenlerden kaynaklanan yıllık ortalama kesintilerle karşılaştırıldığında



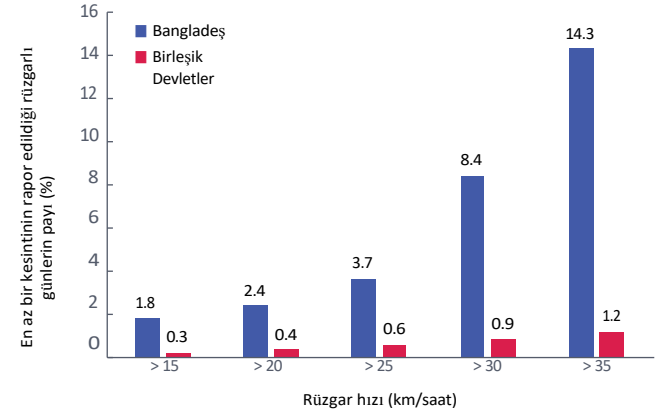
Kaynak: Rentschler, Obolensky ve Kornejew 2019.

seller, aşırı sıcaklar, kuraklıklar, volkanik patlamalar, tsunamiler ve orman yangınları).

Bir enerji santrali aşağıdaki durumlarda maruz kalmış sayılır

(1) varlığın türü bir tehlikeye karşı savunmasız olarak kabul edilir (örneğin, bir rüzgar santrali asla kuraklığa maruz kalmış olarak kabul edilmez) ve (2) bulunduğu alan, Afet Azaltma ve İyileştirme Küresel Tesisi'nin ThinkHaz- ard! veri tabanında ilgili tehlike için "yüksek" tehlike seviyesine sahiptir. Bir ülkedeki maruz kalan kapasite, her bir tehlikeye maruz kalan santrallerin kapasitesinin toplanması ve bu toplamın ülkedeki toplam üretim kapasitesine bölünmesiyle hesaplanır. Enerji santralleri birden fazla tehlikeye maruz (bir rüzgar santralinin fırtına ve sele maruz kalması gibi) maruz kalan kapasite yüzde 100'ü aşabilir.

Çalışma, birçok ülkenin elektrik üretim kapasitesinin büyük bir kısmının tehlikelere maruz kaldığını ve birden fazla tehlikenin varlığı nedeniyle bu oranın genellikle yüzde 100'ü aştığını ortaya koymaktadır (harita 4.1). Çoğu ülkede sel ve kıyı taşkınları, çoğu ada devletinin yanı sıra Meksika ve Amerika Birleşik Devletleri'nde siklonlar, Kuzey Afrika ve Asya'nın çoğunda ise aşırı sıcaklar ve su kıtlığı hakimdir.

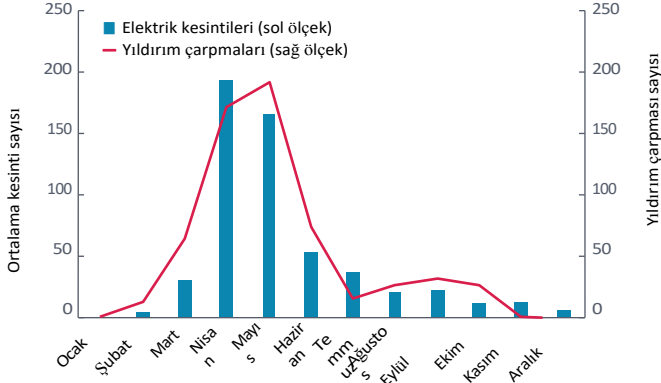
ŞEKİL 4.5 Bangladeş'te elektrik şebekesinin rüzgara karşı kırılganlığı Amerika Birleşik Devletleri'ne kıyasla çok daha yüksektir

Kaynak: Rentschler, Obolensky ve Kornejew 2019.

Not: Rüzgarlı günler, kaydedilen günlük rüzgar hızları için farklı eşikler kullanılarak tanımlanmıştır. Rüzgar hızları, en yüksek yerel rüzgar hızlarını eksik temsil etme eğiliminde olan küresel ERA5 iklim reanaliz modelinden elde edilmiştir. km = kilometre.

En fazla tehlikeye maruz kalan ülkelerde, üretim kapasitesinin büyük bir kısmı birden fazla tehlikeye maruz kalmaktadır ve baskın tehlikeler toprak kaymaları, tsunamiler ve depremlerdir (Şekil 4.7). Depremler enerji altyapısına ciddi zararlar verebilir. 2015 yılında

ŞEKİL 4.6 Fırtına kaynaklı elektrik kesintileri Bangladeş'teki Nisan-Mayıs poyrazları ile yakından ilişkilidir



Kaynak: Rentschler, Obolensky ve Kornejew 2019.

Not: Gösterilen veriler 2000-17 yılları içindir. Karayel yıldırım düşmesi ile temsil edilmektedir. Sadece doğal şoklardan kaynaklanan kesintiler dahil edilmiştir. Muson mevsimi, Eylül ayındaki kesintilerdeki hafif artışı açıklamaktadır.

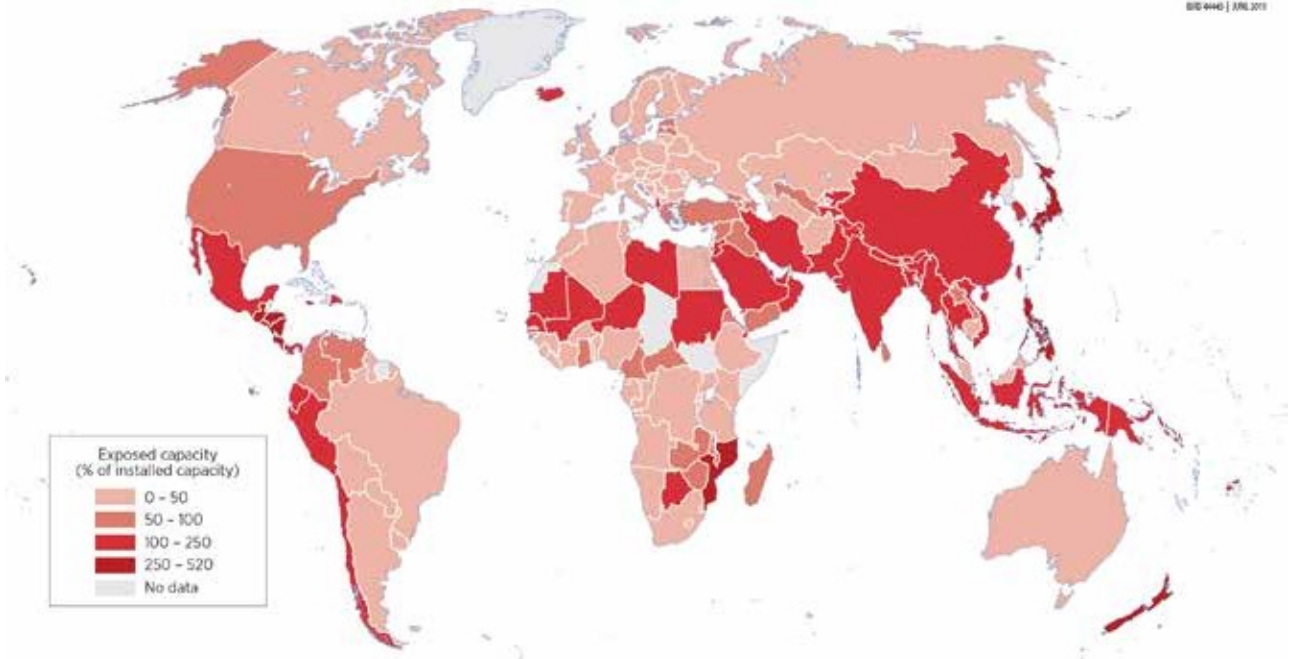
Örneğin Nepal'deki depremde, ülkenin kapasitesinin yüzde 34'ünü oluşturan hidroelektrik santralleri zarar görmüştür (Moss . 2015).

Nicolas, Koks ve diğerleri (2019) daha sonra alıştırmayı yüksek gerilim hattı altyapısı ile tekrarlamaktadır, Elektrik hatları için en yıkıcı üç tehlikeyi göz önünde bulundurarak: depremler, hortumlar ve orman yangınları. Araştırmacılar, elektrik üretiminde olduğu gibi, birçok ülkenin birden fazla maruz kaldığını tespit etmiştir. Japonya, Meksika, Mozambik, Nepal ve Yeni Zelanda gibi ülkelerdeki yüksek gerilim altyapısı çeşitli doğal tehlikelere yoğun bir şekilde maruz . Bununla birlikte, Orta Doğu ve Güney Asya'nın çoğu yüzde 70 ila yüzde 120 arasında yüksek gerilim hattına maruz kalmaktadır.

Elektrik üretiminin kuraklığa maruz kalması göz ardı edilen bir risktir.

daha az, artıyor. Gerçekten de, büyük çoğunluğu Dünyadaki elektrik üretimi ya hidroelektrik ya da termoelektrik enerjiye dayanmaktadır ve her ikisi de en yoğun su kullanan elektrik kaynakları arasındadır (Nicolas, Rentschler, vd. 2019). Tüm küresel termik santral kapasitesinin neredeyse yarısı su kıtlığı olan bölgelerde yer almaktadır.

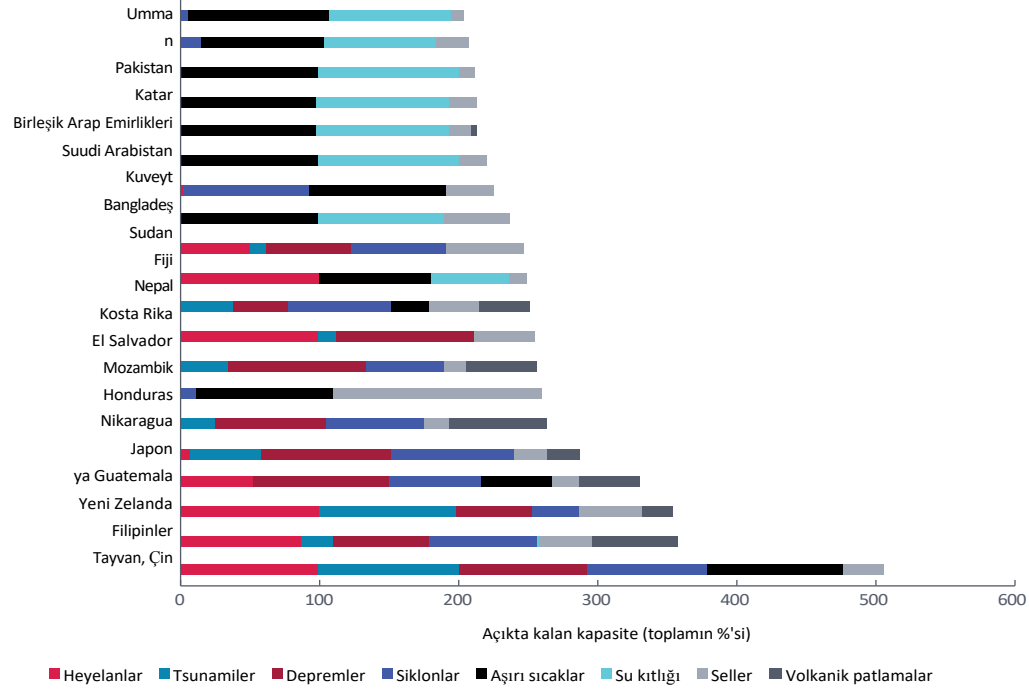
HARİTA 4.1 Elektrik üretiminin çoklu tehlikelere küresel maruziyeti



Kaynak: Nicolas, Koks ve diğerleri 2019.

Not: Harita 4.1, tüm tehlikelere maruz kalan toplam kapasitenin her bir ülkedeki toplam kurulu kapasiteye bölünmesini göstermektedir. Değer yüzde 100'ü aşabilir çünkü bir enerji santrali birden fazla tehlikeye maruz kalabilir. Enerji santralleri, ThinkHazard! veri tabanında tehlike seviyesinin "yüksek" olduğu bir bölgede bulunduklarında bir tehlikeye maruz kaldıkları kabul edilir. Şu tehlikeler dikkate alınmaktadır: kıyı taşkınları, depremler, seller, su kıtlığı, siklonlar, volkanik patlamalar, tsunamiler, aşırı sıcaklar ve orman yangınları.

ŞEKİL 4.7 Çoklu tehlikelere en fazla maruz kalan üretim kapasitesine sahip ekonomiler



Kaynak: Nicolas, Koks ve diğerleri 2019.

Not: Endeks, tüm tehlikeler için maruz kalan toplam kapasitenin ülkedeki toplam kurulu kapasiteye bölünmesiyle elde edilir. Bir enerji santrali birden fazla tehlikeye maruz kalabileceğinden, değer yüzde 100'ü aşabilir.

ve hidroelektrik kapasitesinin yüzde 11'i bu alanlarda yer almaktadır (Kressig . 2018; Wang, Schleifer ve Zhong 2017). Hindistan'da termik santrallerin yüzde 40'ı ciddi su sıkıntısı yaşanan bölgelerde yer almaktadır. Ve 2011 ile 2016 yılları arasında, en büyük 20 santralden 14'ü su sıkıntısı nedeniyle en az bir kez elektrik üretimini durdurmak zorunda kalmış, bu da şu kadar gelir kaybına yol açmıştır 1,4 milyar dolar (Luo, Krishnan ve Sen 2018).

Genellikle, hidroelektrik üretim tesisleri işlevlerini yerine getirebilmek için belirli bir akarsu akışına ihtiyaç duyarlar, ancak bu akış düşük su mevcudiyeti ile sağlanamaz (ABD İç Güvenlik Bakanlığı ve ABD Enerji Bakanlığı 2017). Van Vliet ve diğerleri (2016) 1981 ve 2010 yılları arasında küresel düzeyde su kıtlığı ve enerji üretimi arasındaki ilişkiyi ölçmüştür. Kuraklık ve sıcak yılların hidroelektrik enerji kullanım oranlarını yüzde 5,2, termoelektrik enerji kullanım oranlarını ise

ortalama bir yıldaki oranlara göre yüzde 3,8 oranında azalmıştır.

Küresel maruziyet analizine dayanarak, Nicolas, Koks ve diğerleri (2019) daha sonra Miyamoto International (2019) ve Schweikert ve diğerlerinin (2019) verilerini kullanarak, üretim altyapısı türlerini, tehlike yoğunluklarını, ülkede kullanılan bina standartlarını, kırılganlık eğrilerini ve altyapı yatırım maliyetlerini dikkate alarak beklenen yıllık hasarları (veya onarım maliyetlerini) tahmin etmektedir. Hasarlar, kutu 4.1'de özetlenen tehlike verilerine dayalı yalnızca en sık kaydedilen ve en maliyetli afetler olan kasırgalar, depremler, yüzey , nehir taşkınları ve kıyı taşkınları için değerlendirilmiştir ².

Çalışma, tüm tehlikelerden kaynaklanan toplam küresel beklenen yıllık hasarın (EAD) yaklaşık 15 milyar dolar veya enerji üretim altyapısının küresel değerinin yaklaşık yüzde 0,2'si olduğunu ortaya . Düşük ve orta gelirli ülkeler için

KUTU 4.1 Altyapı varlıklarının maruziyet analizi çeşitli tehlike veri setlerine dayanmaktadır

Tropikal siklonlar. Tropikal siklonlar, *UNISDR Küresel Değerlendirme Raporu 2015* (Cardona ve ark. 2015) için üretilen küresel siklon tehlike haritaları ile temsil . Bu haritalar, 50 ila 1.000 yıl arasındaki beş dönüş dönemi için siklon rüzgar hızlarının (saatte kilometre cinsinden 3 saniyelik en yüksek rüzgar hızı) dağılımını göstermektedir. Haritalar, tropikal siklon izlerinin pertürbasyonuna ve rüzgar alanı modellenmesine dayanan olasılıksal siklon analizinin bir çıktısıdır. Tropikal siklonların Atlantik, Karayip Denizi ile orta ve kuzeydoğu Pasifik'te kasırga, kuzeybatı Pasifik'te ise tayfun adlandırıldığını unutmayın.

İç sel baskınları. Nehir taşkınları (nehirlerin kıyılarını aşması nedeniyle) ve yüzey taşkınları (aşırı yerel yağışların neden olduğu) Fathom Global pluvial ve fluvial sel tehlikesi veri seti tarafından temsil edilmektedir (Sampson ve ark. 2015). Bu, beklenen maksimum su derinliğinin metre cinsinden dağılımını gösteren 3 arksaniye (~90 metre) çözünürlüklü ızgaralı bir veri setidir. Tehlike haritaları 10 dönüş periyodu (5 ila 1.000 yıl) içindir. Bu analiz, taşkın korumasının su baskını üzerindeki etkilerini dikkate almayan "savunmasız" taşkın tehlike haritalarını uygulamaktadır. Karayolu ve demiryolu için taşkın tasarım standartları FLOPROS veri tabanından alınmıştır (Scussolini vd. 2016).

Kıyı taşkınları. Kıyı su baskını haritaları hidrolojik modeli kullanılarak oluşturulmuştur.

Kaynak: Koks ve ark. 2019.

LISFLOOD-FP (Bates, Horritt ve Fewtrell 2010). MERIT-DEM modelinden (Yamazaki ve ark. 2017) 3 inç ufuk çözünürlüğünde topografik bilgiler elde edilebilir. Su baskını simülasyonları 90 metre çözünürlükte gerçekleştirilmiştir. Su baskını modellenmesi hakkında daha fazla ayrıntı Voudoukas ve diğerlerinde (2016) bulunabilir. Taşkın simülasyonları, dalga ve fırtına dalgalanması reanalizinden elde edilen aşırı deniz seviyeleri ve gelgit bilgileri ile zorlanmaktadır (Voudoukas vd. 2018). Dalgalar WAVEWATCH-III modeli (Tolman 2009) ve fırtına dalgalanmaları DFLOW-FM modeli (Muis ve ark. 2016) kullanılarak simüle edilmiştir.

Deprem. Yer sarsıntısı tehlikesi, *UNISDR Küresel Değerlendirme Raporu 2015* (Cardona ve ark. 2015) için üretilen küresel deprem tehlikesi haritaları tarafından temsil edilmektedir. Bu haritalar, 250 ila 2.475 yıl arasındaki beş dönüş periyodu için beklenen yer sarsıntısı şiddetini en yüksek yer ivmesi (saniyede kare başına santimetre cinsinden PGA) olarak sunmaktadır. Tehlike haritaları, küresel kapsama sahip olasılıksal sismik tehlike analizinin bir çıktısıdır. Sıvılaşma potansiyelini değerlendirmek için yerinde test uygulaması küresel ölçekte mümkün olmadığından, Zhu, Baise ve Thompson'ın (2017) jeo-uzamsal tahmin modelleri benimsenmiştir. Sıvılaşma duyarlılığı, küresel bir veri setine dayalı olarak 1,2 kilometrelik bir grid çözünürlüğünde hesaplanmıştır (Worden ve ark. 2017).

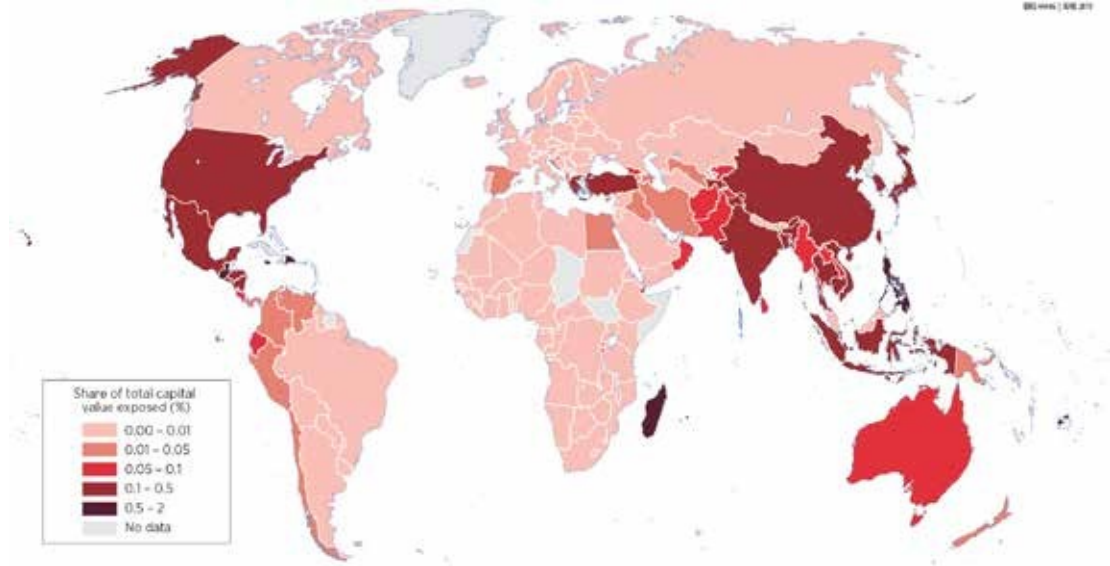
denemelerinde, beklenen yıllık zarar 10 milyar dolardır. Bazı ülkelerde yıllık kayıplar kurulu üretim sermaye değerinin yüzde 1'ini aşmaktadır (harita 4.2, panel a). Küresel olarak, kayıplar esas olarak siklonlar için termik santrallerden ve depremler için hidroelektrik santrallerden kaynaklanmaktadır. Harita 4.2, panel b, bazı ülkelerde toplam üretimin yüzde 5'ine kadar çıkabilen beklenen yıllık üretim kayıplarını göstermektedir.

çalışmaktadır. Bu kayıplar, sadece her bir santral için beklenen hasar değil, aynı zamanda her bir ülkedeki restorasyon süresinin tahmini de dikkate alınarak hesaplanmıştır. En yüksek üretim riskine sahip ülkeler, genellikle üretim kapasitesi açısından zaten sıkı kısıtlamalar altında olan enerji sistemlerine sahip ülkelerdir.

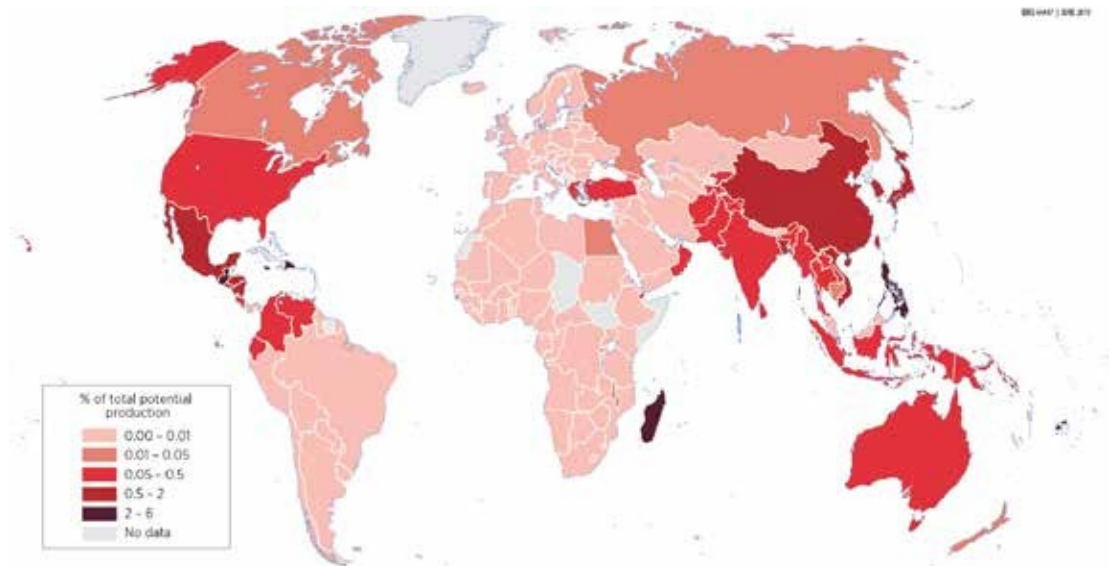
İklim değişikliği kaynaklı bazı olayların enerji sektörü riskini artırması muhtemeldir.

HARİTA 4.2 Bazı düşük ve orta gelirli ülkeler yüksek yıllık hasar ve üretim kayıplarıyla karşı karşıyadır
Hasar ve üretim kaybı için çoklu tehlike risk göstergesi

a. Enerji santrallerinde beklenen yıllık hasar (toplam sermaye değerinin %'si)



b. Beklenen yıllık üretim kayıpları (toplam potansiyel %'si)



Kaynak: Nicolas, Koks ve diğerleri 2019.

Not: Panel a, beklenen yıllık hasarın ülkedeki kurulu sermaye değerlerine bölünmesini göstermektedir. Panel b, beklenen üretim kaybının (megavat-saat cinsinden) ülkenin toplam potansiyel üretimine bölünmesini göstermektedir.

Daha sık yaşanan kuraklıklar ve daha yüksek sıcaklıklarla birlikte nükleer ve termik santrallerin verimliliğinin düşmesi muhtemeldir. Araştırmalar, 1°C'lik bir sıcaklık artışının

güç çıkışını yüzde 0,45 ila yüzde 0,8 oranında azaltır (Mideksa ve Kallbekken 2010). Aynı zamanda, bu olaylar trafo merkezi ekipmanlarını ve kabloların akım değerlerini de etkileyecektir.

ve hatlar. Ayrıca, artan klima talebi nedeniyle sistem stresini artırmaları da muhtemeldir.

Çoğu bölgede, iklim değişikliği ile rüzgar hızının artması ve (rüzgar türbinlerinin performansını olumsuz etkileyen) atmosferik buzlanmanın azalması muhtemeldir. İklim değişikliği ayrıca taşkın sıklığını, nehir akışlarını ve buharlaşmayı da etkileyecek ve baraj güvenliği üzerinde etkileri olacaktır. Buna ek olarak, iklim değişikliği sıcaklığı artırarak fotovoltaik sistemlerin verimliliğini düşürecek ve her 1°C'lik sıcaklık artışında yaklaşık yüzde 0,5 oranında azalabilecektir (Patt, Pfenninger ve Lilliestam 2013). Daha yüksek sıcaklıkların bir başka etkisi de elektrik hatlarının direncinin artması nedeniyle iletim kayıplarının artması olabilir.

Son olarak, iklim değişikliğinin neden olduğu deniz seviyesindeki yükselme enerji santrallerinin yer değiştirmesini gerektirebilir. Deniz seviyesinin yükselmesi yalnızca kıyı varlıklarının daha fazla su altında kalmasından değil, aynı zamanda daha yüksek rüzgar hızlarıyla birlikte tuzlu su püskürmeleri nedeniyle bu varlıkların daha fazla aşınmasından da sorumlu olacaktır. İklim değişikliğinin Bangladeş enerji sektörü üzerindeki potansiyel etkileri üzerine yapılan bir çalışma, deniz seviyesindeki yükselmenin neden olduğu su baskınlarından kaçınmak için 2030 yılına kadar enerji santrallerinin yaklaşık üçte birinin yerinin değiştirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur (Khan, Alam ve Alam 2013). Bangladeş'teki enerji santrallerinin yüzde 30'u soğutma suyunun tuzluluk oranının ve sel sıklığının artmasından etkilenirken, kuzey bölgesindeki enerji santralleri kuraklık nedeniyle muhtemelen üretimde düşüş yaşayacaktır.

SU SİSTEMLERİ İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE KARŞI ÖZELLİKLE HASSASTIR VE SEL VE KURAKLIKLARIN YÖNETİLMESİNE KATKIDA BULUNABİLİR

Su sistemleri rezervuarlar, yeraltı suyu pompaları ve iletim hatlarından oluşur. Toplu su temini, standart su temini ve sanitasyon hizmetleri, sulama ve drenaj gibi farklı hizmetler sunarlar. İster şehirler, ister sanayiye, isterse de diğer sektörler su sağlamanın yanı sıra

Tarımsal su altyapısı, sel ve kuraklıkla ilgili doğal tehlike risklerinin azaltılmasında merkezi bir öneme sahiptir. Bu altyapı, diğerlerinin yanı sıra çok amaçlı rezervuarları, nehir setlerini, yağmur suyu drenajlarını ve kıyı bentlerini içerir.

Tüm su altyapısının doğal tehlikelere maruziyetine ilişkin küresel bir analiz, su sektörü varlıklarına ilişkin küresel veri eksikliği nedeniyle mümkün olmamıştır. Bununla birlikte, iki kısmi değerlendirme mümkün : (1) iki ana doğal tehlikeye maruz kalmalarına bakarak büyük barajların kaba bir küresel değerlendirmesi: yüksek nehir akışları ve depremler (Stip ve ark. 2019); ve (2) nehir taşkınları ve depremler için bu kritik su altyapısının karşılaştığı risklerin seviyesini anlamak için Çin'in atık su arıtma tesislerinin (AAT'ler) bir vaka çalışması (Hu ve ark. 2019). Vaka çalışması, Çin'deki 1.346 AAT'den oluşan ve varlıkların konumunu ve her bir varlığa bağlı nüfusun büyüklüğünü içeren bir veri setine dayanmaktadır.

Barajlar mansap taşkınlarını azaltmak için kritik öneme sahiptir, ancak yüksek nehir debileri nedeniyle çökmeleri halinde felaketlere de yol açabilirler

Barajların rezervuarları, bağlama bağlı olarak birden fazla amaç için kullanılabilir. Bu potansiyel amaçlar arasında hidroelektrik enerji sağlamak, şehirler veya sulama için su temin etmek ve mansap taşkın risklerini azaltmak yer almaktadır. Barajlar, fazla akışları barajın nehre geri bırakan beton dolusavaklarla inşa edilir. Dolusavaklar, tipik olarak 500 yıl ile 10.000 yıl arasında değişen maksimum akışları veya maksimum olası deşarjları karşılamak için belirli bir tasarım deşarjı ile inşa edilir. Eğer deşarj dolusavak kapasitesini aşarsa, su barajın üzerinden akar ve bu da acil bir durum yaratır. Baraj topraktan, kayadan ya da her ikisinden yapılmışsa, barajın çökme ihtimali oldukça yüksektir; baraj betondan yapılmışsa, barajın çökme ihtimali daha düşüktür, ancak yine de acil bir durum söz konusudur.

Bir barajın çökmesi halinde aşağı havzadaki topluluklar üzerinde yıkıcı etkileri olabilir. 'de

Çin'in Henan Eyaleti'nde 1975 yılında Nina Tayfunu'nun yol açtığı aşırı yağışlar Banqiao Rezervuar Barajı'nın tasarım kriterlerinin ötesindeydi. Bu denli yüksek yağışlara maruz kalan baraj çökmüş ve 171.000'e ulaştığı tahmin edilen on binlerce insanın ölümüne neden olmuştur.

Dolusavak tasarım standartları genellikle mansapta yaşayan topluluklara yönelik riskin yanı sıra tarihsel hidrolojik kayıtlara dayanır. Örneğin, bir şehrin hemen yukarısındaki bir barajın standartları genellikle kırsal bir alandaki bir barajın standartlarından daha yüksektir. Bununla birlikte, zaman içinde akış aşağısındaki nüfus artabilir veya bir ülkenin risk toleransı değişebilir ve bu nedenle dolusavak kapasitesini artırma ve barajın yapısal bütünlüğünü sağlamak için ek önlemler alma ihtiyacı doğabilir.

Bu rapordaki maruziyet analizi, toplam depolama kapasitesi 6.179 kilometreküp olan 6.862 rezervuar ve ilgili baraj kaydını içeren Küresel Rezervuar ve Barajlar Veri Setine (Sürüm 1.01) dayanmaktadır. Bunlar, 33.000'den fazla büyük barajı listeleyen Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu tarafından kaydedilen barajların yalnızca yüzde 20'sini temsil etmektedir. Küresel Rezervuar ve Barajlar Veri Seti bu nedenle sınırlıdır ve muhtemelen yüksek gelirli dünyaya karşı önyargılıdır; ancak barajların coğrafi referanslı tek kayıdır (Lehner vd. 2019) ve bu çalışma için kullanılmıştır.

Barajların, dolusavak kapasitesinin aşılması ve olası baraj çökmesi olasılığını artırabilecek yüksek nehir girişlerine maruz düzeyini küresel düzeyde değerlendirmek zordur. Bu çalışmada, ThinkHazard! veri tabanındaki (2019) "nehir taşkın riski" bilgileri, bir rezervuara nehir akışlarını dikkate almak için dolaylı bir vekil olarak kullanılmıştır. Eğer bir baraj "yüksek nehir taşkını riski" olarak sınıflandırılan bir bölgede yer alıyorsa, bu risk dolaylı ve kesin olmayan bir şekilde yüksek nehir akışlarıyla ilişkilendirilmelidir. ThinkHazard! veritabanı gelecekteki iklim değişikliğini dikkate almamakta, daha ziyade geçmiş verilere dayanmaktadır. Küresel Rezervuar ve Barajlar Veri Seti'nde yer alan 6.862 baraj sahasının yüzde 15'i yüksek nehir taşkın riski olan bölgelerde bulunmaktadır.

nehir taşkın riski, toplam küresel kapasitenin yaklaşık yüzde 21'ini temsil etmektedir. Gerçek baraj çökmesi riski, dolusavağın tasarım kapasitesine ve barajın inşaat kalitesine bağlıdır.

Yakın zamana kadar, iklim değişikliği ve bunun hidrolojik akışlar üzerindeki etkileri baraj tasarımında dikkate alınmamıştır. Ancak bu durum hızla değişmektedir ve bunun son örneği, Dünya Bankası ve diğer uluslararası bağışçıların teknik ve mali desteğiyle Uluslararası Hidroelektrik Birliği'nin himayesinde hazırlanan *Hidroelektrik Sektörü İklim Esnekliği Kılavuzu*'dur (IHA 2019). Gelecekteki iklimler için yetersiz tasarımla ilişkili riskler çok yönlüdür: barajlar, şehirlere su veya elektrik sağlamak veya tarım için sulama suyu sağlamak gibi kullanıcılara güvenilir hizmetler sunamayacak veya sel ve kuraklık risklerini azaltmaya yardımcı olamayacaktır. Cervigni ve diğerleri (2015) gelecekteki iklimle ilgili belirsizliklerin optimum baraj tasarımı önünde nasıl bir engel oluşturduğunu vurgulamaktadır (kutu 4.2).

Su ve atık su arıtma tesisleri, tipik olarak şebekenin en alt kısmında yer aldıklarından, genellikle sel tehlikesiyle karşı karşıyadırlar

Atık su toplama sistemleri enerji maliyetlerini azaltmak için tipik olarak yerçekimi ile çalışır ve arıtma tesisleri genellikle deşarj ettikleri nehirlerle, deltalara veya göllere bitişik alçak sel eğilimli alanlarda bulunur. Birleşik sıhhi ve fırtına drenaj şebekesine sahip atık su sistemleri için, yoğun yağışlar genellikle şebekenin kapasitesini aşırı yükleyebilir ve bu da arıtılmamış kanalizasyonun çevreye taşmasına neden olabilir. Suyu geçici olarak depolamak ve daha sonra arıtma tesisine geri iletmek için birleşik kanalizasyon taşma toplama havzaları inşa etmek, bazı şehirlerin takip ettiği bir seçenektir, ancak bu yaklaşım çok pahalıdır ve yalnızca en zengin şehirler için erişilebilir. Bu rapor için Çin'de yapılan vaka çalışması, iklim değişikliğinin Çin'in su sorununu önemli ölçüde artıracığını ortaya koymaktadır.

KUTU 4.2 Hidroelektrik enerjide iklim değişikliğine uyum belirsizlikler nedeniyle zorlaşıyor

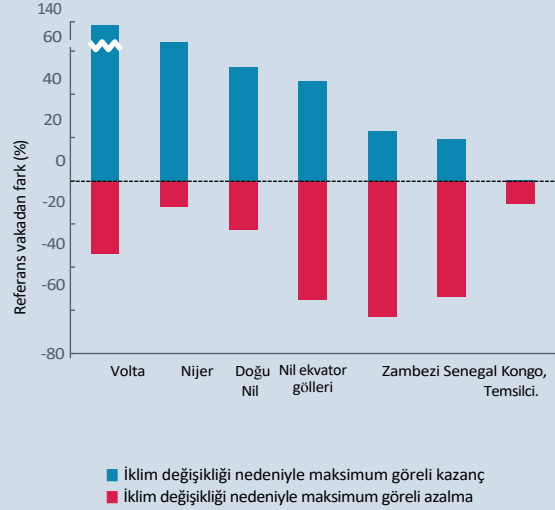
İklim değişikliği, hidroelektrik ve sulama gibi önemli üretken kullanımlar için mevcut su miktarını değiştirecektir. Ancak Afrika'da yapılan bir araştırmanın gösterdiği gibi, farklı iklim modelleri farklı sonuçlara yol açmakta, bazıları kullanılabilir su miktarında artış öngörürken diğerleri azalma öngörmekte, bu da uzun vadeli planlamayı özellikle zorlaştırmaktadır (Cervigni vd. 2015). Orta ve Güney Afrika havzalarında (Kongo, Orange ve Zambezi), dikkate alınan iklim senaryolarına bağlı olarak, elektrik ve su sektörleri birçok senaryoda düşük, diğerlerinde ise aşırı performans gösterebilir. Ekonomik açıdan, iklim değişikliğinin etkileri arasında düşük gelirden kaynaklanan gelir kaybı da yer almaktadır.

Daha kurak iklim geleceklerinde hidroelektrik veya sulama altyapısının gerçekleştirilmesi ve bunun aksine, bir hidroelektrik santralinden yararlanmamanın fırsat maliyeti

yağışlı iklim geleceklerinde kullanılabilir su kaynaklarının bolluğu.

Aralığın sonundaki iklim senaryosunda altyapının ekonomik performansına ilişkin simülasyonlarda, tarihsel bir iklim altında beklenen sonuçlardan sapmalar dramatiktir. Hidroelektrikte (Şekil B4.2.1), kurak senaryolar, Nil (Ekvator Gölleri bölgesi), Senegal ve Zambezi havzaları en çok etkilenenler olmak üzere, temel değerlerin yüzde 10-60'ı düzeyinde gelir kayıplarına yol açmaktadır. Yağışlı senaryolar, Doğu Nil, Nijer ve Volta havzalarının büyük kazançlara sahip olduğu yüzde 20-140 arasında potansiyel gelir artışlarıyla sonuçlanmaktadır. Bazı daha yağışlı iklim geleceklerinde, altyapı beklenenden daha iyi performans gösterebilir, çünkü belirli bir kurulu kapasite için, ekstra su ile daha fazla hidroelektrik veya daha fazla ürün üretilebilir. Ancak, buna karşılık gelen kazançların çoğu sadece potansiyel olabilir,

ŞEKİL B4.2.1 2015'ten 2050'ye kadar iklim değişikliği nedeniyle Afrika'nın hidroelektrik gelirlerinde büyük değişiklikler beklenebilir



Kaynak: Cervigni ve ark. 2015.

Not: Çubuklar, her havza için tüm iklim gelecekleri arasındaki ekonomik sonuç aralığını yansıtmaktadır - yani, iklim değişikliği olmayan referans duruma göre hidroelektrik gelirlerindeki en yüksek artış (mavi) ve en yüksek düşüş (kırmızı çubuklar) (%3 olarak sayılmıştır). Volta Havzası'na karşılık gelen aykırı çubuk, grafiğin ölçeğini bozmamak ve diğer havzaların değerlerini çarpıtmamak için kırılmıştır. Tahminler, tüm iklim gelecekleri boyunca ekonomik sonuçların değil, aralığını yansıtmaktadır. Her havzanın sonuçları, tüm havzalardaki en iyi ve en kötü senaryoları değil, yalnızca o havza için en iyi ve en kötü senaryolarıdır.

Çünkü güç sistemleri, hidroelektrikten elde edilecek üretimin gerçekte olandan daha düşük olacağı öngörülerek planlanmıştır. Sonuç olarak, fazladan hidroelektriği piyasaya sürmek için gereken iletim hatları ve enerji ticareti anlaşmaları mevcut olmayabilir. Bunlar olmadan, daha bol sudan elde edilen kazançlar gerçekleştirilemeyecebilir.

Çin AAT'lerinin kısa vadede bile taşkınlara maruz kalması, kullanıcılar üzerinde büyük potansiyel etkiler yaratmaktadır (Hu vd. 2019). Bu etkinin işareti, dikkate alınan 11 iklim modelinin 10'unda tutarlıdır, ancak etkilerin büyüklüğü modeller arasında farklılık göstermektedir.

İlımlı iklim değişikliği senaryosu altında 30 yıllık dönüş periyoduna sahip bir olay için, 176 milyon kişiye hizmet veren AAT'lerin yüzde 35'i (1.346 tesisten 472'si) 2035 yılına kadar önemli ölçüde daha yüksek taşkın riski yaşayabilir. 2055 yılına kadar, maruz kalan insan sayısı

ön- ceki sayıya göre 208 milyona kadar artabilir.

Barajlar ve atık su arıtma tesisleri de depreme açık ve savunmasızdır

Barajların taşması büyük olumsuz sonuçlar doğurabilirken, depremlerin neden olduğu baraj çökmeleri felakete yol açabilir - muhtemelen birçok insan kaybıyla birlikte hızlı selleri tetikleyebilir. Japonya, Orta Çin, ABD'nin Batı Kıyısı, Güney Avrupa ve Doğu'da barajlar ve rezervuarlar en yüksek deprem riskiyle karşı karşıyadır (harita 4.3) (Stip vd. 2019). Bu çalışmada ele alınan barajların yaklaşık yüzde 2'si, geri dönüş süresi 2.475 yıl olan çok yüksek pik yer ivmesi (PGA) seviyeleriyle karşı karşıyadır.³ Yüksek gelirli ülkeler, depreme maruz kalan en fazla sayıda baraj sahasına sahiptir. Bununla birlikte, üst-orta ülkeler sismik sarsıntı riskine maruz kalan en büyük baraj kapasitesine sahiptir. Bu bulgu muhtemelen bir

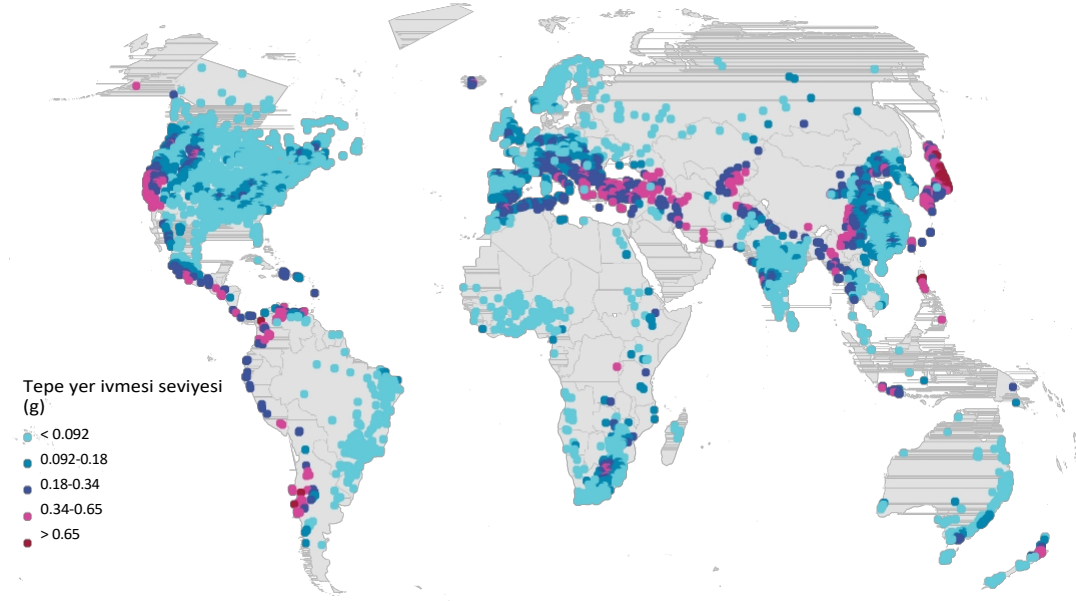
barajların daha zengin ekonomilerde yoğunlaşmasının ve orta gelirli ülkelerde, özellikle Brezilya ve Çin'de çok sayıda mega barajın bulunmasının bir yansımasıdır.

Çin için Hu ve diğerleri (2019), depremlerin atık su arıtma faaliyetleri için de önemli bir risk oluşturduğunu tespit etmiştir. Çin'de 250 yıllık bir dönüş periyoduna sahip bir deprem durumunda, 31 AAT orta şiddette yer sarsıntısına maruz kalmaktadır. Bu tesislerin yarısından fazlası aynı zamanda yüksek sıvılaşma duyarlılığına sahip bölgelerde yer almaktadır ve bu da yüksek kırılgenliklerini göstermektedir. Mekânsal olarak, Çin anakarasının batı bölgeleri ve Bei- jing çevresi en yüksek sismik risklere maruz kalmaktadır.⁴

Barajlar ve AAT'ler doğal tehlikelere maruz kalan ve bu tehlikelere karşı savunmasız olan tek su varlıkları değildir, bu nedenle burada açıklanan analiz su sisteminin iklim değişikliği ve doğal tehlikelere karşı savunmasızlığının sadece bir kısmını ele almaktadır. Bu kırılgenlik pompa istasyonları veya kontrol merkezlerinden de .

HARİTA 4.3 Barajlar ve rezervuarlar yüksek sismik riskle karşı karşıyadır

Baraj sahaslarının 2.500 yıllık bir deprem olayı için karşılaştığı tepe yer ivmesi



Kaynak: Stip ve ark. 2019.

Not: Deprem verilerinin açıklaması için kutu 4.1'e bakınız. g= standart yerçekimi ivmesi.

çökme veya sel. Buna ek olarak, su sistemlerine verilen zararın önemli bir kısmı zemin sıvılaşması, toprak kaymaları ve fay geçişlerinden boru kırılmaları veya sızıntılarından kaynaklanmaktadır (Kakderi ve Argyroudis 2014). Ayrıca, dünyanın birçok yerinde artan su kıtlığı, birbiriyle rekabet eden birçok kullanım için su sağlamayı daha da zorlaştıracaktır (Damania ve ark. 2017). Bazı çalışmalar su altyapısının hassas bölümlerini tespit etme konusunda umut vaat etse de (Bagriacik ve ark. 2018 gibi), bu çalışmalar mevcut şebekeyi tanımlayan yüksek kaliteli verilere dayanmaktadır ve bu da düşük ve orta gelirli ülkelere uygulanabilirliklerini sınırlamaktadır.

DOĞAL TEHLİKELER SIKLIKLA ULAŞIM ALTYAPISINI BOZAR VE BÜYÜK ÖLÇÜDE ZARAR VERİR

Ulaştırma sektöründe hava olayları kazalara, trafik sıkışıklığına ve gecikmelere neden olmaktadır. Bu rapor için yapılan bir analiz, doğal tehlikelerin küresel ulaştırma altyapısına doğrudan verdiği zararın yılda ortalama 15 milyar dolara mal olduğunu ortaya koymaktadır.

Hava durumundaki değişimler tüm ulaşım türlerinde sık sık aksamalara neden

olmaktadır. Aşırı doğal şokların olmadığı durumlarda bile hava durumu karayolu, demiryolu, su ve hava taşımacılığını aksatabilir. Amerika Birleşik Devletleri'nde uçuş gecikmelerinin yaklaşık yüzde 16'sı nispeten küçük hava olaylarından, sadece yüzde 4'ü ise aşırı hava olaylarından kaynaklanmaktadır (Bureau of Transportation Statistics 2018). Ampirik literatür incelendiğinde, yağışların trafik kazalarının sıklığını arttırdığı ve araç hızlarını düşürerek trafik kazalarını arttırdığı tespit edilmiştir (Koetse ve Rietveld 2009). Amerika Birleşik Devletleri'nde karayolu trafiğindeki tıkanıklığın yaklaşık yüzde 15'i kötü hava koşullarına bağlanmaktadır (Cambridge Systematics Institute ve Texas Transportation Institute 2005). Bu tür etkiler karayolu ağlarıyla sınırlı değildir; Finlandiya'da 2008 ve 2010 yılları arasında yük treni gecikmelerinin yüzde 60'ı kış hava koşullarıyla ilgilidir (Ludvigsen ve Klæboe 2014).

Bu arada, düşük yağış öncesine sahip sıcak yazlar iç su yolu taşımacılığını etkileyebilir: Kuzeybatı Avrupa'da, 2013'ün kurak yazı düşük su seviyelerine ve €480 milyon bazı büyük gemilerin çalışamaz hale gelmesi ve diğer taşımacılık türlerine kayması nedeniyle (Jonkeren vd. 2014).

Taşımacılıktaki aksamalar maliyetlidir. Avrupa Birliği'nde, aşırı hava olaylarının ulaşım sistemi üzerindeki etkisinin toplam maliyetinin yılda 2.5 milyar€ olduğu tahmin edilmektedir. Bu maliyetlerin yaklaşık yüzde 72'si karayollarına, yüzde 14'ü hava yolculuğuna ve yüzde 12'si demiryolu sektörüne atfedilmektedir. Kalan yüzde 2'lik kısım ise azalan büyüklük sırasına göre deniz taşımacılığı, iç su yolları ve intermodal yük taşımacılığı ile ilgilidir (Enei vd. 2011). Doll, Klug ve Enei (2014), Avrupa Birliği'nde önümüzdeki kırk yıla bakarak ve aynı metodolojiyi kullanarak, aşırı hava olaylarından kaynaklanan karayolu taşımacılığı maliyetlerinin yüzde 7 oranında artmasını beklemektedir. Daha yüksek sel riskleri ve daha az tahmin edilebilir kışlar demiryolu trafik maliyetlerini yüzde 80'e kadar artırabilir.

Doğal tehlikeler, karayolu ve demiryolu ağlarında büyük onarım ve bakım maliyetlerinden sorumludur

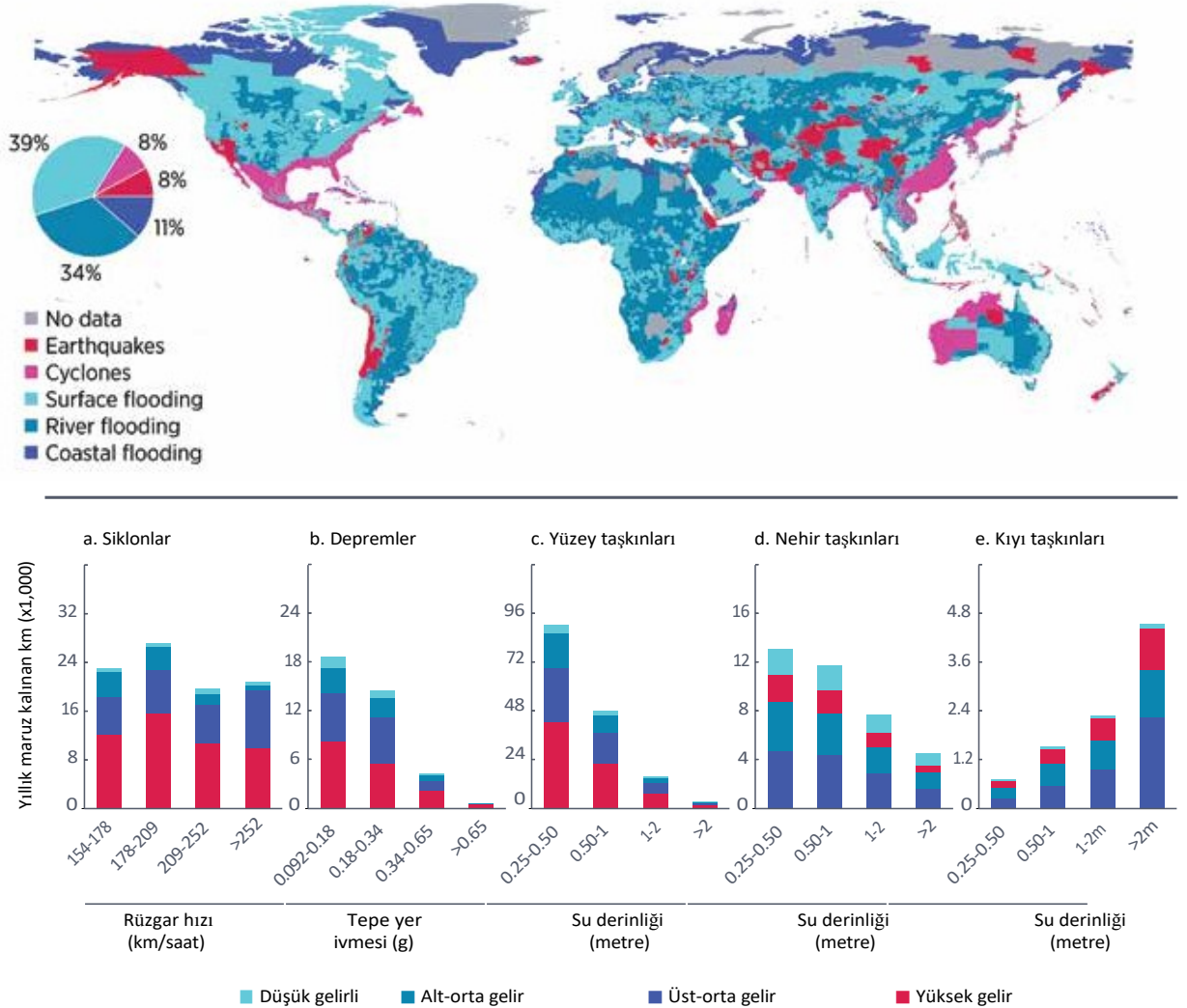
Doğal tehlikeler nasıl bir rol oynuyor? Bu rapor için yapılan yeni bir analiz, ulaştırma altyapısının doğal tehlikelere önemli ölçüde maruz göstermektedir. Koks ve diğerleri (2019), küresel ölçekte benzeri görülmemiş bir çözünürlükle, karayolu ve demiryolu ağı varlıklarına ilişkin verileri en önemli doğal tehlike türlerine ilişkin bilgilerle birleştirmektedir. Bu küresel çalışma, hasar gören ağ altyapısını, münferit yol segmentleri veya köprü yapıları gibi varlık düzeyinde değerlendirmektedir. Bu analizde kullanılan karayolu ve demiryolu verileri, gönüllü katılımcılar sayesinde kapsamlı bir veri seti olan OpenStreetMap'in açık erişim verilerine dayanmaktadır (Barrington-Leigh ve Millard-Ball 2017; Meijer vd. 2018).

Karayolu ve demiryolu varlıklarının maruziyeti ve riski en sık karşılaşılanlar için değerlendirilir

kaydedilen ve en maliyetli afetler: tropikal siklonlar, depremler, yüzey taşkınları, nehir taşkınları ve kıyı taşkınları (tehlike veri kaynakları için bkz. kutu 4.1). Bir varlık ancak tehlikeli olayın meydana gelme olasılığı varlığın varsayılan tasarım koruma standartlarını aştığında maruz kalmış kabul edilir. Bu şekilde, ülkelerin farklı dayanıklılık standartları analize dahil edilebilmektedir.

Bu analiz, tüm küresel karayolu ve demiryolu varlıklarının yaklaşık yüzde 27'sinin en az bir tehlikeye maruz kaldığını ve varlıkların yaklaşık yüzde 7,5'inin 100 yıllık sel olayına maruz kaldığını ortaya koymaktadır. Karayolu ve demiryolu ağları yüzey taşkınlarına en çok maruz kalanlardır, bunu tropikal siklonlar, nehir taşkınları ve depremler takip etmektedir (Şekil 4.8). Depremler ve yüzey taşkınları için, daha fazla varlığa sahip daha zengin ülkeler oransal olarak

ŞEKİL 4.8 Ulaşım altyapısının çoklu doğal tehlikelere küresel maruziyeti



Kaynak: Koks ve ark. 2019.

Not: Harita, her bölgede ulaşım altyapısının en fazla maruz kaldığı tehlikeyi göstermektedir. Ekteki pasta grafik, her bir tehlikeye en fazla maruz kalan arazi alanının göstermektedir. a'dan e'ye kadar olan paneller dört ülke gelir grubunun her bir tehlike türüne ve yoğunluğuna maruziyetini göstermektedir. g = standart yerçekimi ivmesi; km = kilometre.

daha fazla maruz kalmaktadır. Ancak nehir ve kıyı taşkınları için, yüksek gelirli ülkeler daha yüksek taşkın koruma standartları nedeniyle daha az kilometrekarelik alana sahiptir. Tropikal siklonlar ve depremler için, üst-orta ve yüksek gelirli ülkelerde maruz kalınan alt yapının büyük payı, ağırlıklı olarak tehlikelerin coğrafi dağılımıyla ilgilidir.

Tüm tehlikelerden kaynaklanan toplam küresel beklenen yıllık hasar, inşaat ve yeniden inşaa maliyetleri ve diğer belirsizliklerle ilgili çeşitli varsayımlara bağlı olarak 3,1 milyar dolar ile 22 milyar dolar arasında değişmektedir ve ortalama EAD 14,6 milyar dolardır. Sadece düşük ve orta gelirli ülkeler dikkate alındığında, senaryolar genelinde ortalama EAD 8 milyar dolardır. Küresel hasarın yaklaşık yüzde 73'ü yüzey ve nehir taşkınlarından kaynaklanırken, bunu kıyı taşkınları (yüzde 16), depremler (yüzde 7) ve tropikal siklonlar (yüzde 4) takip etmektedir (Koks vd. 2019). Sonuçlar, esas olarak en yüksek nispi hasarı yaşayan birincil yollar ve en büyük kümülatif uzunluğu temsil eden üçüncül yollar tarafından yönlendirilmektedir.

Ancak beklenen yıllık kayıplar, nadir olayların yıkıcı hasara neden olduğu gerçeğini gizleyebilir. Depremler toplam yıllık kayıpların sadece yüzde 7'sini oluştursa da, yer sarsıntısı veya toprak sıvılaşması ulaşım altyapısının işlevselliğini ciddi şekilde etkileyebilir. Karayolları ve demiryolları fay kırılmaları, yıkılan binalar veya toprak kaymaları nedeniyle tıkanabilir; tüneller çökebilir; toprak sıvılaşması nedeniyle setler yer değiştirebilir; ve köprüler çökebilir dengesiz hale gelebilir (Argyroudis ve Kaynia 2014). Kobe'deki 1995 depreminde, açık ağın uzunluğu ile ölçülen erişilebilirlik, şoktan hemen sonra karayolları için yüzde 86 ve demiryolları için yüzde 71 oranında düşmüştür (Chang ve Nojima 2001).

Koks ve diğerlerinin (2019) bir diğer ilginç bulgusu, ülkelerin zenginliği arttıkça, ulaşım altyapılarına verilen zararın önce yükselip sonra düşmesidir. Gelir ve EAD arasındaki bu çan şeklindeki ilişki,

Şekil 4.9'da gösterildiği gibi, zıt yönlerde bakan iki temel dinamikten kaynaklanmaktadır. İlk başta, devletler gayrisafı yurtiçi hasıla (GSYH) arttıkça altyapı biriktirir, ancak bu genişleme daha yüksek afet riski ve daha büyük hasar pahasına gerçekleşir. Belirli bir gelir seviyesine ulaşıldıktan sonra (orta gelir kategorisinde), daha yüksek dayanıklılığa öncelik vermek için yeterli kaynağa sahip olurlar. Böylece, ulaşım varlıkları için daha titiz tasarım standartlarına ve selden korunmaya yatırımlar yoluyla altyapılarının maruziyetini ve kırılganlığını azaltırlar.

Mutlak anlamda, kayıpların büyük ve zengin ülkelerde en fazla olması şaşırtıcı değildir. Ancak, EAD GSYİH, altyapı değeri veya altyapı uzunluğu ile ilişkili olarak değerlendirildiğinde, düşük ve orta gelirli ülkelerin genellikle daha ciddi şekilde etkilendiği görülmektedir (Şekil 4.10). Örneğin gelişmekte olan küçük ada devletlerinde, toplam altyapı değerine oranla yıllık hasar küresel ortalamanın iki katından fazladır.

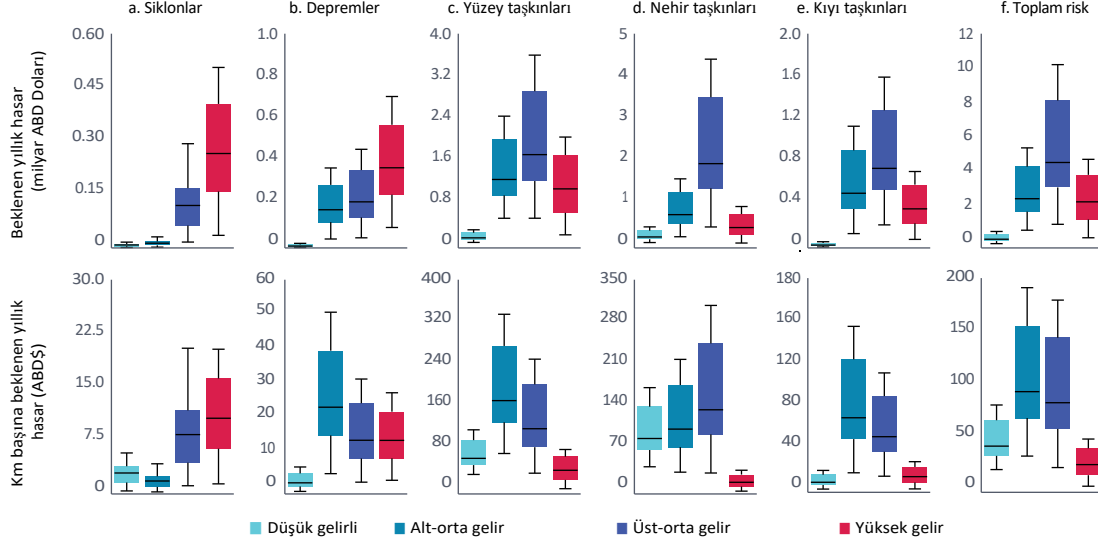
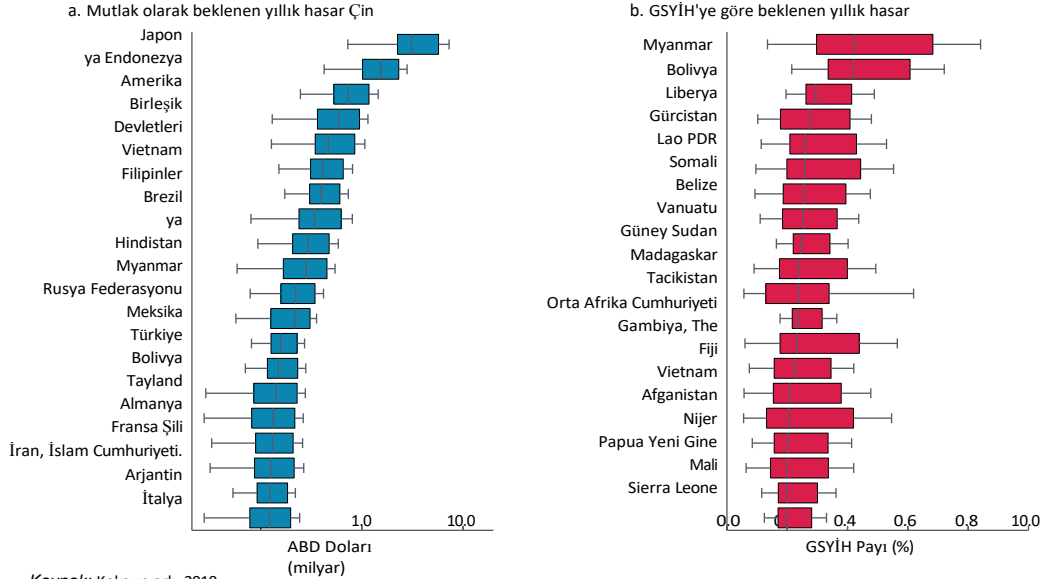
Küresel düzeyde, beklenen yıllık hasar yaşları, güvenilir ulaşım ağlarını korumak için gereken bütçeye kıyasla küçüktür (yüzde 0,2 ila yüzde 1,5). Bununla birlikte, sonuçlarımız maruziyet ve risk açısından coğrafi farklılıkları ortaya koymaktadır ve birçok ülke ve bölge için ulaşım varlıklarının dayanıklılığına yatırım yapmak bir öncelik olmalıdır (Rozenberg vd. 2019).

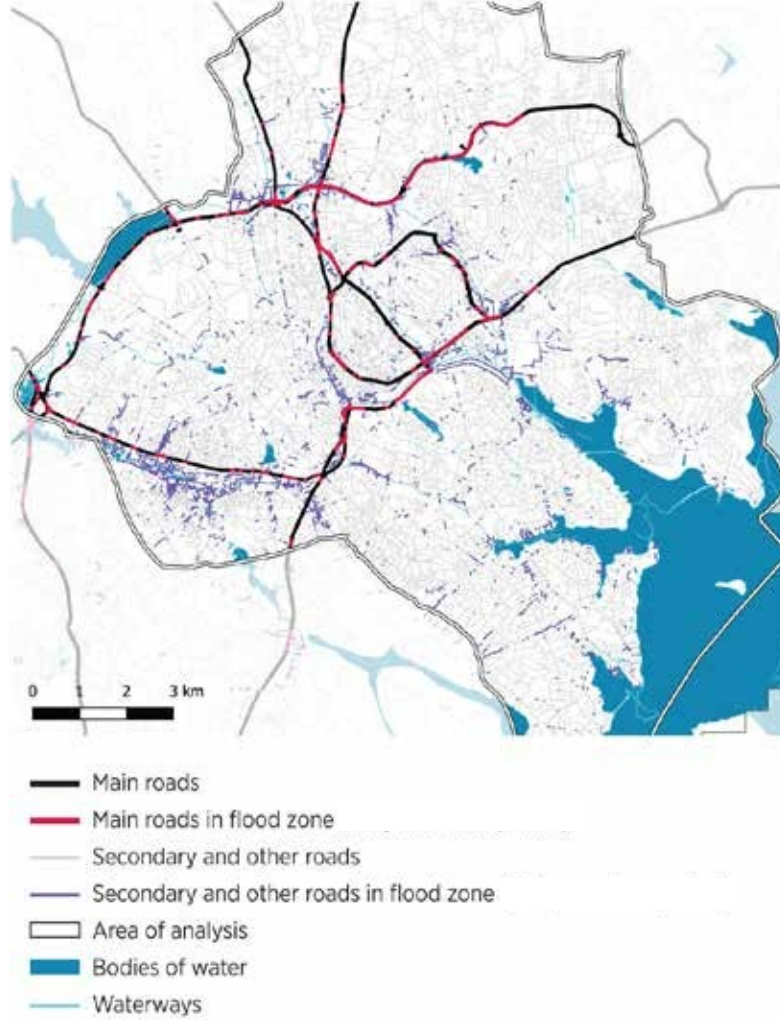
İklim değişikliği doğal tehlikelerin ulaştırma altyapısı üzerindeki etkilerini yoğunlaştıracaktır. Örneğin, Mozambik'te Kwiatkowski ve diğerleri (2019) mevcut koşullar altında nehir taşkınlarının köprüleri etkileme riskinin

Yılda 200 milyon dolar (Mozambik'in GSYİH'sinin yüzde 1,5'i) ve en kötü iklim değişikliği senaryosunda 2050 yılına kadar 400 milyon dolara ulaşabilir.

Kentsel sel ve yol ağlarına yakınlaştırma

Kentsel su baskınları, dünyanın dört bir yanındaki şehirlerde ulaşımın aksamasına yol açan başlıca nedenlerden biridir ve bu

ŞEKİL 4.9 Ulaştırma altyapısı hasarı gelir artışıyla birlikte önce artar, sonra azalır*Tehlike başına beklenen yıllık hasar (EAD), ülke gelir grubuna göre**Kaynak:* Koks ve ark. 2019.*Not:* Grafikler beklenen yıllık hasarı (EAD) mutlak olarak (üst sıra) ve yolun kilometresi (km) başına (alt sıra) göstermektedir.**ŞEKİL 4.10** Düşük ve orta gelirli ülkeler, GSYİH'lerine oranla en yüksek hasar maliyetlerini üstlenmektedir*Beklenen yıllık hasar (EAD) cinsinden çoklu tehlike riski, ülkelere göre**Kaynak:* Koks ve ark. 2019.*Not:* Panel a mutlak olarak en yüksek çoklu tehlike EAD'sine sahip 20 ülkeyi göstermektedir. Panel b, ülkenin GSYİH'sine oranla en yüksek çoklu tehlike EAD'sine sahip 20 ülkeyi göstermektedir.

HARİTA 4.4 Yol ağının su altında kalan bölümleri (50 yıllık dönüş periyodu), Kampala içi

Kaynak: Rentschler ve ark. 2019.

aksaklıklar sel bölgesinin çok ötesine uzanmaktadır. Buenos Aires'ten Darüsselam'a, Amman'a, Dakka'ya ve Cakarta'ya kadar, özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde kentsel su baskınları sık ve yıkıcı bir olaydır.

Açık kaynaklı yol ağı verileri, kentsel yol ağlarının sele ne kadar açık olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin, Rentschler ve diğerleri (2019) İç Kampala'da tüm yolların yaklaşık yüzde 4'ünün 50 yıllık geri dönüş süresine sahip bir selden etkilendiğini tahmin etmektedir. Ana yollar (otoyollar) orantısız bir şekilde

sel bölgeleri (harita 4.4). 50 yıllık bir selde, İç Kampala'daki tüm ana yolların tahmini olarak yüzde 10'u (11 kilometre) sular altında kalmakta ve tüm ana yolların yüzde 8'i 15 santimetreden daha fazla derinlikte sular altında kalarak çoğu geleneksel aracın geçişini engellemektedir.⁽⁵⁾ Bununla birlikte, yerleşim yollarının yalnızca yüzde 3'ü (45 kilometre) doğrudan etkilenmektedir.

Darüsselam'da, otobüs hızlı geçiş şeritleri, otobüs deposu ve liman erişim yolu, 4-6 milimetre/yıl gibi düşük şiddetlerdeki yağışlar nedeniyle sele maruz kalmaktadır.

24 saatlik bir süre içinde, şu anda her 2-10 yılda bir meydana gelmektedir (ICF 2019). 2050 yılına gelindiğinde, Darüsselam'ın hızlı otobüs sisteminin tüm bölümleri saatte 4-6 milimetre mertebesindeki olaylar nedeniyle rutin sel baskınlarına maruz kalacaktır. İklim değişikliği muhtemelen yağış olaylarının sıklığını ve yoğunluğunu artıracak ve böylece daha sık sel baskınlarına yol açacaktır.

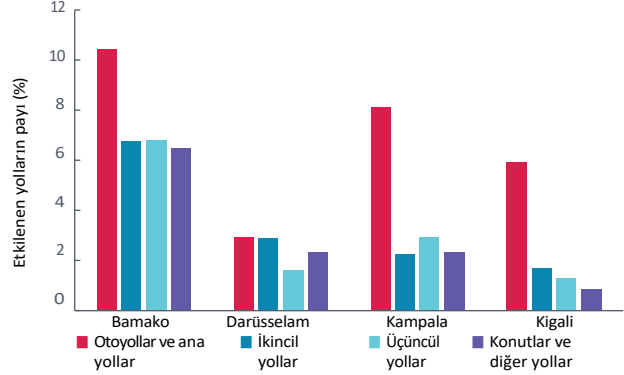
Bamako ve Kigali gibi diğer Afrika şehirlerinde de durum hemen hemen aynıdır. 50 yıllık geri dönüş periyoduna sahip bir olayda yolların önemli bir kısmı 15 santimetreden daha fazla sel derinliğinden etkilenmektedir (Şekil 4.11). Sadece Kampala'da olduğu gibi, Bamako ve Kigali'deki ana yollar selden orantısız bir şekilde etkilenmiştir. Ana yolların bu kadar yüksek oranda etkilenmesi, kentsel sellerin daha geniş kentsel ekonomi üzerinde önemli dolaylı etkilere sahip olduğunu göstermektedir çünkü sele maruz kalmayan bölgeler arasındaki bağlantıları bile etkilemektedir. Gerçekten de altyapı aksaklıkları hiçbir şekilde belirli düşük gelirli mahallelerle sınırlı değildir; altyapı sistemleri, kentsel sellerden kaynaklanan aksaklıkları geniş alanlara ileten ağlardır. Bu raporun 3. Bölümü, Kampala'nın yol ağının birkaç noktasında meydana gelen selin, hane halklarının tüm şehirdeki sağlık hizmetlerine erişimini nasıl etkileyebileceğini ortaya koymaktadır.

DOĞAL ŞOKLAR TELEKOMÜNİKASYON SİSTEMLERİNİ BOZDUĞUNDA, TÜM ÜLKELER ÇEVİRİMDİŞİ KALABİLİR

Telekomünikasyon altyapısı, yeterince yoğunsa, yapısında belirli bir düzeyde esneklik barındırır; ancak diğer kritik altyapılar gibi, akut ve kronik doğal tehlikelere karşı hassas olan arıza noktaları mevcuttur. Küresel ağları oluşturan temel telekomünikasyon altyapısı ve bilgi ve iletişim teknolojisi (ICT) aşağıdaki gibi kategorize edilebilir

- Denizaltı kabloları
- Denizaltı kabloları için iniş istasyonları
- Karasal kablolar - yeraltı ve yerüstü

ŞEKİL 4.11 Kentsel su baskınları Bamako, Darüsselam, Kampala ve Kigali'deki yol ağlarının önemli bir etkilemektedir



Kaynak: Rentschler ve ark. 2019.

Not: Şekil, 50 yıllık geri dönüş periyoduna sahip bir olayda 15 santimetreden daha fazla sel derinliğinden etkilenen yolların yüzdesini göstermektedir.

- İnternet değişim noktaları ve diğer veri merkezleri
- Kablosuz iletim altyapısı - kuleler ve antenler.

Tablo 4.1, Birleşik Krallık, Amerika Birleşik Devletleri ve akademik çevrelerdeki kamu sektörü kurumları tarafından yaptırılan çalışmalara dayanarak çeşitli iklimsel olayların telekomünikasyon altyapısı üzerindeki etkilerini göstermektedir. Tabloda görüldüğü gibi, akut olaylar neredeyse tüm altyapı türleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve depremler (yüksek yoğunluklu) altyapı yelpazesi genelinde en yıkıcı olanıdır.

Veri merkezleri ve iniş istasyonları, operasyonlarında yer alan büyük miktarlardaki ICT ekipmanı nedeniyle özellikle sele karşı savunmasızdır. Sonuç olarak, denizaltı kablo iniş istasyonları, uzun vadeli iklim değişikliğinin en doğrudan etkilerinden biri olan deniz seviyesindeki yükselmeye karşı en savunmasız olanlardır.

Genişbant değer zincirini kullanarak farklı BİT altyapısı türlerine yönelik iklim risklerini analiz etmek, her bir varlık türüne yönelik hasarın etkilerine ilişkin anlayışımızı geliştirebilir. Geniş bant değer zinciri üç geniş segmentten oluşmaktadır:

TABLO 4.1 İklim olayları ve telekomünikasyon altyapısı üzerindeki etkileri

Altyapı	İç ve kıyı taşkınları	Depremler	Tsunamiler	Deniz seviyesi nin yükselmesi	Yüksek sıcaklıklar	Su kıtlığı	Şiddetli rüzgarlar ve fırtınalar
Denizaltı kablosu (derin deniz)	L	H	M	L	L	L	L
Denizaltı kablosu (kıyıya yakın)	L	H	H	L	L	L	L
İniş istasyonu	H	H	H	H	L	L	L
Karasal kablolar (yeraltı)	M	H	L	L	L	L	L
Karasal kablolar (karadan)	L	M	L	L	L	L	M
Veri merkezleri	H	M	L	L	M	M	L
Kablosuz iletişim antenleri	L	M	L	L	L	L	H

Kaynak: Adams . 2014; Dawson vd. 2018; Fu, Horrocks ve Winnie 2016; ve ABD İç Güvenlik Bakanlığı 2017'den uyarlanmıştır.

Not: L= düşük; M= orta; H= yüksek.

- *İlk mil.* Denizaltı kabloları veya karasal sınır ötesi bağlantılar aracılığıyla uluslararası İnternet bağlantısı
- *Orta mil.* İlk mil bağlantı kaynaklarını nüfus merkezlerine bağlayan yurtiçi bağlantı altyapısı - çoğunlukla mevcut bağlantı rotaları (ulaşım ve enerji) boyunca uzanan kablolar
- *Son kilometre.* Bireyleri ve binaları telekomünikasyon ağlarına bağlayan altyapı - yerel dolaplardan, mobil kulelerden veya Wifi vericilerinden eve giden fiber veya kablo.

İlk kilometre altyapısı kritiktir ve depremlere, tsunamilere ve toprak kaymalarına karşı en savunmasız olanıdır

Birinci mil altyapısı, neredeyse tüm kıyı ve ada ülkelerindeki iniş istasyonları aracılığıyla karasal ağlara bağlanan 370'ten fazla denizaltı kablo sistemine karşılık gelmektedir. Küresel internetin ana arterleri olan bu kablo sistemleri, neredeyse tüm uluslararası finansal işlemler de dahil olmak üzere dünyanın bilgisini taşımaktadır. Denizaltı kablo sistemlerindeki arızaların sayısı ve sıklığı düşük olsa da, dünyanın sismik eğilimli bölgeleri

faaliyetler denizaltı kablo onarım ekiplerini oldukça meşgul etmektedir. Örneğin, doğu Çin ve özellikle Tai-wan, Çin ile Çin anakarası arasında sık sık meydana gelen denizaltı depremleri neredeyse haftada bir kablo kopmasına neden olmaktadır (Brandon 2013). Oldukça aktif bir limanın varlığı, çoğunlukla deniz tabanındaki denizaltı kablolarına çarpan düşmüş veya sürüklenen çapalardan kaynaklanan daha sık kablo kopmalarına katkıda bulunur.

Denizaltı kablo sistemleri en çok depremler ve deniz tabanındaki toprak kaymaları nedeniyle risk altındadır (tablo 4.1). Bu kırılganlık iniş istasyonlarını da kapsamaktadır, ancak modern inşaat teknikleri bu istasyonların bulunduğu binaların dayanıklılığını artırmıştır. Bununla birlikte, kıyı taşkınları ve tsunamiler iniş istasyonlarına büyük zarar verebilirken, açık deniz kablolarının kendileri korunabilir. Aralık 2006'da Çin'in Tayvan adasında ve Luzon Boğazı'nda meydana gelen büyük Hengchun Depremi, denizaltı kablo sistemlerinin kesintiye uğramasının en ciddi örneklerinden biriydi. Depremlerin tetiklediği deniz altı toprak kaymaları ve ardından oluşan turbülanslı akıntılar 300 kilometreden fazla yol kat ederek yedi kablo sisteminde 19 kopmaya neden olmuştur. Hasar görenlerden bazıları

Kablolar 4.000 metre derinlikteydi. Onarımlar 49 gün boyunca 11 gemi tarafından gerçekleştirilmiştir.

Çin; Japonya; Filipinler; Singapur; Tayvan, Çin ve Vietnam'ın internet bağlantıları ciddi şekilde etkilenmiş ve tüm ülkeler uluslararası kapasitelerinin bir kısmını kaybetmiştir. Finansal hizmetler, havayolları ve gemi taşımacılığı sektörleri önemli ölçüde etkilendi ve Tayvan, Çin'de ticaret genel olarak durma noktasına geldi. Trafik, hasar görmemiş altyapı kullanılarak hızla yeniden yönlendirildi, ancak üzerlerindeki baskı daha düşük kaliteli hizmet, gecikmeler ve aşırı yüklenme nedeniyle bu kablo sistemlerinde arızalara neden oldu. Depremi ardından, kesintinin etkisini tahmin etmek için Çin'de bir araştırma yapıldı ve sonuçlar şaşırtıcıydı. Çinli internet kullanıcılarının yüzde 97'sinin yabancı web sitelerini ziyaret ederken sorunlarla karşılaştığı ve yüzde 57'sinin hayatlarının ve işlerinin etkilendiğini düşündüğü tespit edilmiştir (APEC Sekreteryası 2013).

Orta mil altyapısı yedeklilik ile korunabilir

Geniş bant ağlarının orta kilometresi, karayollarına benzer şekilde, bir ülke içindeki nüfus merkezlerini birbirine bağlayan telekomünikasyon altyapısından oluşur. Karasal sınırları aşarak uluslararası bağlantı kurabilen bu bağlantı yolları küresel internetin bir parçasıdır. İyi gelişmiş tele-iletişim sektörlerine sahip ülkeler, güzergah başına daha fazla sayıda güzergah ve taşıyıcı ile yoğun orta mil ağlarına sahiptir. Elektriğin aksine, iletim güzergahları iki yönlü trafik taşır. Bu nedenle, ağır bir noktada meydana gelen bir kesinti, aşağı akıştaki her şeyin bağlantısız olduğu anlamına gelmez. Ağın büyük bir kısmı, mevcut alternatif güzergahlar kullanılarak, hatta belki de arıza noktasının aşağısından başlayarak yeniden canlandırılabilir.

Orta mesafe altyapısına (yerüstü ve yeraltı kabloları) yönelik başlıca riskler depremler, toprak kaymaları ve şiddetli rüzgarlardır. Yeraltı altyapısı da sel riski altındadır. Kıyı boyunca uzanan altyapı-

hatları, birden fazla tehlikeye maruz kalmaları nedeniyle belki de en fazla risk altındadır.

Son kilometre altyapısı en çok maruz kalan altyapıdır, ancak hızlı bir şekilde toparlanabilir

Son kilometre erişiminde en yaygın olan altyapı - direkler ve antenler - fiziksel olarak oldukça dayanıklıdır ve önemli iklim baskılara dayanabilir. Örneğin, mobil antenler saatte 250 kilometreye varan rüzgarlara dayanabilir ve karasal kablolar ya kanallarda yer altında ya da şehir merkezlerindeki ahşap ve metal direklerde bulunur. Ancak, devrilen ağaçlar veya yerinden oynayan enkazlar arızalara neden olabilir ve bu durumlarda kaçınılmazdır. Bu nedenle, bir afet durumunda hizmetlerin zamanında geri kazanılmasını sağlayacak yatırımlar, açıkta kalan son kilometre varlıklarını korumaya yönelik yatırımlardan daha etkili olabilir.

Veri merkezleri iklim koşullarına ve aşırı olaylara karşı da savunmasızdır

Dijital eko sistemin bir diğer önemli unsuru -ve artık temel bir dijital altyapı- küresel olarak kullanılan çeşitli web sitelerini, hizmetleri ve uygulamaları barındıran veri merkezleridir. Ponemon Enstitüsü (2016) tarafından 63 veri merkezini kapsayan bir araştırmaya göre, veri merkezi kesintilerinin yüzde 10 ila yüzde 12'si hava koşullarından kaynaklanmaktadır.

Ocak 2015'te binlerce Perth sakini kendilerini aniden internetten kopmuş halde buldu. İnternet servisi sağlayıcısı, veri merkezinin bir bölümünde soğutma sistemi arızası yaşamıştı. Normal şartlar altında bu arıza ağ kesintilerine yol açmayabilirdi, ancak o yıl yazın en sıcak ikinci günü sunucu korkusuna yol açtığından, İnternet hizmet sağlayıcısı arızalı soğutma sisteminden etkilenen sunucuları kapattı. Konut müşterileri için can sıkıcı ve külfetli olsa da, bağlantı kaybının ekonomik etkisi işletmeler tarafından neredeyse anında hissedilir. Kredi kartı ile ödeme yapmak gibi basit işler

İnternet bağlantısı olmadan kart imkansız hale gelir.

İklim değişikliğinin kronik değişiklikler yoluyla telekomünikasyon üzerinde geniş kapsamlı etkileri olabilir, çünkü özellikle soğutma, internetin temeli olan veri merkezlerinin temel bir gereksinimidir. Yükselen sıcaklıklar ve alçalan su seviyeleri, soğutmayı endüstriyel ölçeklerde giderek daha zor hale getirecektir. Veri merkezi trendlerini takip eden Uptime Institute, bugün telekomünikasyon şirketlerinin sunucularını çalıştırma maliyetinin neredeyse yüzde 80'ini soğutma harcaabileceğini tahmin ediyor.

ALTYAPI BAZEN DOĞAL RISKLER YARATIR VEYA ARTIRIR

Altyapı varlıkları sadece risklere maruz kalmaz, aynı zamanda risk yaratır ve riskleri artırabilir. Bazen altyapı doğrudan bir tehlike yaratır, örneğin elektrik iletim ve dağıtım hatlarının orman yangınlarını tetiklemesi gibi. Kaliforniya'da 2007 yılında San Diego Gas and Electric, iki kişinin ölümüne ve 1.300 evin tahrip olmasına yol açan üç yangından kaynaklanan 2 milyar dolarlık zarardan sorumlu tutulmuştur (Daniels 2017). Büyük rezervuarlar, sismik aktivitenin yüksek olduğu bölgelerde depremlerin sıklığını artırabilir ve sismik olarak aktif olmadığı düşünülen bölgelerde depremlerin meydana gelmesine neden olabilir. Bazen altyapı, doğal afetler (doğal bir tehlike tarafından tetiklenen tekno-mantıksal afetler) yoluyla doğal riskleri büyütür. Örneğin, 2011 yılında Japonya'da meydana gelen Fukushima nükleer kazası, deprem ve tsunami tarafından tetiklenen teknolojik bir kazaydı. Bazen, altyapı tehlikenin kendisini etkilemeyebilir ancak tehlikeye maruz kalmayı artırabilir. İnsanları ve yatırımları riskli bölgelere çeken ulaşım, enerji veya su altyapısının geliştirilmesi buna bir örnektir.

Kentsel altyapı ve

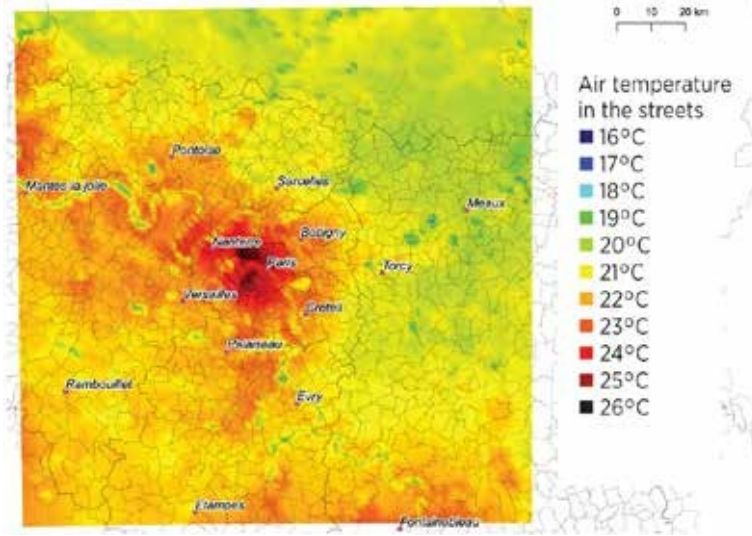
Klima sıcak hava dalgalarını kötüleştiriyor
hava dalgaları halihazırda şehirlerde refah ve sağlık için büyük bir tehdit oluşturuyor ve bu tehdit **daha** da artacak.

iklim değişikliği ile birlikte büyük ölçüde artmaktadır. Şehirlerdeki aşırı sıcak dalgaları, hava kalitesinin kötüleşmesine ve özellikle çocuklar ve yaşlılar gibi hassas gruplar arasında sıcağa bağlı çok sayıda sağlık sorununa ve hatta ölüme yol açmaktadır. Günümüzde bu tür olayların etkisi büyüktür: 2015 yılında Delhi'de yaşanan bir sıcak hava dalgasında 2.000'den fazla ölüm kaydedilmiştir. Ortalama maksimum sıcaklığın en az 35°C olduğu üç günlük bir dönem olarak tanımlanan aşırı sıcaklara 350'den fazla şehrin ve 200 milyondan fazla insanın düzenli olarak maruz kaldığı tahmin edilmektedir. 2050 yılına kadar, 970'ten fazla şehirde etkilenen insan sayısı yüzde 700 artarak 1,6 milyara ulaşacaktır (Viguié vd. 2019).

Kentsel altyapı, kentsel ısı adası etkisi ve iklimlendirme sistemleri yoluyla sıcak hava dalgalarına katkıda bulunur. Kentsel ısı adası etkisinde, şehirler çevrelerindeki alanlardan daha sıcaktır çünkü ısıyı emen yapıları yüzeylerden oluşurlar (harita 4.5). Asfalt yollar gibi şehirlerin işleyişi için gerekli olan ulaşım altyapısı da bu etkiye katkıda bulunmaktadır. Yüksek sıcaklık seviyeleriyle başa çıkabilmek için kent sakinleri ve işletmeler iç mekanları serin tutmak amacıyla klimaya başvurmaktadır. Ancak klima sistemleri genellikle dışarıya sıcak hava yaymakta ve böylece genel kentsel ısı adası etkisini daha da artırmaktadır.

Sıcak hava dalgaları, özellikle elektrik talebini artırarak altyapıyı zorlamaktadır. Viguié ve diğerleri (2019) Paris'te yaptıkları bir vaka çalışmasında, daha sık ve daha sıcak hava dalgalarının iklimlendirme üzerindeki etkisini simüle etmiştir. Tüm binalarda 23°C'lik bir sıcaklığı korumak için, nihai enerji tüketiminde yılda ortalama 1,134 terawatt-saatlik bir artış öngörmektedirler. Bir sıcak hava dalgası sırasında, soğutmadan kaynaklanan ek enerji tüketimi, Paris'teki ofisler ve konutlar için mevcut ortalama günlük elektrik tüketiminin yüzde 81'ine karşılık gelmektedir. Bu ilave talep önemli bir sorun teşkil etmekte ve özellikle güç sistemlerinin yetersiz olduğu ve artan enerji tüketimine ayak uydurmakta zorlandığı yerlerde kesintilere yol açabilmektedir.

HARİTA 4.5 2003'tekine benzer bir sıcak hava dalgasının dokuz gün sürmesinin ardından, sabah saat 4'te Büyük Paris sokaklarındaki hava sıcaklığının simülasyonu



Kaynak: Viguié ve ark. 2019.

Not: Paris'in merkezi ile kırsal kesim arasındaki 6°C'lik sıcaklık farkı ile kentsel ısı adası etkisi açıkça görülmektedir.

Altyapı sistemlerinin karşılıklı bağımlılıkları bir şokun etkilerini artırabilir

Belirli şokların belirli altyapı sistemlerini nasıl etkilediğini anlamak önemli olsa da, altyapı sistemleri birbirine bağlı olduğundan, tek başına yapılan bu tür analizlerin bir olayın gerçek etkisini hafife alması muhtemeldir. Bu bağlantılar ya da karşılıklı bağımlılıklar fiziksel, siber, coğrafi ve mantıksal olarak sınıflandırılabilir. Fiziksel karşılıklı bağımlılık, başka bir sisteme maddi olarak bağımlı olan bir sistemi tanımlar. Siber bağımlılık, işleyen bilgi altyapısına bağımlı olan bir sistemi ifade eder. Coğrafi bağımlılık, yerel sistemleri aynı anda değiştirebilen bir ortamı tanımlar. Son olarak mantıksal karşılıklı bağımlılık, fiziksel, siber veya coğrafi olarak tanımlanamayan iki veya daha fazla sistem arasındaki diğer tüm bağlantıları sınıflandırmak için kullanılabilir (Rinaldi, Peerenboom ve Kelly 2001).

Bir şok durumunda, bir altyapı sistemindeki aksaklıklar, aşağıdaki durumlara dönüşebilir

bağımlı sistemlerde aksaklıklara ve orijinal olayın etkisini büyük ölçüde artıran basamaklı bir etkiye neden olur (Kadri, Birregah ve Châtelet 2014). Bu tür domino etkilerinin öngörülmesi zordur çünkü her birinin ayrı ayrı anlaşılması zor olan son derece karmaşık birkaç sistemin etkileşiminden oluşurlar. Birbirine bağımlı altyapı sistemlerini modellemek için kapsam, karmaşıklık ve veri gereksinimleri açısından farklılık gösteren çeşitli yaklaşımlar benimsenebilir, ancak bunlar genellikle bu ilişkileri doğru bir şekilde ölçmekten ziyade karşılıklı bağımlılıkların doğasını ve yönünü tasvir etmek için daha kullanışlıdır (Barker ve Santos 2010; Ouyang 2014). Örneğin elektrik şebekelerinde, kritik altyapılar arası bağımlılıklar elektrik altyapısını ulaşım, su temini ve ICT altyapısı ile petrol ve gaz tedarikine bağlar. Bu bileşenlerden herhangi birindeki aksaklıklar diğer tüm sistemlerde kesintilere neden olabilir ve bir şoktan sonra restorasyonu zorlaştırabilir. Bu durum, hazırlık ve toparlanma sürecinde farklı aktörler arasında koordinasyon ihtiyacını bir kez daha vurgulamaktadır

faaliyetleri (Wender, Morgan ve Holmes 2017).

Bu bölümde altyapı ağlarının maruz kaldığı doğal afetler ve iklim değişikliği nedeniyle karşılaştıkları zararlara ilişkin yeni analizler sunulmuştur. Ancak, afetlerin etkileri altyapı varlıklarına verilen doğrudan zararların çok ötesine geçmekte ve doğrudan etkilenmeyen bölgelere ve ekonomik aktörlere de yayılabilmektedir. Bu raporun bir sonraki bölümünün konusu budur.

NOTLAR

1. Kesinti olaylarının geri kalan yüzde 1'inin nedeni bilinmemektedir.
2. Aşırı sıcak günler ve kuraklık da yüksek frekanslı olaylardır, ancak etkileri çoğunlukla olay sırasında hizmet sürekliliği üzerinedir ve varlığın bütünlüğünü çok nadiren etkiler.
3. Normalde, maksimum tasarım depremi için geri dönüş süresi 10.000'dir. Ancak, küresel veri seti yalnızca 2.475 yıla kadar dönüş periyoduna sahip olduğundan, değerlendirme için bu temel alınmıştır ve yine de yaklaşık deprem tehlikesi seviyesini göstermelidir.
4. Analiz, 250, 475, 950, 1.500 ve 1.500'lük dönüş dönemleri için PGA tehlike haritalarına bakar. 2,475 yıl.
5. Teknik olarak, 20 santimetreye kadar olan sel derinlikleri çoğu aracın seyretmesi için güvenli olabilir. Ancak uygulamada -ve teyit edilen anekdotlara göre- sürücüler su derinliklerini tam olarak ölçemezler ve bu nedenle su altında kalan yollardan kaçınmaları gerekir.

REFERANSLAR

- Adams, P., J. Steeves, B. Ashe, J. Firth ve B. Rabb. 2014. "Telekomünikasyon ve Veri Merkezi Hizmetleri için İklim Riskleri Çalışması." Genel Hizmetler İdaresi için Rapor, Washington, DC: APEC (Asya-Pasifik Ekonomik İşbirliği) Sekreteryası. 2013. "Denizaltı Kablo Kesintilerinin Ekonomik Etkisi." APEC#213-SE-01.2, APEC Sekreterliği, Singapur.
- Argyroudis, S., ve A. M. Kaynia. 2014. "Karayolu ve Demiryolu Altyapısının Kırılganlık Fonksiyonları." *SYNER-G: Typology Definition and Fragility Functions for Physical Elements at Seismic Risk-Buildings, Lifelines, Transportation Networks, and Critical Facilities içinde*, editörler K. Pitilakis, H. Crowley, ve A. M. Kaynia, 299-326. Dordrecht: Springer Hollanda.
- Bagriacik, A., R. A. Davidson, M. W. Hughes, B. A. Bradley, ve M. Cubrinovski. 2018. "Su Boru Hatlarında Deprem Hasarının Modellenmesinde İstatistiksel ve Makine Öğrenimi Yaklaşımlarının Karşılaştırılması." *Zemin Dinamiği ve Deprem Mühendisliği* 112 (Eylül): 76-88.
- Barker, K., ve J. R. Santos. 2010. "Kilit Ekonomik ve Altyapı Sistemlerinin Belirlenmesi için Risk Tabanlı Bir Yaklaşım." *Risk Analizi* 30 (6): 962-74.
- Barrington-Leigh, C., ve A. Millard-Ball. 2017. "Dünyanın Kullanıcı Tarafından Oluşturulan Yol Haritası %80'den Fazla Tamamlandı." *PLoS One* 12 (8): e0180698.
- Bates, P. D., M. S. Horritt, ve T. J. Fewtrell. 2010. "Verimli İki Boyutlu Taşkın Su Baskını Modellemesi için Sığ Su Denklemlerinin Basit Bir Atalet Formülasyonu." *Hidroloji Dergisi* 387 (1-2): 33-45.
- Brandon, J. 2013. "Dünyamızı Kabloleyen Kablo Korumak." *Popular Mechanics*, 15 Mart.
- Ulaştırma İstatistikleri Bürosu. 2018. "Uçuş Rötür ve İptallerinin Nedenlerinin Yetersiz Raporlanması." Ulaştırma İstatistikleri Bürosu, Washington, DC, 29 Mart.
- Cambridge Systematics Institute ve Texas Transportation Institute. 2005. *Trafik Sıkışıklığı ve Güvenilirlik: Tıkanıklığın Azaltılması için Eğilimler ve Gelişmiş Stratejiler*. Medford, MA: Cambridge Systematics Institute; College Station, TX: Teksas Ulaştırma Enstitüsü.
- Cardona, O. D., G. A. Bernal, M. G. Ordaz, M. A. Salgado-Gálvez, S. K. Singh, M. G. Mora ve C. P. Villegas. 2015. "Küresel Düzeyde Doğal Risklerin Olasılıksal Modellemesine İlişkin Güncelleme: Küresel Risk Modeli-Küresel Deprem ve Tropikal Siklon Tehlike Değerlendirmesi; Depremler, Tropikal Siklonlar (Rüzgar ve Fırtına Dalgası), Seller, Tsunami ve Volkanik Patlamalar için Ülke Düzeyinde Afet Risk Değerlendirmesi." GAR15 için arka plan belgesi, CIMNE ve INGENIAR Konsorsiyumu, Barselona ve Bogota.
- Cervigni, R., R. Liden, J. E. Neumann ve K. M. Strzepek. 2015. *Afrika'nın Altyapısının İklim Direncinin Artırılması: Enerji ve Su Sektörleri*. Washington, DC: Dünya Bankası.
- Chang, S. E., ve N. Nojima. 2001. "Afet Sonrası Ulaşım Sistemi Performansının Ölçülmesi: Karşılaştırmalı Perspektifte 1995 Kobe Depremi." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 35 (6): 475-94.
- Damania, R., S. Desbureaux, M. Hyland, A. Islam, S. Moore, A.-S. Rodella, J. Russ ve E. Zaveri.

2017. *Keşfedilmemiş Sular: Su Kıtılığı ve Değişkenliğinin Yeni Ekonomisi*. Washington, DC: Dünya Bankası.
- Daniels, J. 2017. "Güney Kaliforniya Kamu Hizmetleri, Orman Yangınlarını Önlemek İçin 'Aşırı' Rüzgarlı Havalarda Elektriği Kapattı." CNBC, 13 Aralık.
- Dawson, R. J., D. Thompson, D. Johns, R. Wood, G. Darch, L. Chapman, P. N. Hughes, G. V. R. Watson, K. Paulson, S. Bell, S. N. Gosling, W. Powrie ve J. W. Hall. 2018. "Altyapıya Yönelik İklim Risklerinin Ulusal Değerlendirmesi için Bir Sistem Çerçevesi." *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical, and Engineering Sciences* 376 (2121): 20170298.
- Dhaka Tribune. 2019. "Nor'wester 6,000 Hücresini Devirdi." 1 Nisan. <http://www.dhakatribune.com/bangladesh/nation/2019/04/01/nor-wester-knocks-out-6-000-cell-towers>.
- Doll, C., S. Klug, ve R. Enei. 2014. "Büyük ve Küçük Sayılar: Aşırı Uçların Ulaşım Üzerindeki Maliyetlerinin Şimdi ve 40 Yıl İçinde Ölçülmesine Yönelik Seçenekler." *Doğal Tehlikeler* 72 (1): 211-39.
- Enei, R., C. Doll, S. Klug, I. Partzsch, N. Sedlacek, J. Kiel, N. Nesterova, L. Rudzikaite, A. Papanikolaou ve V. Mitsakis. 2011. *Ulaşım Sistemlerinin Kırılganlığı: Ana Rapor*. Karlsruhe: Fraunhofer-Sistem ve İnovasyon Araştırmaları Enstitüsü.
- Fu, G., L. Horrocks ve S. Winnie. 2016. "İklim Değişikliğinin İngiltere'nin BİT Altyapısı Üzerindeki Etkisinin Araştırılması." *Infrastructure Asset Management* 3 (1): 42-52.
- Hu, X., R. Pant, C. Zorn, W. Lim, E. Koks ve Z. Mao. 2019. "Çin Atık Sektörünün Sel ve Deprem Tehlikelerine Maruz Kalma Analizi Metodolojisi ve Bulguları." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- ICF (Investment Climate Facility). 2019. "Darüselam Ulaşım Altyapısının İklim Direncinin Stratejik Değerlendirmesi." ICF, Afrika Kalkınma Bankası, Abidjan.
- IHA (Uluslararası Hidroelektrik Birliği). 2019. *Hidroelektrik Sektörü İklim Esnekliği Kılavuzu*. Londra: IHA.
- Jonkeren, O., P. Rietveld, J. van Ommeren ve A. te Linde. 2014. "Avrupa'da İç Su Yolu Taşımacılığı için İklim Değişikliği ve Ekonomik Sonuçları." *Bölgesel Çevresel Değişim* 14 (3): 953-65.
- Kadri, F., B. Birregah, ve E. Châtelet. 2014. "Doğal Afetlerin Kritik Altyapılar Üzerindeki Etkisi: Domino Etkisine Dayalı Bir Çalışma." *Journal of İç Güvenlik ve Acil Durum Yönetimi* 11 (2): 217-41.
- Kakderi, K., ve S. Argyroudis. 2014. "Su ve Atık Su Sistemlerinin Kırılganlık Fonksiyonları." *SYNER-G: Typology Definition and Fragility Functions for Physical Elements at Seismic Risk-Buildings, Lifelines, Transportation Networks, and Critical Facilities*, edited by K. Pitilakis, H. Crowley, A. M. Kaynia, 221-58. Dordrecht: Springer Hollanda.
- Khan, I., F. Alam, ve Q. Alam. 2013. "Küresel İklim Değişikliği ve Bangladeş'te Elektrik Üretimine Etkisi." *Enerji Politikası* 61 (Ekim): 1460-70.
- Koks, E., J. Rozenberg, C. Zorn, M. Tariverdi, M. Voudoukas, S. A. Fraser, J. Hall ve S. Hallegatte. 2019. "Karayolu ve Demiryolu Altyapı Varlıklarının Küresel Çoklu Tehlike Risk Analizi." Forthcoming in *Nature Sustainability*.
- Koetse, M. J., ve P. Rietveld. 2009. "İklim Değişikliği ve Hava Koşullarının Ulaşım Üzerindeki Etkisi: Ampirik Bulgulara Genel Bir Bakış." *Ulaşım Araştırmaları Bölüm D: Ulaşım ve Çevre* 14 (3): 205-21.
- Kressig, A., L. Byers, J. Friedrich, T. Luo ve C. McCormick. 2018. "Su Stresi Dünyadaki Termik Santral Kapasitesinin Neredeyse Yarisını Tehdit Ediyor." Dünya Kaynakları Enstitüsü (blog), Nisan 11. <https://www.wri.org/blog/2018/04/water-stres-tehditler-yaklaşık-yarım-dünya-termal-güç-tesis-kapasitesi>.
- Kwiatkowski, K., Y. Qiao, S. Young, E. Bell ve R. Medina. 2019. "Mozambik'te İklim Değişkenliğine Bağlı Olarak Sel Kaynaklı Köprü Arızası Riskinin Ölçülmesi." New Hampshire Üniversitesi.
- Lehner, B., C. R. Liermann, C. Revenga, C. Vörösmarty, B. Fekete, P. Crouzet, P. Döll, M. Endejan, K. Frenken, J. Magome, C. Nilsson, J. Robertson, R. Rödel, N. Sindorf, ve D. Wisser. 2019. "Küresel Rezervuar ve Baraj (GRAND) Veri Tabanı. Teknik Dokümantasyon." Küresel Su Sistemi Projesi, Bonn.
- Ludvigsen, J., ve R. Klæboe. 2014. "Avrupa'da Aşırı Hava Koşullarının Yük Demiryolları Üzerindeki Etkileri." *Doğal Tehlikeler* 70 (1): 767-87.
- Luo, T., D. Krishnan, ve S. Sen. 2018. "Kurak Güç: Hindistan'ın Enerji Sektörü için Su Talepleri, Riskler ve Fırsatlar." World Resources Institute, Washington, DC.
- Meijer, J. R., M. A. J. Huijbregts, K. C. G. J. Schotten, ve A. M. Schipper. 2018. "Mevcut ve Gelecekteki Yol Altyapısının Küresel Örüntüleri." *Environmental Research Letters* 13 (6): 064006.

- Mideksa, T. K., ve S. Kallbekken. 2010. "İklim Değişikliğinin Elektrik Mar- ketine Etkisi: Bir İnceleme." *Enerji Politikası* 38 (7): 3579-85.
- Miyamoto Uluslararası. 2019. "Altyapı Direncini Artırmaya Yönelik Mühendislik Seçeneklerine Genel Bakış." Dünya Bankası, Washington, DC.
- Moss, R. E. S., E. M. Thompson, D. S. Kieffer, B. Tiwari, Y. M. A. Hashash, I. Acharya, B. R. Adhikari, D. Asimaki, K. B. Clahan, B. D. Collins, S. Dahal, R. W. Jobson, D. Khadka, A. McDonald, C. L. Madugo, B. Mason, M. Pehlivan, D. Rayamajhi, ve S. Upreti. 2015. "2015 Büyüklüğü 7.8 Gorkha, Nepal Depremi ve Artçı Şoklarının Jeoteknik Etkileri." *Seismological Research Letters* 86 (6): 1514-23.
- Muis, S., M. Verlaan, H. C. Winsemius, J. C. J. H. Aerts, ve P. J. Ward. 2016. "Fırtına Dalgalanmaları ve Aşırı Deniz Seviyelerinin Küresel Yeniden Analizi." *Nature Communications* 7 (11969).
- Nicolas, C., E. Koks, A. Potter van Loon, C. Arderne, C. Zorn, ve S. Hallegatte. 2019. "Küresel Enerji Sektörü Doğal Afetlere Maruz Kalma ve Risk Değerlendirmesi." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Nicolas, C., J. Rentschler, A. Potter van Loon, S. Oguah, S. Schweikert, M. Deinert, E. Koks, C. Arderne, D. Cubas, J. Li ve E. Ichikawa. 2019. "Daha Güçlü Güç: Enerji Sektörünün Doğal Afetlere Karşı Direncinin Artırılması." Bu rapor için sektör notu, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Ouyang, M. 2014. "Birbirine Bağlı Kritik Altyapı Sistemlerinin Modellenmesi ve Simülasyonu Üzerine İnceleme." *Güvenilirlik Mühendisliği ve Sistem Güvenliği* 121 (Ocak): 43-60.
- Panteli, M., ve P. Mancarella. 2015. "Aşırı Hava Koşulları ve İklim Değişikliğinin Güç Sistemlerinin Dayanıklılığı Üzerindeki Etkisi: Etkiler ve Olası Azaltma Stratejileri." *Elektrik Güç Sistemleri Araştırması* 127 (Ekim): 259-70.
- Patt, A., S. Pfenninger ve J. Lilliestam. 2013. "Güneş Enerjisi Altyapısının ve Çıktısının İklim Değişikliğine Karşı Hassasiyeti." *İklim Değişikliği* 121 (1): 93-102. <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-013-0887-0>.
- Ponemon Enstitüsü. 2016. "Veri Merkezi Yaşlanmasının Maliyeti." Ponemon Enstitüsü, Traverse City, MI.
- Rentschler, J., M. Obolensky ve M. Kornejew. 2019. "Rüzgârda Mum mu? Doğal Şoklara Karşı Enerji Sistemi Direnci." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Rentschler, J., J. Braese, N. Jones ve P. Avner. 2019. "Üç Ayak Altında: Su Baskınlarının Kentsel İşler, Bağlantı ve Altyapı Üzerindeki Etkileri." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Rinaldi, S. M., J. P. Peerenboom, ve T. K. Kelly. 2001. "Kritik Altyapı Karşılıklı Bağımlılıklarının Belirlenmesi, Anlaşılması ve Analiz Edilmesi." *IEEE Kontrol Sistemleri Dergisi* 21 (6): 11-25.
- Rozenberg, J., X. Espinet Alegre, P. Avner, C. Fox, S. Hallegatte, E. Koks, J. Rentschler ve M. Tariverdi. 2019. "Kayalık Bir Yoldan Yumuşak Bir Yelkene: Doğal Afetlere Karşı Ulaşım Direnci Oluşturmak." Bu rapor için sektör notu, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Sampson, C. C., A. M. Smith, P. B. Bates, J. C. Neal, L. Alfieri ve J. E. Freer. 2015. "Yüksek Çözünürlüklü Küresel Taşkın Tehlike Modeli." *Su Kaynakları Araştırması* 51 (9): 7358-81.
- Schweikert, A. E., L. Nield, E. Otto ve M. Deinert. 2019. "Dayanıklılık ve Kritik Güç Sistemi Altyapısı: Doğal Afetlerden Çıkarılan Dersler ve Gelecekteki Araştırma İhtiyaçları." Bu rapor için arka plan çalışması, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Scussolini, P., J. C. J. H. Aerts, B. Jongman, L. M. Bouwer, H. C. Winsemius, H. De Moel ve P. J. Ward. 2016. "FLOPROS: Gelişen Küresel Taşkın Koruma Standartları Veritabanı." *Natural Hazards and Earth System Sciences* 16 (May 3): 1049-61.
- Stip, C., Z. Mao, L. Bonzanigo, G. Browder ve J. Tracy. 2019. "Su Altyapısının Esnekliği: Barajlar, Atıksu Arıtma Tesisleri ve Su Temini ve Sanitasyon Sistemlerinden Örnekler." Bu rapor için sektör notu, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Tolman, H. L. 2009. "WAVEWATCH III TM Version 3.14 Kullanıcı Kılavuzu ve Sistem Dokümantasyonu." Teknik Not, MMAB Katkısı 276, ABD Ticaret Bakanlığı, Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi, Ulusal Hava Servisi, Ulusal Çevre Tahmin Merkezleri, Camp Springs, MD.
- ABD İç Güvenlik Bakanlığı. 2017. "Denizaltı Kablo İletişimine Yönelik Tehditler." Kamu-Özel Analitik Değişim Programı, Washington, DC, Eylül.
- ABD İç Güvenlik Bakanlığı ve ABD Enerji Bakanlığı. 2017. "Barajlar ve Enerji Sektörleri Karşılıklı Bağımlılık Çalışması: 2011 Çalışmasının Güncellemesi." ABD İç Güvenlik Bakanlığı ve ABD Enerji Bakanlığı, Washington, DC.
- Van Vliet, M. T. H., J. Sheffield, D. Wiberg, ve E. F. Wood. 2016. "Son Kuraklığın Etkileri ve

- Dünya Çapında Su Kaynakları ve Elektrik Arzı Üzerinde Sıcak Yıllar." *Environmental Research Letters* 11 (12): 124021.
- Viguié, V., A. Lemonsu, S. Hallegatte, A.-L. Beaulant, C. Marchadier, V. Masson, G. Pigeon ve J.-L. Salagnac. 2019. "Sıcak Hava Dalgalarına Erken Adaptasyon ve Şehirlerde Klima Enerjisi Kullanımının Gelecekte Azaltılması." Yayınlanmamış el yazması.
- Vousdoukas, M. I., L. Mentaschi, E. Voukouvalas, M. Verlaan, S. Jevrejeva, L. P. Jackson ve L. Feyen. 2018. "Aşırı Deniz Seviyelerinin Küresel Olasılıksal Projeksiyonları Kıyı Taşkın Tehlikesinin Yoğunlaştığını Gösteriyor." *Nature Communications* 9 (1): 2360.
- Vousdoukas, M. I., E. Voukouvalas, L. Mentaschi, F. Dottori, A. Giardino, D. Bouziotas, A. Bianchi, P. Salamon, ve L. Feyen. 2016. "Büyük Ölçekli Kıyı Taşkın Tehlikesi Haritalamasındaki Gelişmeler." *Doğal Tehlikeler ve Yer Sistem Bilimleri* 16 (8): 1841-53.
- Wang, J., L. Schleifer ve L. Zhong. 2017. "Su Yoksa Güç de Yok." Dünya Kaynakları Enstitüsü (blog), 29 Haziran. <https://www.wri.org/blog/2017/06/susuz-güçsüz>.
- Wender, B. A., M. G. Morgan ve K. J. Holmes. 2017. "Elektrik Sistemlerinin Dayanıklılığının Artırılması." *Mühendislik* 3 (5): 580-82.
- Worden, C. B., D. J. Wald, J. Sanborn ve E. M. Thompson. 2017. "Açık Kaynaklı Hibrit Küresel Vs30 Modelinin Geliştirilmesi." Amerika Sismoloji Derneği Yıllık Toplantısı, Pasadena, CA, 21-23 Nisan.
- Yamazaki, D., D. Ikeshima, R. Tawatari, T. Yamaguchi, F. O'Loughlin, J. C. Neal, C. C. Sampson, S. Kanae ve P. D. Bates. 2017. "Küresel Arazi Yüksekliklerinin Yüksek Doğruluklu Haritası." *Geophysical Research Letters* 44 (1): 5844-53.
- Zhu, J., L. G. Baise ve E. M. Thompson. 2017. "Küresel Uygulama için Güncellenmiş Bir Jeo-uzamsal Sıvılaşma Modeli." *Bulletin of the Seismological Society of America* 107 (3): 1365-85.

Mikrodan Makroya: Yerel Aksaklıklar Makroekonomik Etkilere Dönüşüyor

Toğal afetlerin şiddeti genellikle yol açtıkları varlık kayıpları ile ölçülür (Munich Re 2019; Swiss Re 2018). Ancak, birçok nedenden dolayı böyle bir ölçüt yeterli değildir. Aynı kayıp, etkilenen kişilere ve bu kişilerin kayıpla başa çıkma ve kaybı telafi etme becerilerine bağlı olarak çok farklı etkilere sahip olabilir (Hallegatte vd. 2016). Ancak dağılımsal etkileri dikkate almadan bile, varlık kayıpları tüm makro etkileri yakalayamaz.

Bir felaketin ekonomik etkisi.

Hallegatte ve Vogt-Schilb (2016) tarafından gösterildiği üzere, 1 dolarlık varlık kaybı, özellikle altyapı varlıklarının görmesi halinde, 1 dolardan daha fazla çıktı veya tüketim kaybına dönüşebilir. Bunun nedeni nedir? Ekonomik sistemdeki varlıklar arasındaki tamamlayıcılıklar, bir varlığın kaybının diğer varlıkların üretkenliğini azalttığı anlamına gelir (örneğin, bir yolun kaybı bir fabrikayı daha az üretken hale getirir çünkü işçiler oraya erişemez veya mallar oraya veya oradan teslim edilemez). Bu etkiler teorik olarak iyi bir şekilde tanımlanmıştır (Baqae ve Farhi 2017).

Doğrudan varlık kayıplarının ekonomik faaliyetler ve çıktı üzerindeki ikincil etkileri genellikle toplam afet kayıplarının büyük bir bölümünü oluşturur. Simülasyonlar, San Francisco yakınlarındaki bir sismik fay hattı olan Hayward fayında meydana büyük bir depremin, 115 milyar dolarlık varlık kaybına ek olarak, dolaylı kayıplarda yaklaşık 40 milyar dolar ve istihdamda 36.700 çalışan-yılı düşüş yaratabileceğini göstermektedir (kutu 5.1). Felaketler herhangi bir varlığı yok etmeden de üretimi azaltabilir. 2010 yılında İzlanda'daki Eyjafjalla-jökull Yanardağı'nın patlaması hava taşımacılığını sekteye uğratmıştır.

limanı, düşük hacimli, yüksek değerli malların (elektronik bileşenler gibi) ve çabuk bozulabilen malların (gıda ve çiçekler gibi) küresel arzında kesintiye yol açmıştır (BBC 2010). Benzer indirektif etkiler hane halklarını da etkilemektedir. McCarty ve Smith (2005) 2004 kasırga sezonunun Florida'daki haneler üzerindeki etkisini araştırdıklarında, afetten sonra taşınmak zorunda kalan hanelerin yüzde 21'inin yüzde 50'sinin bunu su temini gibi kamu hizmetlerinin aksaması nedeniyle yapmak zorunda kaldığını; sadece yüzde 37'sinin evlerindeki yapısal hasar nedeniyle taşınmak zorunda kaldığını tespit etmişlerdir.

Çeşitli modelleme çalışmaları afet kaynaklı altyapı aksaklıklarının makroekonomik etkilerini tahmin etmiştir; örneğin Cho ve diğerleri (2001); Gordon, Richardson ve Davis (1998); Kroll ve diğerleri (1991); Rose ve Wei (2013); ve Tsuchiya, Tatano ve Okada (2007). Bu çalışmalar, kesintiye uğrayan altyapı tarafından sunulan hizmetlerin kalitesindeki düşüşü simüle ederek, bir ekonominin çeşitli sektörlerindeki üretim kayıplarını tahmin edebilmiş ve makroekonomik kayıpları

KUTU 5.1 Doğal şoklar firmaları etkilediğinde insanlar zarar görür

Varlıkları ve altyapıyı tahrip eden depremler, insanların işlerini ve ekonomik fırsatlarını da yok eder. Bu etkiler daha sonra sektörler ve tedarik zincirleri arasında yayılmaktadır. Kaliforniya'daki San Francisco Körfez Bölgesi'nde büyük bir depremin olası sonuçlarını analiz eden bir çalışma, böyle bir olayın doğrudan ve dolaylı sonuçlarının yıkıcı olabileceğini ortaya koymaktadır. Örneğin, Hayward fayında meydana gelebilecek büyük bir deprem (moment büyüklüğü 7. 2), ortalama değeri 115 milyar dolar veya Körfez Bölgesi'nin gayrisafi yurtiçi hasılasının (GSYH) yüzde 15'i olan doğrudan kayıplara (varlık onarım maliyetiyle ilişkili kayıplar) yol açabilir. Hasarların çoğunluğu (yüzde 56) konut sektöründe meydana gelirken, bunu eğitim hizmetleri, sağlık hizmetleri ve sosyal yardım (yüzde 7) ve imalat (yüzde 6) takip etmektedir.

Kritik olarak, çalışma altyapıya verilen hasarın Özel sektördeki yapı ve binalar da önemli dolaylı kayıplara neden olmaktadır - esas olarak üretken sermayenin zarar görmesi, arz kısıtlamaları ve talepteki değişikliklerin bir sonucu olarak daha düşük üretim şeklinde. Katma değerdeki ortalama kayıp toplam 39 milyar dolar veya Körfez Bölgesi'nin GSYİH'sinin yüzde 5'i kadardır.

Bu kayıplar 10 yıllık bir iyileşme dönemi boyunca birikmektedir, ancak esas olarak büyük bir şoku takip eden ilk aylarda ve yıllarda yoğunlaşmaktadır. Katma değerlerinde en büyük mutlak azalmaya maruz kalan sektörler profesyonel ve iş hizmetleridir (toplam dolaylı kayıpların yüzde 37'si), bunu finans, sigorta ve diğer sektörler izlemektedir.

Kaynak: Markhvida ve ark. 2019.

ans ve gayrimenkul (yüzde 33); ve hizmetleri, sağlık hizmetleri ve sosyal yardım (yüzde 18). Ancak, göreceli olarak en kırılgan sektörler (yıllık katma değerlerine göre en büyük kayıplar), yıllık katma değerlerinin yüzde 74'ünü kaybeden tamir ve bakım hizmetleri ile kişisel ve çamaşırhane hizmetleri gibi hizmet sektörleridir. Bazı ekonomik sektörlerin yeniden yapılanma talebinin bir sonucu olarak üretimlerini artırması beklenmektedir; bunların başında, toparlanma döneminde ortalama 11 milyar dolarlık katma değer artışıyla inşaat gelmektedir.

Üretimdeki bu değişiklikler de Bay Area genelinde istihdamı ve işgücü gelirini etkilemektedir. İstihdamdaki ortalama düşüş toparlanma dönemi boyunca 36.700 çalışan-yılıdır ve başlangıçta toplam istihdamın yüzde 8,7'si düşmüştür. İşsizlikten en çok etkilenen sektörler hizmet sektörleridir; özellikle eğitim, sağlık ve sosyal yardım (15.000 çalışan-yılı); profesyonel ve iş hizmetleri (8.900 çalışan-yılı); ve diğer hizmetler (8.700 çalışan-yılı). İşsizlik üzerindeki etkiler tüm Körfez Bölgesi'nde hissedilmektedir (sadece varlık kayıplarının yoğunlaştığı yerlerde değil) çünkü istihdam tüm bölgenin ekonomik sağlığı ile ilgilidir. Genel olarak bu çalışma, afetlerin hane halkları ve bireyler üzerindeki uzun vadeli etkilerini ölçerken doğal afetlerin neden olduğu altyapı tahribatının dolaylı sonuçlarını hesaba katmanın ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

girdi-çıktı veya genel denge modelleri. Bu tür çalışmalar, bir afetin etkisinin doğrudan etkilenen işletmelerin çok ötesine yayılabileceğini göstermektedir. Girdi kısıtlılığı nedeniyle çok daha fazla firma üretim ve satış kaybına uğramakta, bu da çalışanların gelirlerinde azalmaya ve tedarik zincirinde talep düşüşüne neden olmaktadır. Gül

ve Wei (2013), Teksas'taki Beaumont ve Port Arthur ikiz limanlarında 90 günlük bir kesintinin etkisini araştırmış ve bu tür dolaylı kayıpların tek başına bölgesel gayrisafi hasılayı 13 milyar dolar kadar azaltabileceğini bulmuştur.

Bir başka çalışmada, Rose ve Liao (2005) büyük bir depremin

Portland su tedarik sisteminin kesintiye uğraması, etkilenen bölgelerdeki ekonomik faaliyetlerin yapısını değiştirecektir. Bazı çalışmalar elektrik kesintilerinin ekonomik faaliyetler üzerindeki etkisini, ekipman ve satış kaybı gibi ilk etkilerden ekonomik karşılıklı bağımlılıklardan kaynaklanan diğer hasarlara kadar izleyerek modellemektedir (Anderson, Santos ve Haimes 2007; Rose, Oladosu ve Liao 2007). Bu etkiler, ulaşım altyapısının kesintiye uğramasında olduğu gibi, tedarik zincirinin yukarıdaki ve aşağıdaki firmalar üzerindeki etkileri (siparişlerin iptali ve girdi eksikliği yoluyla), tüketimin azalması sonucu işçiler için daha düşük geliri ve etkilenen firmaların daha düşük karlılığı nedeniyle daha düşük yatırımları içerir. Rose, Oladosu ve Liao (2007) Los Angeles'ta iki haftalık bir elektrik kesintisinin toplam maliyetini 2.8 milyar dolar ya da şehrin o dönemdeki toplam ekonomik faaliyetinin yüzde 13'ü olarak tahmin etmektedir. Ancak bu rakam, birden fazla "esneklik faktörü" sayesinde nispeten sınırlıdır. Örneğin, bazı firmalar elektriğin yerine başka bir şey bulabilmekte ya da üretimlerini yeniden planlayabilmektedir.

BİR ARAŞTIRMA, DOĞAL TEHLİKELERİN ALTYAPI AKSAKLIKLARI YOLUYLA FİRMALARA MALİYETİNİ DOĞRULUYOR

Doğal tehlikelerden kaynaklanan aksaklıkların firmalar ve hane halkları için önemli bir maliyet teşkil ettiği kabul edilmekle birlikte, detaylı bir değerlendirme için yerel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak bu tür araştırmalar nadirdir ve düşük ve orta gelirli ülkelerde neredeyse hiç yoktur; bu da hükümetlerin bir afetten sonra tüm ekonomik kayıpları değerlendirmesini veya daha dayanıklı altyapı yatırımlarını belirleyip önceliklendirmesini zorlaştırmaktadır. Bu boşluğu gidermek amacıyla, bu rapor için firmalara yönelik özel bir soru formu geliştirilmiş ve birkaç temel soruya ilişkin içgörü sağlanması hedeflenmiştir:

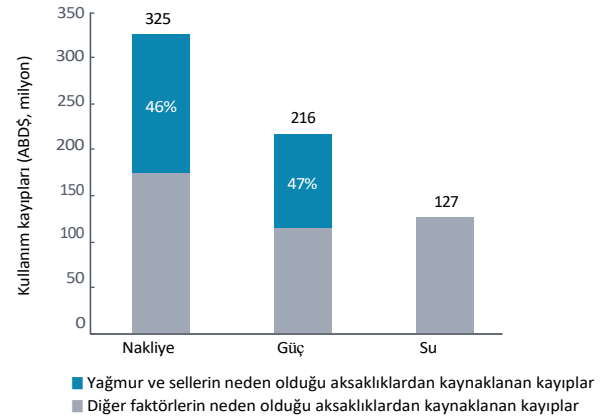
- Doğal şokların firmalara doğrudan zarar nedir (tahrip olmuş veya hasar görmüş varlıklar gibi)?

- Kesintiye uğrayan altyapının dolaylı etkileri nelerdir (çalışanlar ve istihdam gibi)?
- Tedarik zincirleri (tedarikçiler, müşteriler ve son kullanıcılar) üzerindeki etkileri nelerdir?
- Firmalar hangi uyum stratejilerini kullanmaktadır ve bunların ilişkili maliyetleri nelerdir (ek envanterler, jeneratörler, kendi su kaynakları ve tanklar)?

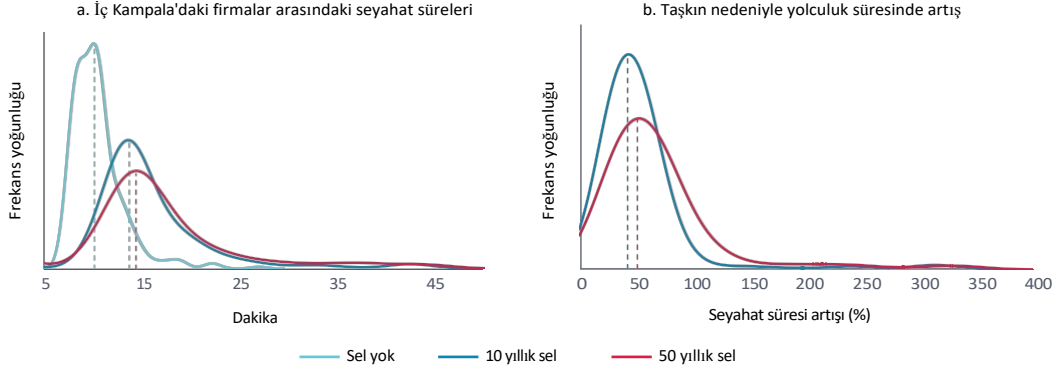
Pilot anket Tanzanya'da çok çeşitli ekonomik sektörleri temsil eden 800 firmadan oluşan bir örneklem üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kuru ve yağışlı deniz dönemlerindeki afet seviyelerini karşılaştıran anket, firma düzeyindeki kayıplarda selin rolünü belirleyebilmiştir.

Genel olarak, Tanzanyalı firmalar elektrik ve su kesintileri ve ulaşım aksaklıkları nedeniyle yılda 670 milyon dolar (veya ülke GSYİH'sinin yüzde 1,8'i) kullanım kaybına uğramaktadır (Şekil 5.1).⁽¹⁾ Sadece elektrik, yılda 216 milyon dolarlık kayıptan sorumludur. Bu kayıpların yüzde 47'si (101 milyon dolar veya GSYH'nin yüzde 0,3'ü) sadece yağmur ve sellerin neden olduğu elektrik kesintilerinden kaynaklanmaktadır. Kullanım kayıplarının geri kalan yüzde 53'ü yağmur ve sel dışındaki nedenlerle (yük atma veya ekipman arızaları gibi) ilişkilendirilen temel elektrik kesintilerinden kaynaklanmaktadır.

ŞEKİL 5.1 Tanzanyalı firmalar altyapı kesintilerinden kaynaklanan büyük kayıpları bildiriyor



Kaynak: Rentschler, Kornejew ve diğerleri 2019'a dayanmaktadır.

ŞEKİL 5.2 Kampala'daki sel felaketi ulaşımında aksamalara ve tıkanıklıklara neden oldu

Kaynak: Rentschler, Braese ve diğerleri 2019.

Not: Eğriler, tüm firmadan firmaya seyahat sürelerinin dağılımını temsil eden frekans yoğunluklarını göstermektedir. Panel a, Kampala'da ankete katılan 400 firma arasında 10 ve 50 yıllık geri dönüş periyotlarına sahip kentsel sel nedeniyle yol ağı kesintileri sırasında seyahat sürelerini göstermektedir. Panel b, kentsel selden kaynaklanan yol ağı kesintileri nedeniyle ortalama seyahat sürelerindeki yüzde artışı göstermektedir.

Ulaşım kesintileri için, kullanım kayıplarının yaklaşık yüzde 46'sı (150 milyon dolar veya GSYH'nin yüzde 0,4'ü) yağmur ve sellerin neden olduğu kesintilerden kaynaklanmaktadır. Ancak araştırma, yağmur ve sellerin su tedariki kesintilerinin görülme sıklığı üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ortaya koymamaktadır.

Kampala'dan elde edilen kanıtlar, nispeten az sayıda firma doğrudan sele maruz kalsa da sellerin firmalar üzerinde neden bu kadar önemli etkileri olduğunu göstermektedir. Seller, şehir genelindeki yol kesimlerini kapatarak firmalar arasındaki bağlantıyı ve dolayısıyla mal ve hizmetlerin bu firmalar arasında taşınma kolaylığını önemli ölçüde azaltmaktadır. Kampala için Rentschler, Braese ve diğerleri (2019) orta dereceli bir selin firmalar arasındaki ortalama seyahat sürelerini yüzde 54 oranında artırdığını tahmin etmektedir. Birçok firma bu durumdan daha da ciddi şekilde etkilenmektedir: firmaların dörtte birinden fazlası ortalama seyahat süresinde yüzde 100 ila yüzde 350 arasında bir artışla karşı karşıya kalacaktır (Şekil 5.2). Bu tür gecikmelerin yaşanması ihtimali, birçok firmanın yolculuk yapmaktan tamamen kaçınacağı, bunun sonucunda da teslimatların kaçırılacağı ve üretimin duracağı anlamına gelmektedir. Aslında, sadece birkaç kavşağın sular altında kalması firmaları, tedarik zincirlerini ve dolayısıyla genel ekonomik faaliyetleri etkileyebilir. Bu sonuçlar aynı zamanda tedarik zincirlerini önemli ölçüde bozmak için aşırı bir olay gerekmediğini de göstermektedir.

ULUSAL VE ULUSLARARASI TEDARİK ZİNCİRLERİNE YAYILAN SONUÇLAR

Peki ya tedarik zincirlerinin rolü? Tanzania anketi de bu zincirlerin hayati doğrulamaktadır. Firmaların müşterilerine neden zamanda teslimat yapamadıkları sorulduğunda, tüm firmaların yaklaşık üçte biri tarafından belirtilen en önemli faktör tedarik zincirindeki gecikmeler olmuştur (Şekil 5.3). Tedarik zincirleri içindeki ve arasındaki karşılıklı bağımlılıklar, bir felaketin ekonomik maliyetlerini artırabilir. Eğer bir üretici bir afetten etkilenir ve faaliyetlerine ara vermek zorunda kalırsa, müşteriler hızla tedarik sıkıntısı çekebilir ve bu da zincir boyunca yayılabilecek aksaklıklara yol açabilir².

Bu etkiler uluslararası tedarik zincirlerinde de gözlemlenmektedir. Tayland 2011 yılında son 70 yılın en büyük sel felaketinden etkilenmiştir. Bunun üzerine ülkenin otomobil üretimi yüzde 50-80 oranında düştü. Çarpıcı bir şekilde Toyota, hiçbir fabrikası sular altında kalmamasına rağmen tüm otomobil üreticileri arasında en büyük üretim kaybına uğrayan şirket oldu. Toyota'nın 1,35 milyar doları aşan kâr kaybı, sel felaketinin yaşandığı bölgelerdeki kritik tedarikçilerin Toyota'nın montaj hatlarını besleyememesinden kaynaklanmıştır (Haraguchi ve Lall 2015). Zarar gören firmaların tedarikçileri

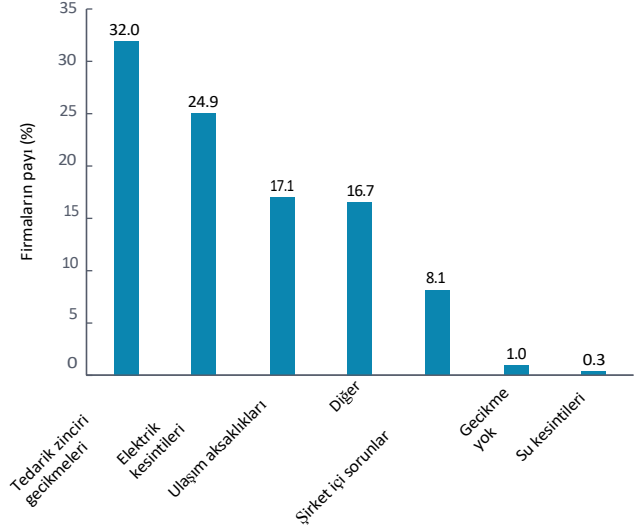
satış kayıplarıyla da karşılaşabilir ve mali durumlarını riske atabilir.

Tedarik zinciri etkileri sınırları aşabilir ve dünya çapında sonuçlar doğurabilir. Örneğin, 2011 yılında Tayland'da yaşanan sel felaketinin bir sonucu, selden sonraki altı ay içinde küresel sabit disk sürücü (HDD) üretiminde yüzde 30'luk bir düşüş yaşanması ve fiyatların yüzde 50 ila yüzde 100 arasında artması olmuştur (Haraguchi ve Lall 2015). Bu kayıp sadece Tayland'daki HDD üreticilerinin sele maruz kalmasından değil, aynı zamanda Tayland'dan gelen eksik parçalar nedeniyle dünyanın dört bir yanındaki üreticilerin kesintiye uğramasından kaynaklanmıştır (Chee Wai ve Wongsurawat 2012). Benzer şekilde, 2011 Büyük Doğu Japonya Depremi ve ardından gelen tsunami, etkileri Japonya sınırlarının çok ötesine yayıldığı için küresel ekonomik öneme (Boehm, Flaaen ve Pandalai-Nayar 2015; Dünya Ekonomik Forumu 2012).

Afetlerin tedarik zincirini güçlendirmesi, bu özel vaka çalışmalarının ötesinde istatistiksel olarak da belgelenmiştir. Barrot ve Sauvage (2016) bir doğal afetten etkilenen ABD firmalarının satışlarının yaklaşık yüzde 5 oranında düştüğünü ve müşterilerinin satışlarının da - afetten doğrudan etkilenmemiş olsalar bile - olaydan 4 ay sonrasına kadar yüzde 3 oranında düştüğünü bulmuştur. Kashiwagi, Matous ve Todo (2018), doğal afetlerin dalgalanma etkileri bölgelerdeki tedarik zincirleri boyunca yayıldığında, büyük firmaların tedarikçilerini hızlı bir şekilde değiştirebilme eğiliminde olduklarını ve böylece yayılmayı uluslararası düzeyde kontrol altına aldıklarını bulmuştur. Bununla birlikte, çalışmalar, kesintilerin olumsuz etkilerine benzer şekilde, afet sonrası yeniden yapılanma sübvansiyonlarının olumlu etkilerinin de tedarik zincirleri boyunca yayılabileceğini göstermektedir (Kashiwagi 2019; Kashiwagi ve Todo 2019). Dahası, coğrafi olarak çeşitlilik gösteren bir tedarikçi ve müşteri yelpazesine sahip olmak, afetin dolaylı etkilerini hafifletebilir ve toparlanmayı hızlandırabilir (Kashiwagi, Matous ve Todo 2018; Todo, Nakajima ve Matous 2015).

Kesintilerin tedarik zincirleri boyunca geniş bir alana yayılması riski, Avrupa Birliği'nin offshoring ve outsourcing stratejilerinin bir yan ürünüdür.

ŞEKİL 5.3 Teslimat gecikmelerinin ana nedeni tedarik zinciri aksaklıklarıdır



Kaynak: Dünya Bankası personeli.

Geçtiğimiz on yıllar. Bu kurumsal kararlar, tedarik zincirlerinin eşi benzeri görülmemiş bir şekilde küreselleşmesine ve karmaşıklaşmasına yol açarak firmaların daha uzmanlaşmış ve birbirine bağımlı hale gelmesine neden olmuştur (Baldwin ve Lopez-Gonzalez 2015). Sadece birkaç firma doğrudan bir felaket yaşayacak olsa da, çoğu firmanın felaketlerin dolaylı dalgalanma etkilerine maruz kalması muhtemeldir. Başka bir deyişle, tedarik zincirleri yerel felaketleri küreselleştirir ve sistemik riskler yaratır (Colon . 2017). Bu riskleri değerlendirmek özellikle zordur çünkü firmalar genellikle kendi tedarik zincirlerini tam olarak anlayamazlar. Firmalar genellikle doğrudan tedarikçilerini tanır, ancak tedarik kesintilerinin yaklaşık yarısının kaynaklandığı alt tedarikçilerini takip etmekte zorlanırlar (Business Continuity Institute 2014). Tedarik zinciri yöneticilerinin belirsizlikler, bilinmeyenler ve birbirine bağlı risklerle uğraşmak zorunda kalması, karar alma süreçlerini özellikle karmaşık hale getirmektedir (Doroudi vd. 2018).

Firmaların maliyetleri düşürmek ve rekabet gücünü artırmak için yaygın olarak aldıkları önlemler de tedarik zinciri risklerini artırabilir. Örneğin, stokların azaltılması ve

tedarikçi tabanını genişletmek, sık ve düşük etkili risklerle başa çıkmak için uyarlanabilecek etkili maliyet düşürme önlemleridir. Ancak, düşük stoklara ve yoğun tedarikçilere sahip firmalar düşük olasılıklı ve yüksek etkili felaketlere daha fazla maruz kalırlar çünkü bu stratejiler esnekliği ve yedekleme kapasitesini azaltır (Stecke ve Kumar 2009). Benzer şekilde, ısmarlama tedarikler firmaların yenilikçi ve ayırt edici ürünler sunmasına yardımcı olabilir, ancak bir afet meydana geldiğinde domino etkisini artırır çünkü diğer tedarikçiler tarafından kolayca değiştirilemezler (Barrot ve Sauvagnat 2016).

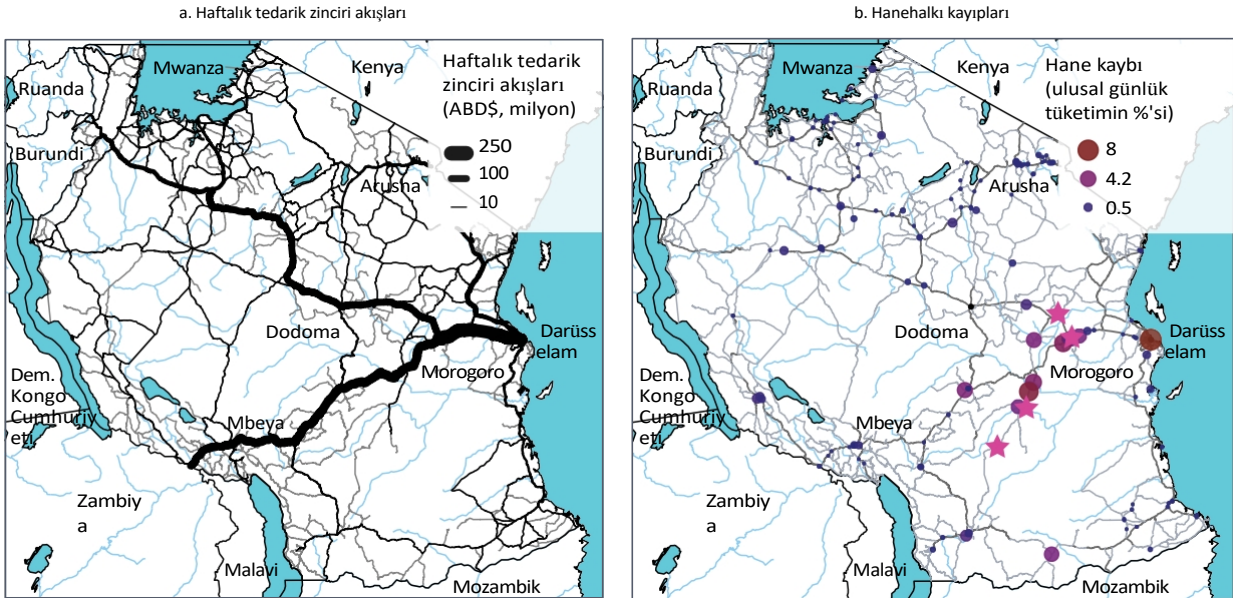
TEDARİK ZİNCİRİ SİMÜLASYONLARI AFETLERİN MAKROEKONOMİK ETKİLERİNİN DAHA İYİ ÖLÇÜLMESİNİ SAĞLAR

Peki tedarik zincirleri ve taşımacılıktaki aksaklıklar nasıl etkileşime giriyor? Cevap, bir ekonominin dayanıklılığını değerlendirmek için kilit öneme sahiptir. Daha fazla bilgi edinmek için

Bu konuya ışık tutmak amacıyla, bu rapor için Tanzania'daki nakliye aksaklıklarının tedarik zincirleri ve hane halkı tüketimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek üzere yeni bir tedarik zinciri modeli geliştirilmiştir (Colon, Hallegatte ve Rozenberg 2019). Bu model Hallegatte (2013) ve Henriët, Hallegatte ve Tabourier (2012) üzerine inşa edilmiştir.

Model, alt ulusal ve ticari verileri kullanarak Tanzanya'nın yurtiçi ve uluslararası tedarik zincirlerini trans-liman ağı üzerinde haritalandırmaktadır (harita 5.1, panel a). Özel anketten elde edilen başa çıkma stratejilerine ilişkin firma düzeyindeki veriler, yedek envanter düzeyi veya tedarikçi sayısı da dahil olmak üzere modeli kalibre etmek için kullanılmaktadır. Veriler, tedarik zincirlerinin firmaları sadece sektörler arasında değil, aynı zamanda ülke çapında ve sınırlar ötesinde de birbirine bağladığını açıkça göstermektedir. Fiziksel olarak bu bağlantılar, ana şehirler arasındaki karayolu ağı üzerindeki yük akışları şeklinde gerçekleşmektedir. Akışlar özellikle Darüsselam ve sevkıyatlar için bir ticaret merkezi görevi gören limanı çevresinde büyüktür

HARİTA 5.1 Tanzanya'nın tedarik zincirlerinin ulaşım ağına haritalanması (panel a), ulaşımındaki aksaklıkların Tanzanyalı haneler üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır (panel b)



Kaynak: Colon, Hallegatte ve Rozenberg 2019.

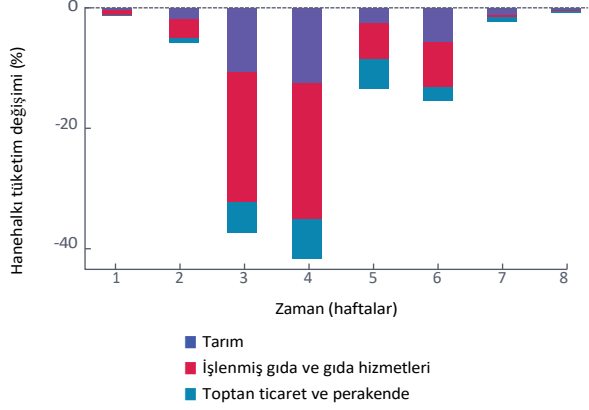
Not: Panel a, haftalık tedarik zinciri akışlarını karayolu ağı üzerinde haritalandırmaktadır. Siyah çizgilerin genişliği akışın parasal değeri ile orantılıdır. En geniş çizgiler Dar es Salaam bölgesindedir ve haftada 260 milyon dolar tutarındadır. Panel b, 2016 Morogoro selinin dolaylı etkisini simüle etmektedir. Pembe yıldızlar bozulan yolların yerlerini göstermektedir. Baloncukların boyutu ve rengi, ulusal günlük hane halkı tüketiminin bir yüzdesi olarak gösterilen hane halkı kayıplarını temsil etmektedir.

(Burundi, Demokratik Kongo Cumhuriyeti, Malavi, Ruanda, Uganda ve Zambiya dahil olmak üzere) karayla çevrili komşu ülkelere ve bu ülkelerden. Parasal, bu navlun akışları toplam akışların yaklaşık yüzde 20'sini oluşturmaktadır. Tanzanyalı firmaların ihracat ve ithalatları da ağırlıklı olarak Darüsselam limanından transit geçmektedir ve bu da yüzde 20'lik bir orana tekabül etmektedir.

Model, 2016 baharında Darüsselam'ın yaklaşık 200 kilo metre batısındaki Morogoro bölgesini etkileyen selin sonuçlarını değerlendirmek için kullanılabilir. Kesintiler, yerel tedarik zincirlerinde kıtlığa neden olacak kadar uzun sürmüştür (yaklaşık bir ay) (harita 5.1, panel b). Genel olarak, hane halkları için tahmin edilen dolaylı maliyetler yıllık tüketimin yaklaşık yüzde 0,5'ine tekabül etmektedir ve bu maliyetlerin büyük bir kısmı Tanzanya'daki en büyük üç sektör olan tarım, gıda (işlenmiş gıda ve gıda ile ilgili hizmetler) ile toptan ve perakende ticaret sektörlerinde yaşanan kesintilerden kaynaklanmaktadır. Şekil 5.4, bu etkilerin zaman içinde nasıl geliştiğini ve bu sektörler arasında nasıl dalgalandığını göstermektedir. İlk olarak, sel sırasında tüketim kayıpları birikir. Tarımsal ürünlerin sevkiyatının engellenmesi gıda sektöründe üretim gecikmelerini tetiklemekte ve toptancılar ve perakendeciler için ürün bulunamamasına neden olmaktadır. Selden sonra kayıplar iki hafta daha büyük boyutlarda kalır. Sular altında kalan bölgede tarım ve gıda sektörlerinde üretimin toparlanması, toptancı ve perakendecilerin eksik girdileri nedeniyle yavaşlar. Özellikle önemli olan, hane halkları üzerindeki etkilerin yayılması ve Darüsselam çevresi sellerin yaşandığı yerlerden uzakta önemli sonuçlar doğurmasıdır (harita 5.1, panel b).

Bu modelin uygulanması, farklı büyüklük ve konumlardaki felaketlerin simüle edilmesine olanak tanıyarak faydalı bilgiler ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, süreleri değişen benzer ulaşım kesintilerinin simülasyonu, makroekonomik etkinin kesintinin süresiyle doğrusal olmayan bir şekilde arttığını göstermektedir. Dört haftalık bir kesinti, hane halkları için iki haftalık bir göre ortalama 23 kat daha maliyetlidir. Bu sonuç, bir felakete hızlı bir şekilde müdahale etmenin ve yol sisteminin bakımı için mevcut sistemlere bağlı olarak hızlı bir şekilde yeniden inşa etmenin büyük faydasını vurgulamaktadır.

ŞEKİL 5.4 Tanzanya'da uzun süreli sel felaketleri, tedarik zincirleri ve hanehalkları üzerinde zincirleme etkilere yol açan aksamaları tetikliyor



Kaynak: Colon, Hallegatte ve Rozenberg 2019. Taşkın 1. haftadan 4. haftaya kadar gerçekleşir, ancak haneler üzerindeki etkiler taşkın sona erdikten sonra da devam eder.

ve afet sonrası mali kaynakların mevcudiyeti (bkz. Bölüm III'teki öneri bölümlerinde yer alan tartışma).

Sektörler aynı zamanda ulaştırma kesintilerine karşı kırılganlıkları bakımından da farklılık göstermektedir. Örneğin, tarım ürünleri birincil ürünler olduğu için tedarikçilere daha az bağımlıdır ve bu da kırılganlıklarını azaltır. Buna karşın, gıda ürünleri ve imalat üzerindeki etkiler tedarik zinciri sorunları nedeniyle artmaktadır. Bu modeli uygulayarak, sadece konumlarına değil aynı zamanda eko- nomik yapılarına da bağlı olarak en kırılgan firmaları ve belediyeleri değerlendirmek mümkündür. Daha sonra, firmaların ve tedarik zincirlerinin dayanıklılığını güçlendirmek için müdahaleleri en önemli yerlerde hedeflemek mümkündür; bu yerler, aksaklıkların meydana gelme olasılığının en yüksek olduğu yerlerden uzakta olabilir.

Bu tür analizler, tedarik zincirlerini mümkün kılmak için altyapı ağlarının münferit segmentlerinin göreceli önemini değerlendirmeyi ve altyapı hizmetlerinin en hassas kullanıcılarını belirlemeyi mümkün kılar. Darboğazları ve kırılganlık noktalarını belirleyerek, yatırımların önceliklendirilmesine ve bu raporun bir sonraki bölümünün konusu olan esneklik stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olurlar.

NOTLAR

1. Altyapı kesintileri nedeniyle firmaların kullanım kayıplarına ilişkin ayrıntılar için 2. bölüme bakınız.
2. Bu dalgalanma etkileri, üretim sürecinin bir bölümünün imkansız olması ve bu nedenle tüm üretimin kesintiye uğraması durumunda bir fabrika içinde bile gerçekleşebilir.

REFERANSLAR

- Anderson, C. W., J. R. Santos, ve Y. Y. Haimes. 2007. "Ağustos 2003 Kuzeydoğu Elektrik Kesintisinin Etkilerini Ölçmek için Risk Tabanlı Bir Girdi-Çıktı Yöntemi." *Ekonomik Sistemler Araştırması* 19 (2): 183-204.
- Baldwin, R., ve J. Lopez-Gonzalez. 2015. "Tedarik Zinciri Ticareti: Küresel Paternlerin Portresi ve Test Edilebilir Birkaç Hipotez." *Dünya Ekonomisi* 38 (11): 1682-721.
- Baqae, D. R. ve E. Farhi. 2017. "Mikroekonomik Şokların Makroekonomik Etkileri: Hulten Teoreminin Ötesinde." 2017 Meeting Paper 479, Society for Economic Dynamics.
- Barrot, J.-N., ve J. Sauvagnat. 2016. "Input Specificity and the Propagation of Idiosyncratic Shocks in Production Networks." *Quarterly Journal of Economics* 131 (3): 1543-92.
- BBC (British Broadcasting Corporation). 2010. "İzlanda Yanardağı: Nissan ve BMW Bazı Üretimlerini Askıya Aldı." *BBC News*, 20 Nisan.
- Boehm, C., A. Flaaen, ve N. Pandalai-Nayar. 2015. "Girdi Bağlantıları ve Şokların İletimi: Firma Düzeyinde 2011 To'hoku Depreminden Kanıtlar." CES 15-28, Ekonomik Araştırmalar Merkezi, Washington, DC.
- İş Sürekliliği Enstitüsü. 2014. "Tedarik Zinciri Dayanıklılığı 2014: Tedarik Zinciri Kesintilerinin Kökeni, Nedenleri ve Sonuçlarını Değerlendiren Uluslararası Bir Araştırma." BCI, Caversham, Birleşik Krallık.
- Chee Wai, L. ve W. Wongsurawat. 2013. "Kriz Yönetimi: Western Digital'ın Tayland'daki 2011 Sel Felaketinden 46 Günlük Kurtarma Süreci." *Strategy & Leadership* 41 (1): 34-38.
- Cho, S., P. Gordon, J. E. Moore II, H. W. Richardson, M. Shinozuka, ve S. Chang. 2001. "Büyük Bir Kentsel Deprem Maliyetlerini Tahmin Etmek için Ulaşım Ağı ve Bölgesel Ekonomik Modellerin Birleştirilmesi." *Journal of Regional Science* 41 (1): 39-65.
- Colon, C., Å. Brännström, E. Rovenskaya ve U. Dieckmann. 2017. "Üretimin Parçalanması Tedarik Zincirlerindeki Sistemik Riskleri Artırıyor." Ara Rapor, Uluslararası Uygulamalı Sistem Analizi Enstitüsü (IIASA), Laxenburg, Avusturya.
- Colon, C., S. Hallegatte ve J. Rozenberg. 2019. "Tanzanya Birleşik Cumhuriyeti'nde Ulaşım ve Tedarik Zinciri Esnekliği." Bu rapor için arka plan çalışması, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Doroudi, R., R. Azghandi, Z. Feric, O. Mohad-desi, Y. Sun, J. Griffin, O. Ergun, D. Kaeli, P. Sequeira, S. Marsella ve C. Harteveld. 2018. "İnsan Davranışlarını Dikkate Alan İlaç Tedarik Zincirlerinde Esnekliği İncelemek için Entegre Bir Simülasyon Çerçevesi." *Proceedings of the 2018 Winter Simulation Conference*, M. Rabe, A. A. Juan, N. Mustafa, A. Skoogh, S. Jain ve B. Johansson tarafından düzenlenmiştir. Piscataway, NJ: IEEE Press.
- Gordon, P., H. W. Richardson, ve B. Davis. 1998. "Northridge Depremine Ulaşımla İlgili Etkileri." Ulusal Acil Durum Eğitim Merkezi, Emmitsburg, MD.
- Hallegatte, S. 2013. "Doğal Afet Ekonomik Maliyetlerinin Değerlendirilmesinde Heterojenlik, İkame ve Envanterlerin Rollerinin Modellenmesi." *Risk Analizi* 34 (1): 152-67.
- Hallegatte, S., ve A. Vogt-Schilb. 2016. "Doğal Afetlerden Kaynaklanan Kayıplar Varlık Kayıplarından Daha mı Fazla? Sermaye Birikiminin, Sektör Etkileşimlerinin ve Yatırım Davranışlarının Rolü." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 7885, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Hallegatte, S., A. Vogt-Schilb, M. Bangalore ve J. Rozenberg. 2016. *Kırılmaz: Doğal Afetler Karşısında Yoksulların Dayanıklılığını Artırmak*. Washington, DC: Dünya Bankası.
- Haraguchi, M., ve U. Lall. 2015. "Sel Riskleri ve Etkileri: Tayland'da 2011'de Yaşanan Seller Üzerine Bir Vaka Çalışması ve Tedarik Zinciri Karar Alma Sürecine Yönelik Araştırma Soruları." *International Journal of Disaster Risk Reduction* 14 (3): 256-72.
- Henriet, F., S. Hallegatte, ve L. Tabourier. 2012. "Firma-Ağ Özellikleri ve Doğal Afetlere Karşı Ekonomik Sağlamlık." *Journal of Ekonomik Dinamikler ve Kontrol* 36 (1): 150-67.
- Kashiwagi, Y. 2019. *Felaketlere Karşı Kurumsal Direnç: Kimin Kamu Desteğine İhtiyacı Var?* RIETI Tartışma Belgesi 19-E-029. Tokyo: Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Araştırma Enstitüsü.
- Kashiwagi, Y., P. Matous ve Y. Todo. 2018. "Ekonomik Şokların Küresel Tedarik Zincirleri Aracılığıyla Uluslararası Yayılımı." WINPEC Working Paper E1810, Waseda Institute of Political Economy, Waseda Üniversitesi, Tokyo.

- Kashiwagi, Y., ve Y. Todo. 2019. *Afet Sonrası Politikaların Olumlu Etkilerinin Kat Zincirleri Aracılığıyla Yayılması: Büyük Doğu Japonya Depreminden Kanıtlar*. RIETI Tartışma Belgesi 19-E-030. Tokyo: Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Araştırma Enstitüsü.
- Kroll, C. A., J. D. Landis, Q. Shen, ve S. Stryker. 1991. "Loma Prieta Depreminin Ekonomik Etkileri: Küçük İşletmeler Üzerine Bir Odaklanma." *Berkeley Planlama Dergisi* 5 (1): 38-58
- Markhvida, M., B. Walsh, S. Hallegatte ve J. Baker. 2019. "Well-Being Loss: A Comprehensive Metric for Household Disaster Resilience." *EarthArXiv*. Mayıs 17. doi:10.31223/osf.io/6r93z. McCarty, C., ve S. K. Smith. 2005. "Florida'nın 2004 Kasırga Sezonu: Yerel Etkiler." *Florida Focus* 1 (3): 1-13. Ekonomik ve Sosyal Büro İş Araştırmaları, Florida Üniversitesi.
- Munich Re. 2019. *Doğal Afet İncelemesi 2018*. Münih: Munich Re.
- Rentschler, J., J. Braese, N. Jones ve P. Avner. 2019. "Üç Ayak Altında: Su Baskınlarının Kentsel İşler, Bağlantı ve Altyapı Üzerindeki Etkisi." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Rentschler, J., M. Kornejew, S. Hallegatte, M. Obolensky, ve J. Braese. 2019. "Yetersiz Kullanılmış Potansiyel: The Business Costs of Unreliable Infrastructure in Developing Countries." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Rose, A., ve S.-Y. Liao. 2005. "Afetlere Karşı Bölgesel Ekonomik Dayanıklılığın Modellenmesi: A Su Hizmeti Kesintilerinin Hesaplanabilir Genel Denge Analizi." *Bölgesel Bilimler Dergisi* 45 (1): 75-112.
- Rose, A., G. Oladosu ve S.-Y. Liao. 2007. "Terörist Saldırının Los Angeles Elektrik Güç Sistemi Üzerindeki İş Kesintisi Etkileri: Tam Bir Elektrik Kesintisine Karşı Müşteri Dayanıklılığı." *Risk Analizi* 27 (3): 513-31.
- Rose, A., ve D. Wei. 2013. "Bir Limanın Kapanmasının Ekonomik Sonuçlarının Tahmin Edilmesi: Esnekliğin Özel Rolü." *Ekonomik Sistemler Araştırması* 25 (2): 212-32.
- Stecke, K. E. ve S. Kumar. 2009. "Tedarik Zinciri Aksaklıklarının Kaynakları, Kırılganlığı Artıran Faktörler ve Azaltıcı Stratejiler." *Journal of Marketing Channels* 16 (3): 193-226.
- Swiss Re. 2018. "2018 için Ön Sigma Tahminleri: Küresel Sigortalı Hasarlar 79 Milyar ABD Doları ile Sigma Kayıtlarındaki En Yüksek Dördüncü Rakamdır." Swiss Re, 18 Aralık.
- Todo, Y., K. Nakajima ve P. Matous. 2015. "Tedarik Zinciri Ağları Firmaların Doğal Afetlere Karşı Dayanıklılığını Nasıl Etkiliyor? Büyük Doğu Japonya Depreminden Kanıtlar." *Journal of Regional Science* 55 (2): 209-29.
- Tsuchiya, S., H. Tatano ve N. Okada. 2007. "Demiryolu ve Karayolu Kesintilerinden Kaynaklanan Ekonomik Kayıp Değerlendirmesi." *Ekonomik Sistem Araştırması* 19 (2): 147-62.
- Dünya Ekonomik Forumu. 2012. *Tedarik Zinciri ve Taşımacılık Riskini Ele Almak için Yeni Modeller*. Cenevre: Dünya Ekonomik Forumu.

BÖLÜ M II

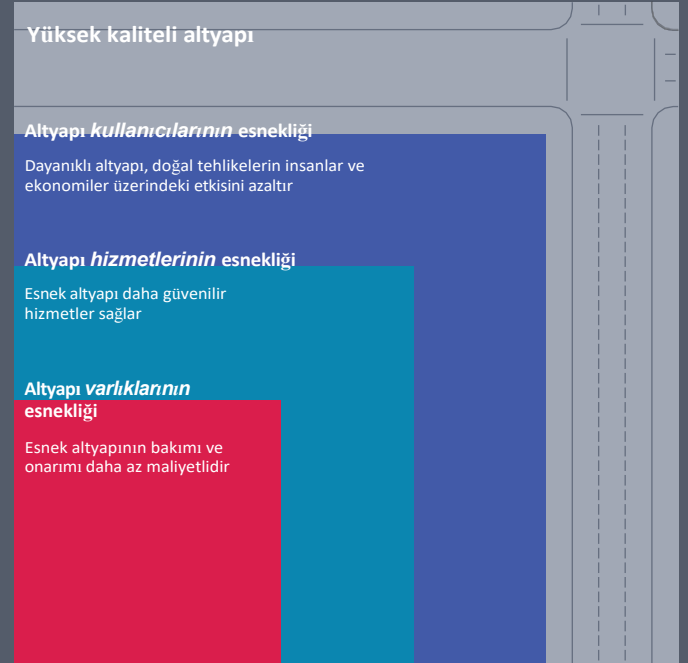
Bir Tasarım Meselesi: Esnek Altyapı Uygun Maliyetlidir

P Bu raporun birinci bölümünde altyapı aksaklıkları ve hasarlarının altyapı varlık sahipleri ve hükümetler için yüksek maliyetleri vurgulanmaktadır, ve doğal tehlikelerin ve iklim değişikliğinin bu maliyetlerde oynadığı önemli rol. Bölüm II, altyapıyı daha dirençli hale getirmeye yardımcı olabilecek mühendislik ve planlama çözümleri yoluyla bu maliyetlerin nasıl azaltılabileceğini araştırmaktadır.

Bunu, altyapının dayanıklılığını üç düzeyde inceleyerek yapar (şekil PII.1):

1. *Altyapı varlıklarının esnekliği.* En dar anlamıyla dirençli altyapı, dış şoklara, özellikle de doğal şoklara dayanabilen yollar, köprüler ve elektrik hatları gibi varlıkları ifade eder. Burada daha dirençli altyapının faydası, varlıkların yaşam döngüsü maliyetinde bir azalmadır.
2. *Altyapı hizmetlerinin dayanıklılığı.* Altyapı sistemleri birbirine bağlı ağlardır ve tek tek varlıkların dayanıklılığı, ağ düzeyinde sağlanan hizmetlerin dayanıklılığı için zayıf bir vekildir. Altyapı , dayanıklılığa sistemik bir yaklaşım tercih edilir. Bu seviyede, daha dirençli altyapının faydası daha güvenilir hizmetlerin sağlanmasıdır.

ŞEKİL PII.1 Altyapının dayanıklılığının birbiriyle örtüşen ve birbirini tamamlayan çeşitli düzeylerde ele alınması gerekir



3. *Altyapı kullanıcılarının dayanıklılığı.* Nihayetinde önemli olan kullanıcıların dayanıklılığıdır. Altyapı kesintileri, insanlar ve tedarik zincirleri de dahil olmak üzere kullanıcıların bunlarla başa çıkıp çıkamayacağına bağlı olarak katastrofik veya daha iyi huylu olabilir. Bu düzeyde, daha dirençli bir altyapının faydası, doğal tehlikelerin insanlar ve ekonomiler üzerindeki toplam etkisinin azalmasıdır.

Dayanıklılık, yüksek kaliteli altyapının birçok belirleyicisinden biridir. Bununla birlikte, dayanıklılığın altyapı yatırımlarının tasarım ve uygulamasına entegre edilmesi sadece doğal şokların yönetilmesine yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda daha genel olarak altyapı hizmetlerinin maliyet etkinliğini, verimliliğini ve kalitesini de tamamlar.

Bu çerçeveyi takip eden 6. bölüm, altyapı varlıklarının nasıl daha dayanıklı hale getirilebileceğini (daha güçlü köprüler ve daha iyi tasarlanmış enerji nakil sistemleri gibi) araştırmakta; daha dayanıklı varlıklara yatırım yapmanın, varlıkların maliyetine kıyasla küçük olan ek maliyetine ilişkin bir tahmin sunmakta ve dayanıklılığı artırmak için maliyet açısından verimli olduğu ortaya çıkan temel seçeneklere ilişkin bir maliyet-fayda analizi sunmaktadır. Daha sonra 7. bölüm analizi genişleterek altyapı hizmetlerinin dayanıklılığını incelemekte ve dayanıklılık maliyetinin ağ ve sistem seviyelerinde çalışarak ve doğa temelli çözümleri dikkate alarak azaltılabileceğini göstermektedir. Son olarak, 8. bölümde altyapı hizmetleri kullanıcılarının rolü ve bu kullanıcıların eylemlerinin daha dirençli ekonomilere ve toplumlara nasıl katkıda bulunabileceği (örneğin daha dirençli tedarik zincirleri ve iş sürekliliği planları yoluyla) incelenmektedir.

Daha Dayanıklı Altyapı Varlıkları Uygun Maliyetlidir

6

H Ülkeler altyapı sistemlerinin dayanıklılığını nasıl artırabilir? Çözümlerden biri, daha derin temellere sahip cep telefonu kuleleri ve daha büyük menfezlere sahip yollar gibi daha büyük şoklara dayanabilecek varlıklar inşa etmektir. Bunu yapmak, doğal tehlikelerden kaynaklanan hasarları önleyebilir ve varlığın yaşam döngüsü boyunca daha düşük onarım maliyetleri ve bakım ihtiyaçları açısından önemli faydalar sağlayabilir. Ancak dirençli olmak için varlıkların sadece güçlü olması yetmez; aynı zamanda bakımlarının da iyi yapılması gerekir ki bu da düzenli bir kaynak akışı gerektirir.

kaynakların yanı sıra süreçler ve sistemler.

Bu bölümde, varlık düzeyinde dayanıklılığın artırılmasına yönelik seçenekler tartışılmaktadır. Rozenberg ve Fay (2019) tarafından geliştirilen bir dizi altyapı yatırım senaryosunu kullanarak, düşük ve orta gelirli ülkelerde tüm yeni altyapı varlıklarını daha dayanıklı hale getirmenin ek maliyetlerini de değerlendirmektedir. Bu ülkelerdeki altyapı varlıklarının dayanıklılığını artırmanın maliyetinin, doğru veri ve yaklaşımların mevcut olması halinde, toplam altyapı ihtiyaçlarına kıyasla küçük olduğunu ortaya koymaktadır. Dayanıklılık oluşturmak, mevcut satın alınabilirlik sorunlarını etkilemez ve sağlam ve uygun maliyetlidir.

DAHA DIRENÇLİ VARLIKLARIN EK ÖN MALİYETİ VARLIĞA VE TEHLİKEYE BAĞLIDIR

Daha dirençli varlıklar geliştirmeye yönelik müdahaleler arasında alternatif malzemeler kullanmak, daha derin temeller kazmak, varlıkları yükseltmek, varlığın etrafına taşkın koruması inşa etmek veya yedek bileşenler eklemek yer almaktadır. Daha derin temeller

Enerji santralleri, yel değirmenleri veya su arıtma tesislerinin deprem sivilaşmasına karşı korunması için genellikle bu tesislere ihtiyaç duyulur. Rüzgâr türbinleri, cep telefonu kuleleri, iletim ve dağıtım sistemleri için daha iyi malzemeler kullanılması güçlü rüzgârlara karşı dirençlerini artırabilir ve ömürlerini uzatabilir. Yedek bileşenler ekleyerek su ve atık su arıtma tesislerinin bileşenlerinin yedekliliğini artırmak, depremler sırasında tesislerin performansını artırabilir. Su arıtma tesislerinin ve nükleer santrallerin etrafına daha yüksek setler inşa etmek, bu tesisleri sellere karşı korumak için en iyi seçenektir.

Bu rapor için yapılan bir incelemede, Miyamoto International (2019) bu çeşitli teknik ve mühendislik seçeneklerinin maliyet ve faydalarının üst düzey bir değerlendirmesini sunmaktadır (bu seçeneklere ve performanslarına genel bir bakış için Ek A'ya bakınız). Varlıkları doğal tehlikeler karşısında daha güçlü hale getirmenin ek maliyeti, tehlikeye ve varlığın türüne bağlıdır. Daha büyük drenaj boruları ya da hendekler aracılığıyla bir yolun sele karşı dayanıklılığını artırmak

Yolun yapım maliyetinin küçük bir yüzdesini oluştururken, bir demiryolunun yükseltilerek sele karşı dayanıklılığının artırılması maliyetinin yüzde 50'sini gerektirmektedir. Benzer şekilde, bir hidroelektrik santralini uygun ankraj ve sismik bileşenler kurarak depreme karşı korumak inşaat maliyetinin yüzde 20'sini gerektirirken, bir hidroelektrik santralini büyük dolusavak kapasitesi ile sele karşı korumak maliyetinin yüzde 3'ünü gerektirmektedir (Miyamoto International 2019). Porto Riko'da, Irma ve Maria Kasırgalarından sonraki toparlanma sürecine ilişkin bir çalışma, temel tahminlerle karşılaştırıldığında, daha iyi bir bina inşa etmenin maliyetinin, bileşene ve korunması gereken tehlikeye bağlı olarak büyük değiştiğini ortaya koymaktadır. İletim ve dağıtım altyapısını 3. kategori kasırgalara dayanacak şekilde yükseltmenin maliyetinde yüzde 3-40, 4. kategori kasırgalara (saatte 130 mil sürekli rüzgar hızı) dayanacak şekilde yükseltmenin maliyetinde ise yüzde 24-70 oranında bir artış söz konusudur. Örneğin ahşap elektrik direkleri (düşük rüzgar hızı tasarımı) boru şeklindeki çelik direklerle karşılaştırıldığında, maliyet yüzde 200'e kadar farklılık gösterebilir Schweikert ve ark. 2019).

Bazı dayanıklılık artırıcı müdahaleler varlıkların maliyetini bile düşürebilir. Gelişmelerle birlikte

inşaat teknolojisi, bazı düşük maliyetli teknolojiler geleneksel yaklaşımlardan daha iyi performans göstermektedir. Bu arada, gelişmiş malzemeler ve yöntemler altyapıyı hem daha ucuz hem de iklime daha dayanıklı hale getirmektedir. Buna bir örnek, bir köprünün tabliye yapısını boyasız çelik ile kaplayan modüler köprü çözümleridir. Bu yaklaşım, daha düşük bakım maliyetleri ile 100 yıla kadar önemli ölçüde daha uzun bir tasarım ömrü sağlamaktadır - geleneksel yerinde betonarme ile elde edilen çok ötesinde bir performans. İnşaat maliyetleri de daha düşüktür, çünkü standartlaştırılmış bir kalıp (donatı dahil) bir konteyner içinde bir şantiyeye teslim edilebilir ve geleneksel yerinde yapılar için gereken daha uzun süreler ve karmaşık kalıpların aksine tabliye dökümü tek bir dökümde gerçekleştirilebilir (Dünya Bankası 2017).

Bir varlığın gerçekten inşa edildiğinden ve beklenen standartlarda muhafaza edildiğinden emin olmak için iyileştirilmiş kalite kontrolü gereklidir. Miyamoto International (2019), bu kalite kontrolünün çoğu varlık ve tehlike için değerinin yüzde 1 ile yüzde 5'ine mal olduğunu, ancak drenaj sistemlerinin deprem hareketiyle ve otoyol sistemlerinin selle başa çıkabilmesini sağlamanın yüzde 15'e kadar mal olabileceğini tahmin etmektedir. Bu

KUTU 6.1 Altyapı birim maliyetleri ülkeden ülkeye değişmektedir

Altyapı birim maliyetleri Demokratik Cumhuriyeti'nden kilometre başına 65.000 dolara kadar ülkeler arasında ve zaman içinde büyük farklılıklar göstermektedir. Örneğin, Ermenistan'da birim (Dünya Bankası 2018). Kanalizasyon toplama ve arıtma birim maliyetleri de ülkeler arasında farklılık göstermektedir. Hutton ve Varughese (2016) tarafından incelenen hendeklerin birim maliyeti Gine, Nepal ve Somali'de metre başına 100 dolardan az, Kosta Rika, Papua Hollanda, Birleşik Krallık ve Vietnam Yeni Gine ve Sudan'da 1.000 dolardan fazla olmak üzere 6 milyon dolar ile 17 milyon dolar arasında değişmektedir. Benzer yayılımlar da mevcuttur (Nicholls vd. 2019).

su için düşünülen tüm teknolojiler için Bu yayılımları açıklayabilecek pek çok faktör vardır: altyapı ve sanitasyon. Kırsal yollar için, yerel işgücü ve malzeme maliyetindeki farklılıklar- tek bir yüzey işlemi herhangi bir yere mal olabilir Lao Halk Cumhuriyeti'nde kilometre başına 10.000 \$'dan kamu verimliliğindeki büyük farklılıklara kadar harcamalar, yolsuzluğun yaygınlığı ve

(Kutu sonraki sayfada devam ediyor)

KUTU 6.1 Altyapı birim maliyetleri ülkeden ülkeye değişmektedir (devam)

Kamu alımlarında rekabet eksikliği. Örneğin rekabetçi ihale usulleri karayolu sektöründe gizli anlaşma elektrik fiyatlarında önemli bir düşüşe yol açarken Pakistan'da bir yol inşa etmenin kilometre başına maliyetinde 187 milyon Rup'i'den (3,1 \$) yüzde 40'a kadar tasarruf sağlamıştır (Messick 2011). Güney Afrika'da, Karaçi Su ve Kanalizasyon Kurulu için (milyon) bir çimento tarafından talep edilen fiyat arasındaki fark (Dünya Bankası ve OECD 2017).

danışıklı ve danışsız dönemlerde kartel Her ne kadar verimlilik ve rekabet eksikliği yüzde 7,5-9,7 olsa da. Kamu alımlarında Güney 'a sağlanan toplam tasarruf, Afrikalı müşterilerin büyük bir kısmının arabanın parçalan- birim maliyetlerindeki fark, inşaat altyapısının arasında neden 79 milyon dolardan 100 milyon dolara çıktığını anlamak bazı 2010 ve 2013 yıllarında çok daha pahalıdır (Dünya Bankası ve OECD 2017). Bangladeş'te şeffaf ve analizlerin yapılması, bu raporun kapsamını aşan kapsamlı bir çalışma gerektirecektir.

kalite kontrolü, altyapı inşaat maliyetlerinin düşürülmesinde kilit rol oynayan iyi satın alma uygulamalarına eşlik edecektir (kutu 6.1).

DAHA DIRENÇLİ VARLIKLARIN İLAVE ÖN MALİYETİ, DAHA DÜŞÜK BAKIM VE ONARIM MALİYETLERİ İLE DENGELENEbilir

Altyapı varlıklarını daha dayanıklı hale getirmek için önden daha fazla yatırım yapma kararı, varlığın mevcut ve gelecekteki maruziyeti, kullanıcılar için kabul edilebilir risk düzeyiyle karşılaştırıldığında başarısızlığın sonuçları ve daha yüksek ön maliyetin yarattığı yaşam döngüsü maliyet tasarrufu dahil olmak üzere birçok kritere bağlı olmalıdır.

Daha dirençli enerji sistemleri yaşam döngüsü maliyetlerini azaltacaktır. Schweikert ve diğerleri (2019), yer üstündeki iletim sistemlerinin rüzgar, enkaz, buz, yangın, sel, deprem ve toprak kaymalarından en etkilenen enerji sistemi bileşeni olduğunu tespit etmiştir. Yer altına gömülü kablolar sel, sivilaşma ve toprak kaymalarından etkilenmektedir, ancak genel olarak yer üstündekilere göre çok daha az kırılgandırlar. Yeni Zelanda'da 2010-11 yıllarındaki depremlerin ardından yapılan vaka çalışmaları, iletim ve dağıtım altyapısına yapılan önleyici yatırımların değerini vurgulamaktadır. Tahminlere göre, iletim ve dağıtım altyapısını sertleştirmek için 6 milyon dolar harcanmıştır.

syon ve dağıtım altyapısı, doğrudan varlık yenileme maliyetlerinde 30 milyon ila 50 milyon dolar arasında bir azalmayla sonuçlanmıştır (Kestrel Group 2011). Yakın zamanda Dünya Bankası, iklim risklerinin iklim değişikliğine karşı oldukça hassas bir ülke olan Bangla- desh'te planlanan enerji sistemi genişlemesi üzerindeki etkisini analiz eden bir çalışma yürütmüştür. Analiz, tasarımda iklim değişikliğinin hesaba katılmasının, ilave taşkın koruması için sermaye gereksinimlerini 560 milyon dolar artırdığını, ancak şu kadar tasarruf sağlayabileceğini belirlemiştir

1,6 milyar dolar (Oguah ve Khosla 2017).

Su temin sistemleri için depreme dayanıklı boruların kullanılması, maruz kalan bölgelerde işe yarayacaktır. Los Angeles Su ve Elektrik Departmanı tarafından Los Angeles'ta yürütülen bir pilot proje, ön iyileştirmeler yapmanın faydalarını ortaya koymuştur (Davis ve Castruita 2013). 1994 Kuzey Sırtı Depremi, şebekede çok sayıda arızaya yol açmış ve onarım maliyetleri yaklaşık

41 milyon dolar. Buna karşın, Japonya'da kullanılan depreme dayanıklı düktil demir borular (ERDIP'ler) birçok büyük depreme dayanmış ve birkaç metre kalıcı zemin deformasyonuna maruz kalmıştır. Los Angeles'taki eski boru sisteminin ERDIP'lerle değiştirilmesi pilot projenin toplam maliyetini yaklaşık yüzde 20 oranında artırmıştır.

BAKIM VE OPERASYONLARIN İYİLEŞTİRİLMESİ, DAYANIKLILIĞIN ARTIRILMASI VE MALİYETLERİN AZALTILMASI İÇİN BİR SEÇENektir

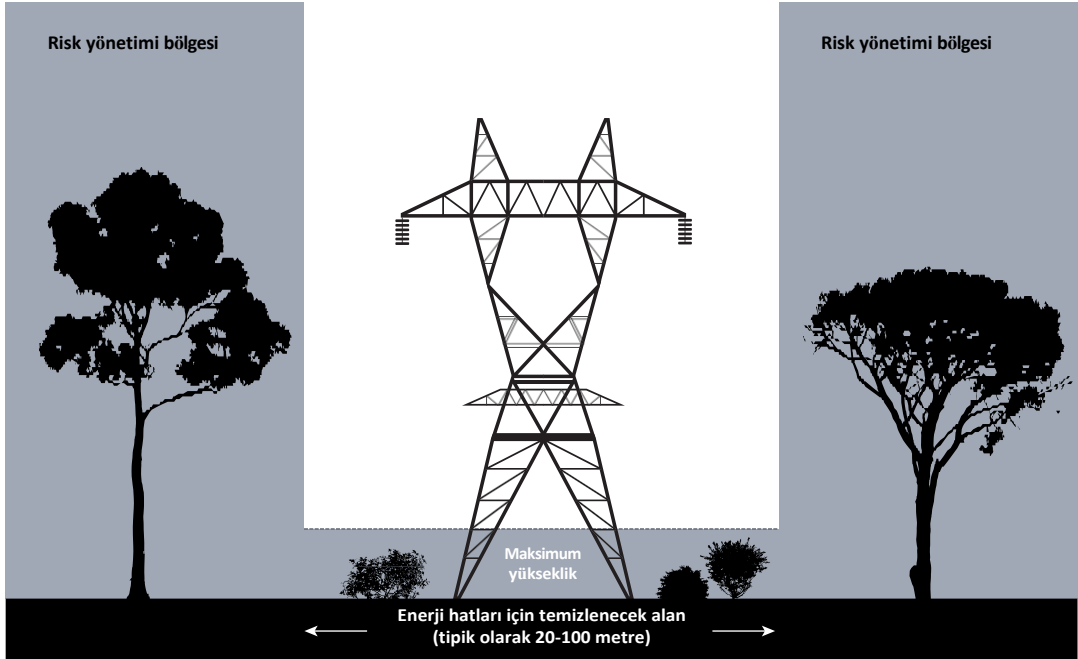
Bakım ve operasyonların iyileştirilmesi, genel maliyetleri azaltırken altyapı varlıklarının dayanıklılığını artırmak için pişmanlık duyulmayacak bir seçenektir. Rozenberg ve Fay (2019), iyi bir bakım yapılmadığı takdirde altyapı üstyapı maliyetlerinin trans-port sektöründe yüzde 50, su sektöründe ise yüzde 60'tan fazla artabileceğini tespit etmiştir. Bu rapor için Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı'na üye ülkeler üzerinde yapılan bir analiz, yol bakımı için harcanan her 1 doların yeni yatırımlarda ortalama 1,50 dolar tasarruf sağladığını ve daha iyi bakımın çok uygun maliyetli bir seçenek olduğunu göstermektedir (Kornejew, Rentschler ve Hallegatte 2019).

İyi bir bakımın varlıkların ömrünü uzattığına dair gerçekten de güçlü kanıtlar vardır. Salzburg'da su boru hatlarının çoğu 100 yıldan daha eskidir, ancak çok düşük su

Etkili bir stratejik bakım planı nedeniyle kayıplar (Avrupa Birliği 2015). Buna ek olarak, bakım, varlıkların aşırı olaylara dayanabilmesini sağlamak kritik öneme sahiptir. Dünya Bankası (2017), ulaşım sistemlerinin dayanıklılığını artırmak için daha iyi varlık yönetim sistemlerinin ve daha iyi bakımın gelişmekte olan küçük ada devletleri için bir numaralı öncelik olması gerektiğini savunmaktadır. Rapor, yol bakımının iyileştirilmesinin varlık kayıplarını Belize'de yüzde 12, Tonga'da ise yüzde 18 oranında azaltabileceğini ortaya koymaktadır.

Enerji sistemleri için, enerji nakil hatlarının her iki tarafındaki bitki örtüsünün iyi bir şekilde bakımı, güçlü rüzgarlara karşı savunmasızlığı azaltmak için çok önemlidir. Böyle bir bakım 20-100 metrelik irtifalar gerektirir (Şekil 6.1). Bölüm 4'te açıklandığı gibi, fırtınalar sırasında elektrik kesintileri özellikle orman örtüsünün bulunduğu bölgelerde meydana gelmektedir. Gerçekten de fırtınalar sırasında, direk hasarlarının başlıca nedenleri şiddetli rüzgarlar değil, uçan molozlar ve bitki örtüsüdür. Bu nedenle, direklerin güçlendirilmesi daha az etkilidir.

ŞEKİL 6.1 İletim ve alt iletim elektrik şebekelerinin etrafındaki bitki örtüsünün temizlenmesi için irtifak hakkı gerekir



ağaçların kesilmesi. Eylül 2017'de Irma ve Maria Kasırgaları, büyük ölçüde iletim hatlarına düşen ağaçlar nedeniyle Porto Riko'daki elektrik şebekesine ciddi zarar vermiştir. Sonuç olarak, Porto Riko Elektrik Enerjisi Kurumu müşterilerinin yüzde 100'ü fırtınadan sonra bir haftadan uzun süre elektriksiz kaldı ve yavaş iyileşme hızı birçok müşteriyi birkaç ay boyunca karanlıkta bıraktı (ABD Enerji Bakanlığı 2018).

İyi bir orman bakımı da orman yangınlarını önleyebilir. Orman yangınları iletim ve dağıtım altyapısı için benzersiz bir tehdittir. Çeşitli vaka çalışmaları, yüksek riskli koşullarda (kuraklık, yüksek sıcaklıklar, yüksek rüzgarlar), iletim altyapısının orman yangınına neden olma riskini azaltmak için kesintilerin kullanıldığını göstermektedir. Bu potansiyel risk 2007 yılında Kaliforniya'da San Diego Gas and Electric'in üç kişinin ölümüne ve 1.300 evin tahrip olmasına yol açan üç yangına neden olmaktan sorumlu bulunması ile ortaya çıkmıştır. Şirket sonuçta 2 milyar dolar tazminat ödemiştir (Daniels 2017). Son zamanlarda meydana gelen orman yangınları, 2017'deki yangınlardan kaynaklanan 10 milyar dolarlık ve 2018'deki yangınlardan kaynaklanan bilinmeyen miktarlardaki yükümlülükler nedeniyle büyük kamu hizmeti kuruluşu Pacific Gas and Electric'i inceleme altına almıştır (McNeely 2018).

Su şebekelerinde iyi bir bakım su kayıplarını azaltır. Bakım eksikliği genellikle boruların bozulmasına ve vanaların arızalanmasına yol açar, bu da dağıtım sisteminde geri dönüşü olmayan su olarak adlandırılan fiziksel kayıplara neden olur. 2006 yılında yapılan bir çalışma, her yıl 32 milyar metreküpten fazla artırılmış suyun dünyadaki kentsel su tedarik sistemlerinden fiziksel olarak sızdığını ve bu kayıpların yarısının düşük ve orta gelirli ülkelerde olduğunu tahmin etmektedir (Kingdom, Liemberger ve Marin 2006). Buna ek olarak, bakım düzensiz olduğunda, bir su sisteminin teknisyenler tarafından denetlenme ve dolayısıyla iyi bilinme olasılığı azalmakta, bu da yasadışı bağlantıların fark edilmeme ve ticari kayıplara (artırılmış ve kullanıcılara teslim edilmiş ancak faturalandırılmamış su) neden olma olasılığını artırmaktadır. Aynı çalışma, toplam kayıpların küresel olarak yılda 16 milyar metreküp olduğunu tahmin etmektedir. Düşük ve orta gelirli ülkelerde tahmini kayıp

Yılda 5,8 milyar dolar, bunun 2,6 milyar doları ticari kayıplardır. Kingdom, Liemberger ve Marin'e (2006, 4) göre, "yüksek seviyelerdeki fiziksel kayıpların iyileştirilmiş kaçak tespiti, boru değişimi ve bakım yoluyla yarı yarıya azaltılabileceğini beklemek gerçekçi değildir" ve böylece yılda 8 milyar metreküp artırılmış su tasarrufu sağlanabilir. Bu tür programlar daha kaliteli hizmetlere, daha yüksek kamu hizmeti gelirlerine ve gelecekte rehabilitasyon ve bakıma yatırım yapılmasını sağlayan pozitif bir mali akışa yol açarak dayanıklılığı artırır.

Bakımı düşük maliyetle iyileştirmek için yeni teknolojiler kullanılabilir. Telemetri sensörler, kayıpları en aza indirerek ve sistem bakımını iyileştirerek, emniyeti ve akışı izlemek için halihazırda kullanılmaktadır. ePulse sistemi Washington DC'de boru değiştirme çalışmaları sırasında kullanılmıştır. Durum değerlendirmesi 32 kilometrelik borunun iyi durumda olduğunu, çok sayıda sızıntının tespit edildiğini ve 14 milyon dolarlık yatırımdan tasarruf edildiğini ortaya koydu. Minyatür robotlar da sızıntıları tespit etmek üzere boruların içine yerleştirilmek üzere test edilmektedir. Fiber optik kablo, sızıntılar daha büyük sızıntılara dönüşüp boruyu patlatmadan önce harici bir fiberdeki sinyal değişimlerini ölçerek çok küçük sızıntıları tespit etmek için kullanılabilir. Son olarak, kanalların ve drenaj sistemlerinin düzenli olarak temizlenmesi, taşkın koruma sistemlerinin güvenilirliğini sağlamak için gereklidir. Birçok düşük ve orta gelirli ülkede, kanallar ve drenaj boruları katı atıklarla tılandığı için mevcut sel koruma sistemleri amaçlanan korumayı sağlayamamaktadır. Uzun vadeli çözümler katı atık yönetimini de içermelidir, ancak kanalların düzenli olarak temizlenmesi de sistemin verimliliğini artırır.

DAYANIKLILIĞI ARTIRMANIN MALİYETİ, GÜÇLENDİRMEYİ MEKANSAL OLARAK HEDEFLEME BECERİSİNE BAĞLIDIR

Düşük ve orta gelirli ülkelerin kalkınma hedeflerine ulaşabilmeleri için altyapıya ne kadar harcama yapmaları gerekiyor? Rozenberg ve Fay (2019) tarafından yapılan yeni bir çalışmaya göre

düşük ve orta gelirli ülkelerin gayri safi yurtiçi hasılablarının (GSYİH) yüzde 2'si ile yüzde 8'i arasında bir paya sahip olacaktır.

siyon) ve harcama verimliliği (kutu 6.2). Bu durumda bir sonraki soru, altyapı sistemlerinin daha dayanıklı bir şekilde tasarlanması ve inşa edilmesi halinde tahminlerin ne kadar değişeceği.

KUTU 6.2 Hizmet açığını kapatmak için altyapıya büyük yatırımlar yapılması gerekecektir

Altyapı yatırım ihtiyaçlarına ilişkin tartışmayı daha fazla harcama yapmaktan doğru hedeflere daha iyi harcama yapmaya doğru kaydırmak amacıyla Rozenberg ve Fay (2019) tarafından yakın zamanda yapılan bir çalışma ileriye dönük yeni bir yol sunmaktadır. Su ve sanitasyon, ulaştırma, elektrik, sulama ve taşkın koruma alanlarındaki hizmet açığının 2030 yılına kadar kapatılmasına yönelik finansman ihtiyaçlarını (kapasite, işletme ve bakım) tahmin etmek için sistematik bir yaklaşım kullanılmaktadır. (Telekomünikasyon, çoğunlukla özel sektör tarafından finanse edildiği için analizlerine dahil edilmemiştir).

Yeni altyapının düşük ve orta gelirli ülkelere 2030'a kadar yılda GSYİH'lerinin yüzde 2'si ile yüzde 8'i arasında bir maliyet getirebileceğini tahmin etmektedirler; bu maliyet, aranan altyapı hizmetlerinin nitelik ve niceliğine ve bu hedefe ulaşmak için elde edilen harcama verimliliğine bağlıdır (tablo B6.2.1). Ayrıca, doğru politikalarla, aşağıdaki yatırımlar gerçekleştirilebilir GSYH'nin yüzde 4,5'i düşük ve orta gelirli ülkelerin altyapı ile ilgili Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine ulaşmalarını ve yüzyılın ikinci yarısına kadar tam karbonsuzlaşma yolunda ilerlemelerini sağlayabilir.

Rozenberg ve Fay'ın "tercih edilen senaryosunun" iddialı hedefleri ve yüksek verimliliği

akıllı politikalara ve iyi planlamaya bağlıdır. Ülkeler uzun vadeli iklim hedeflerini şimdiden hesaba katarak daha sonra pahalıya mal olacak varlıklardan kaçınabilir; ulaşım planlamasını arazi kullanım planlamasıyla birleştirerek daha yoğun şehirler ve daha ucuz ve daha güvenilir kamu taşımacılığı sağlayabilir; ve yük taşımacılarının cazip bulacağı güvenilir demiryolu sistemleri geliştirebilir. Elektrik için mini şebekeler ve yenilenebilir enerjiyle çalışan su arıtma sistemleri gibi merkezi olmayan teknolojiler kırsal alanlarda yaygınlaştırılacaktır.

Ancak, hizmetlerin iyileştirilmesi sermaye harcamalarından çok daha fazlasını gerektirir. Başarı, işletme ve bakım için istikrarlı bir kaynak akışının sağlanmasına bağlı olacaktır. Tercih edilen senaryoda, düşük ve orta gelirli ülkelerin yeni sermaye için GSYH'nin yüzde 4,5'ine ek olarak mevcut ve yeni altyapılarını korumak için yılda GSYH'nin yüzde 2,7'sini harcamaları gerekecektir (tablo B6.2.1). Bu arada, iyi bir bakım, ulaşım ile su ve sanitasyon altyapısının toplam yaşam döngüsü maliyetini yüzde 50'den fazla azaltarak önemli ölçüde tasarruf sağlar.

TABLO B6.2.1 Doğru politikalar uygulandığında, GSYİH'in yüzde 4,5'i oranında altyapı yatırımına ihtiyaç duyulabilir

Düşük ve orta gelirli ülkelerde 2015 ve 2030 yılları arasında sermaye ve bakım ihtiyaçlarına yönelik altyapı harcamaları, sektörlere göre

Sektör	GSYİH Payı (%)		ABD Doları (milyar)	
	Sermaye	Bakım	Sermaye	Bakım
Elektrik	2.2	0.6	780	210
Nakliye	1.3	1.3	420	460
Su ve sanitasyon	0.55	0.75	200	70
Taşkın koruması	0.32	0.07	100	20
Sulama	0.13	-	50	-
Toplam	4.5	2.7	1,550	760

Kaynak: Rozenberg ve Fay 2019.

Not: -- Sulama altyapısının bakım maliyetleri sermaye maliyetlerine dahildir.

şekilde, Miyamoto International'da (2019) tanımlanan teknik ve mühendislik çözümleri aracılığıyla mı? Ek A'da listelenen bu seçenekler, gerçekçi oldukları ve düşük ve orta gelirli ülkelerde varlıkları daha dirençli hale getirebilecekleri için seçilmiştir. Ancak, riski en çok azaltacak olanlar bunlar değildir ve varlıkların doğal tehlikelerden zarar görmeyeceğini garanti etmezler. Japonya gibi birçok yüksek gelirli ülke, bu analizde ele alınan çözümlerin ötesine geçen ve bunlardan daha pahalı olan teknik çözümler uygulamaktadır.

Varlıkları daha dirençli hale getirmenin ek maliyetleri önemli olabileceğinden, doğal afetlere maruz kalma oranının yüksek olduğu alanların güçlendirilmesinin hedeflenmesi önemlidir. İdeal olarak, altyapı standartları ve kodları varlıklara ve bölgelere özgü olmalıdır. Yol tasarımları, iklim değişikliğinin gelecekte sel olayları olasılığı üzerinde yaratabileceği çeşitli etkileri hesaba katmak için yolun bulunduğu yerdeki hidrolojik ve hidrolik verileri ve iklim modeli sonuçlarını dikkate . Elektrik dağıtım sistemleri için - fırtınalar, kasırgalar ve tayfunlardan kaynaklanan rüzgara karşı özellikle savunmasız olduklarından - saat düzeyinde çözümlüğe sahip rüzgar hızlarına ilişkin geçmiş veriler ve model sonuçları, dünyanın birçok bölgesinde risk ve tasarım standartlarını bilgilendirmek için coğrafi bir analiz için kullanılabilir. Soğutma için su mevcudiyetine ilişkin veriler de elektrik üretimi planlamasının merkezinde yer almaktadır.

Bu raporda kullanılan analiz, doğal tehlikelerin mekânsal dağılımına ilişkin bilgi ve bunlara maruz kalan yerlere yönelik güçlendirme hedefleme kabiliyeti açısından iki uç senaryoyu incelemektedir (Hallegatte . 2019). İlk senaryoda, tehlikenin yeri ve yoğunluğunun şimdi ve gelecekte mükemmel bir şekilde bilindiği ve risk seviyesine bağlı olarak farklı yerlerde farklı standartların uygulanabileceği varsayılmaktadır. İkinci senaryoda, tehlikenin bilinmediği veya hareketi kadar belirsiz olduğu ve tek tip bir standardın uygulanması gerektiği varsayılmaktadır

tüm ağa. Her iki senaryoda da gelecekteki altyapı varlıklarının her bölgedeki mevcut altyapıya benzer bir şekilde maruz kaldığı varsayılmaktadır (başka bir deyişle, ortalama olarak, gelecekteki altyapı konumu için mevcut alan, halihazırda kullanılan alanla aynı düzeyde tehlikeye maruz kalmaktadır). Bu iki senaryonun sonuçları burada üç altyapı sistemi için karşılaştırılmaktadır: elektrik, ulaşım ve su ve sanitasyon.

Güç

Enerji sektöründe, mevcut esneklik seviyeleri varsayıldığında, temel yatırım ihtiyaçları 2015-2030 yılları arasında düşük ve orta gelirli ülkelerde yılda 298 milyar dolar ile 1 trilyon dolar arasında değişecektir. Bu, enerji verimliliğine ve karbonsuz enerji üretimine geçişin zamanlamasına bağlıdır (bu , ömürleri dolmadan hizmet dışı bırakılması gereken kömürlü termik santraller gibi atıl varlıklar yaratmaktadır). Buna ek olarak, bakım için yılda 106 milyar ila 282 milyar dolara ihtiyaç duyulacaktır. Enerji sistemlerini daha dirençli hale getirmek için bu maliyetler nasıl artacaktır?

- *Senaryo 1.* Sadece maruz kalan varlıkların tehlikelere karşı daha dayanıklı hale getirilmesi durumunda, artan maliyet yılda 9 milyar dolardan 27 milyar dolara yükselecektir; bu da harcama aralığında ortalama yüzde 3'lük bir maliyet artışı ve en pahalı durumda yüzde 6'lık bir maliyet artışı anlamına gelmektedir. Bu yatırımlar, yeni altyapı varlıkları için hasar riskini iki ila üç kat azaltacaktır.
- *Senaryo 2.* Bunun yerine, tüm yeni enerji varlıkları rüzgar, sel ve depremlere karşı daha dayanıklı hale getirilirse, doğal tehlikelere ilişkin veriler mevcut olmadığından, yılda 96 milyar ila 296 milyar dolar ek maliyet gerekecektir. Bu, harcama aralığı boyunca sermaye maliyetinde ortalama yüzde 30'luk bir artış ve tehlike verilerinin mevcut olduğu senaryodakine kıyasla 10 katlık bir artış anlamına gelmektedir.

Nakliye

Ulaştırma sektöründe, mevcut esneklik standartlarıyla temel yatırım ihtiyaçları, düşük ve orta gelirli ülkelerde 2015-2030 yılları arasında yılda 157 milyar ila 1,1 trilyon dolar arasında değişebilir. Kesin değer, mod seçimine (şehirlerde toplu taşımaya karşı kişisel arabalar gibi) ve demiryolu ve toplu taşımaya geçişi teşvik etmek için uygulanan politikalara bağlı olacaktır. Buna ek olarak, 2030 yılına kadar düşük ve orta gelirli ülkelerdeki mevcut ve yeni ulaşım altyapısını korumak için her yıl 550 milyar ila 700 milyar dolara ihtiyaç duyulacak ve toplam yıllık harcama ihtiyacı 700 milyar ila 1,8 trilyon dolar arasında olacaktır. Ulaşım sistemlerini daha dirençli hale getirmek için bu maliyetler nasıl artacaktır?

- *Senaryo 1.* Açıkta kalan yeni ulaşım varlıklarını sel ve toprak kaymalarına karşı daha dayanıklı hale getirmenin ek maliyeti 860 milyon dolar ile 35 milyar dolar arasındadır. Bu, harcama aralığında ortalama olarak yüzde 0,6'lık bir maliyet artışı ve en pahalı durumda potansiyel olarak yüzde 5'lik bir artış anlamına gelmektedir. Bu yatırımlar yeni altyapı için hasar riskini iki kat azaltacaktır. Koks ve (2019) göre, bu yatırımlar 1/100 yıllık sel olayına maruz kalan yolların yaklaşık yüzde 60'ının (ağın yüzde 4,5'i) daha düşük onarım maliyetleri ile kendini amorti edecektir.
- *Senaryo 2.* Bunun yerine, tüm yeni ulaşım varlıkları, maruz kaldıkları risklere bakılmaksızın sel ve toprak kaymalarına karşı daha dayanıklı hale getirilirse, artan maliyet şu şekilde değişecektir
Yılda 8 milyar ila 350 milyar dolar. Bu bir
Harcama aralığı boyunca maliyette ortalama yüzde 5,5 artış, ancak birçok demiryolu yatırımı için en pahalı durumda potansiyel olarak yüzde 17 artış. İyileştirmelerin faydasının yalnızca bir afet sonrası onarım maliyeti olduğu düşünüldüğünde, Koks ve diğerleri (2019) tüm ulaştırma altyapısını güçlendirmenin fayda-maliyet oranının

değerinin 1'den küçük olması, tehlike verilerinin yokluğunda, ulaştırma sistemlerindeki tüm varlıkların güçlendirilmesinin maliyet etkin olmadığını göstermektedir.

Su ve sanitasyon

Su temini ve sanitasyon sektöründe, düşük ve orta gelirli ülkelerde 2030 yılına kadar güvenli su ve sanitasyona evrensel erişim sağlamanın maliyeti, mevcut direnç düzeyiyle, sermaye yatırımları için yılda 116 milyar dolar ile 229 milyar dolar arasında değişecektir.

Bakım için yılda 32 milyar ila 69 milyar dolar. Su ve sanitasyon sistemlerini daha dirençli hale getirmek için bu maliyetler nasıl artar?

- *Senaryo 1.* Açıkta kalan yeni su varlıklarını korumanın maliyeti aşağıdakiler arasında olacaktır
Yılda 0,9 milyar dolar ile 2,3 milyar dolar (su ve sanitasyon altyapısının ortalama olarak ulaşım ve enerji varlıklarıyla aynı deprem riskine sahip olduğu varsayılırsa). Bu yatırımlar yeni altyapının zarar görme riskini yüzde 50 oranında azaltacaktır.
- *Senaryo 2.* Bunun yerine, tüm su varlıkları taşkınlara karşı daha dirençli hale , ek bir
Yılda 2 milyar ila 5 milyar dolar gerekecektir. Bu tahmin, sermaye maliyetlerinde yüzde 1,1 ila yüzde 2,2'lik bir artış anlamına gelmektedir. Bu varlıkların depreme karşı dayanıklılığının artırılması için ek bir
Yılda 8 milyar ila 20 milyar dolar (veya sermaye yatırım ihtiyaçlarının yüzde 5 ila yüzde 9'u).

SUMMING UP

Ne yazık ki benzer tahminler telekomünikasyon için mümkün olmamıştır ve bu sayılar sadece düşük ve orta gelirli ülkeleri kapsamaktadır. Yine de bu çalışma üç önemli içgörü sağlamaktadır.

İlk olarak, iklim değişikliği de dahil olmak üzere doğal tehlikelerin mekansal dağılımını bilmenin büyük bir değeri vardır. Altyapı varlıklarının güçlendirilmesinin maruz kalan varlıklara odaklanması, toplam

yıllık maliyeti 120 milyar dolar ile 670 milyar dolardan 11 milyar dolar ile 65 milyar dolar arasına düşmektedir (Şekil 6.2). En çok maruz kalan altyapı varlıklarının hedeflenmesinden elde edilecek tasarruflar, mevcut ve gelecekteki tehlikelere ilişkin bilgilerin iyileştirilmesi için gerekli olan veri toplama ve modelleme maliyetlerinden çok daha büyük olacaktır. Gerçekten de, küresel bir platform olan Think Hazard! Bu rapordaki risk değerlendirmelerinde (bkz. Bölüm 4) kullanılan tehlike verilerinin çoğunu derleyen Fraser'ın (Fraser 2017) oluşturulması ve bakımı birkaç milyon dolara mal olmaktadır. Düşük riskli bölgelerdeki tüm şehirler için yüksek çözünürlüklü dijital yükseklik modelleri ve tehlike haritaları oluşturmak en fazla

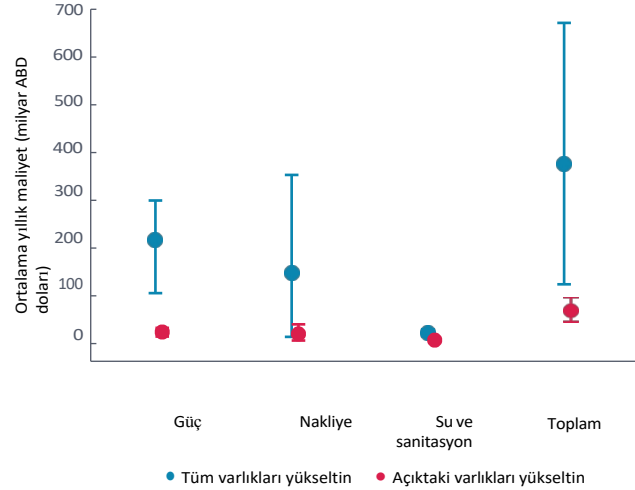
ve orta gelirli ülkeler için birkaç yüz milyon dolar (Croneborg ve ark. 2015).

İkinci olarak, doğru veri ve yaklaşımların mevcut olması halinde, düşük ve orta gelirli ülkelerde altyapı varlıklarının dayanıklılığını artırmanın maliyeti, toplam altyapı ihtiyaçlarına kıyasla düşüktür. Sadece tehlikelere maruz kalan varlıkların dayanıklılığının artırılması, elektrik, ulaşım, su ve kanalizasyon alanlarındaki yatırım ihtiyaçlarını yılda 11 milyar ila 65 milyar dolar arasında artıracaktır. İhmal edilebilir olmasa da, bu rakam temel altyapı yatırım ihtiyaçlarının sadece yaklaşık yüzde 3'üne ve düşük ve orta gelirli ülkelerin GSYH'sinin yüzde 0,1'inden daha azına denk gelmektedir. Dolayısıyla altyapıyı daha dayanıklı hale getirmek, yeni altyapı için mevcut satın alınabilirlik zorluklarını etkilemez ve yeni altyapı için hasar riskini iki ila üç kat arasında azaltacaktır.

Üçüncüsü, altyapı dayanıklılığını artırmaya yönelik bu yatırımlar uygun maliyetlidir. Varlık başına maliyet-fayda analizinin mümkün olduğu ulaştırma sektöründe, sadece kaçınılan onarım maliyetleri dahil edilse bile, maruz kalan varlıkların yüzde 60'ı güçlendirilmeye değerdir. Ancak, onarımlardan kaçınılması, güçlendirilmiş varlıkların tek faydası olmaktan uzaktır (bu raporun 2, 3 ve 5. bölümlerinde aksaklıklarla ilgili maliyetler incelenmektedir).

Açıkta kalan altyapıyı doğal afetlere karşı daha dirençli hale getirmek için yapılan yatırımların getirisi nedir? Aşağıdakilere ilişkin belirsizlik

ŞEKİL 6.2 Varlık riski biliniyorsa, gelecekteki altyapı yatırımlarının dayanıklılığını artırmanın ek maliyeti önemli ölçüde azalır



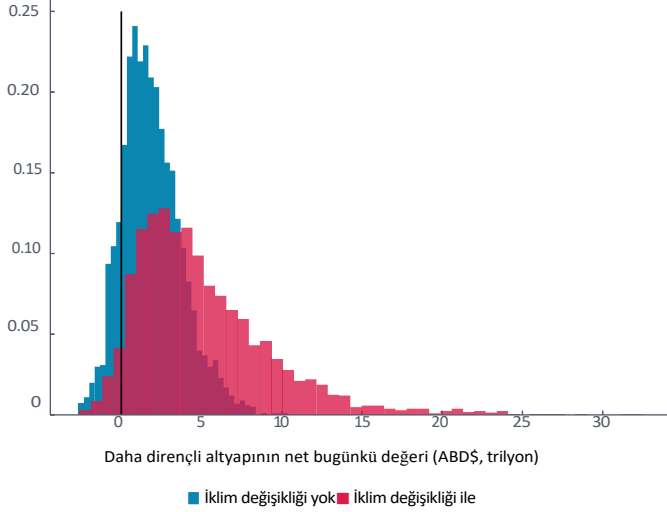
Kaynak: Hallegatte ve ark. 2019.

Not: Buradaki "Maliyet" 2015 ve 2030 yılları arasındaki ortalama yıllık sermaye yatırım maliyetidir. Daireler medyanı, dikey çubuklar ise olası artan maliyetlerin tüm aralığını temsil etmektedir.

Altyapı dayanıklılığının maliyeti ve hane halkları ve firmalar için hem kaçınılan onarımlar hem de aksamalar açısından faydaları, maruz kalan altyapı varlıklarını güçlendirmenin fayda-maliyet oranı için tek bir tahmin sağlamayı zorlaştırmaktadır. Bu belirsizliği yönetmek için, bu rapor için yapılan bir analiz, 3.000 senaryoda fayda-maliyet oranını araştırmaktadır (Hallegatte ve ark. 2019). Bu senaryolar, dayanıklılığı artırmaya yönelik teknik seçeneklerin maliyeti, altyapı varlıklarının mevcut ve gelecekteki doğal tehlikelere maruziyeti, altyapı doğal tehlikelerin mevcut ve gelecekteki rolü ve bunların firmalara ve hane halklarına tam sosyal maliyetleri ile ilgili belirsizlikleri bir araya getirmektedir. Buna ek olarak, analiz ekonomik büyüme, mevcut altyapı stokunun amortisman oranı ve iklim değişikliğinin doğal tehlikeler üzerindeki etkileri hakkında çeşitli varsayımları dikkate almaktadır.

Sonuçlar, doğal tehlikelere maruz kalan alt yapı varlıklarının güçlendirilmesinin çok sağlam bir yatırım olduğunu göstermektedir. Fayda-maliyet oranı, senaryoların yüzde 96'sında 1'den yüksek, yüzde 77'sinde 2'den büyük ve

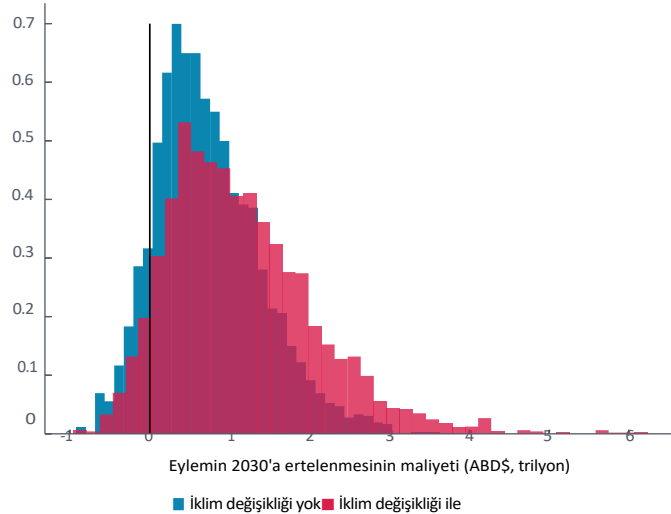
ŞEKİL 6.3 Gelecekteki altyapı yatırımlarının dayanıklılığının artırılması maliyet açısından verimlidir - iklim değişikliğiyle birlikte bu daha da artmıştır



Kaynak: Hallegatte ve ark. 2019.

Not: Net bugünkü değerin 0'dan yüksek olması, faydaların maliyetlerden yüksek olduğu anlamına gelir.

ŞEKİL 6.4 Eylemsizliğin maliyeti hızla artıyor - iklim değişikliği ile daha artıyor



Kaynak: Hallegatte ve ark. 2019.

yüzde 25'inde ise 6'dan fazladır (Hallegatte vd. 2019). Bu yatırımların net bugünkü değeri, yeni altyapı varlıklarının ömrü boyunca, senaryoların yüzde 75'inde 2 trilyon doları, yarısında ise 4,2 trilyon doları aşmaktadır (şekil

Şekil 6.3). Ayrıca, iklim değişikliği altyapı varlıklarının güçlendirilmesini daha da önemli hale getirmektedir. İklim değişikliği olmasaydı, median fayda-maliyet oranı 2'ye eşit olurdu, ancak iklim değişikliği dikkate alındığında bu oran iki katına çıkmaktadır.

Fayda-maliyet oranı 1'in altında olan, yani yeni varlıkların güçlendirilmesinin arzu edilmediği senaryoların yüzde 4'ü, tüm tahminlerin sürekli olarak aynı yönde yanlı olduğu senaryolardır. Diğer bir deyişle, güçlendirme maliyeti aralığın en üstünde, tehlikelerin altyapı varlıkları ve aksaklıklar üzerindeki etkisi aralığın en altında, aksaklıkların sosyoekonomik sonuçları en düşük seviyededir ve iklim değişikliği

doğal tehlikeler. Genel olarak, altyapının güçlendirilmesi yapı varlıkları çok sağlam ve cazip bir çözüm gibi görünmektedir: maliyet açısından etkili olması çok muhtemeldir, çok büyük faydalar sağlama olasılığı yüksektir ve en kötü senaryolarda bile büyük kayıplar yaratamaz.

Daha iyi bir altyapı tasarlamının aciliyeti simülasyonlarda da açıkça görülmektedir (Şekil 6.4). Senaryoların yüzde 93'ünde, eylemi 2020'den 2030'a ertelemek maliyetlidir. Eylemi 2030'a ertelemenin median maliyeti 1,0 trilyon dolardır. Eylemi geciktirmenin faydalı olduğu tek senaryo, altyapı varlıklarını güçlendirmenin fayda-maliyet oranının 1'in altında veya 1'e çok yakın olduğu senaryolardır. Burada iklim değişikliği eylemi daha acil hale getirmektedir: iklim değişikliği, eylemi 10 yıl geciktirmenin median maliyetini neredeyse iki katına .

Bu analiz, daha sağlam altyapı varlıklarına yatırım yapmanın arzu edilebilirliğini hafife almaktadır. Güçlendirmek için burada ele alınan seçenekler

doğal tehlikelere karşı altyapı varlıkları teknik arızalar gibi diğer şok türlerine karşı da daha dirençli hale getirecektir. Dolayısıyla, burada incelenen tehlikeyle ilgili olanların ötesinde, önlenen aksaklıklar açısından büyük eş faydalar söz konusudur. Ancak, bu raporun ilerleyen bölümlerinde tartışıldığı üzere, altyapı sahipleri ve işletmecileri genellikle altyapı aksaklıkları ve hasarlarının sosyal maliyetinin sadece bir kısmını üstlenmektedir. Sonuç olarak, onların teşviki

Bu raporun III. bölümünde daha ayrıntılı olarak ele alınan bir konu olan özel düzenlemeler ve politikalar uygulanmadığı sürece, dayanıklı varlıklar inşa etmek büyük ölçüde azalmaktadır.

Bu bölüm, dayanıklılık oluşturmak için sistem düzeyindeki tüm araçları (hatta daha güvenli alanlarda varlık inşa etmek kadar basit bir şeyi) bir kenara bırakarak, daha sağlam varlıklar aracılığıyla altyapı sistemlerinin nasıl daha dayanıklı hale getirilebileceğini araştırmıştır. Bir sonraki bölüm, varlıklar yerine sistemlere ve hizmetlere bakmanın, düşük maliyetle dayanıklılık oluşturma için yeni yollarını nasıl açtığını araştırmaktadır.

REFERANSLAR

- Croneborg, L., K. Saito, M. Matera, D. McKeown ve J. van Aardt. 2015. "Dijital Yükseklik Modelleri: Dijital Yükseklik Modellerinin Nasıl Oluşturulduğu ve Kullanıldığına İlişkin Kılavuz Notu - Temel Tanımlar, Örnek Görev Tanımları ve Bir SYM Görevinin En İyi Nasıl Planlanacağını İçerir." Dünya Bankası ve Afet Azaltma ve İyileştirme Küresel Fonu, Washington, DC.
- Daniels, J. 2017. "Güney Kaliforniya Kamu Hizmetleri Orman Yangınlarını Önlemek İçin Elektriği Kesti." CNBC, 13 Aralık.
- Davis, C. A., ve J. Castruita. 2013. "Los Angeles'ta Japon Deprem Dirençli Duktıl Demir Boruların Kullanıldığı Pilot Proje." Amerikan Su İşleri Birliği, Denver.
- Avrupa Birliği. 2015. "AB Referans Belgesi Kaçak Yönetimine İlişkin İyi Uygulamalar." WFD CIS WG PoM: Vaka Çalışması Belgesi, Avrupa Birliği, Brüksel.
- Fraser, S. 2017. "Tehlikeyi Düşün! Metodoloji Raporu. Sürüm 2.0." Dünya Bankası, Washington, DC.
- Hallegatte, S., J. Rozenberg, C. Fox, C. Nicolas ve J. Rentschler. "Yeni Altyapı Varlıklarının Güçlendirilmesi-Maliyet-Fayda Analizi." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Hutton, G., ve M. C. Varughese. 2016. "İçme Suyu, Sanitasyon ve Hijyen Konusunda 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine Ulaşmanın Maliyetleri." Water and Sanitation Program Technical Paper, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Kestrel Grup. 2011. "Dayanıklılık Dersleri: Orion'un 2010 ve 2011 Deprem Deneyimi: Bağımsız Rapor." Orion New Zealand Ltd. için Rapor, Kestrel Group, Wellington.
- Kingdom, B., R. Liemberger, ve P. Marin. 2006. "Gelişmekte Olan Ülkelerde Gelir Getirmeyen Suyun Azaltılması Zorluğu: Özel Sektör Nasıl Yardımcı Olabilir-Performansa Dayalı Hizmet Sözleşmesine Bir Bakış." Water Supply and Sanitation Sector Board Discussion Paper 8, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Koks, E., J. Rozenberg, C. Zorn, M. Tariverdi, M. Voudoukas, S. A. Fraser, J. Hall ve S. Hallegatte. 2019. "A Global Multi-Hazard Risk Analysis of Road and Railway Infrastructure Assets." Forthcoming in *Nature Sustainability*.
- Kornejew, M., J. Rentschler ve S. Hallegatte. 2019. "İyi Harcandı: Yönetişim Altyapı Yatırımlarının Etkinliğini Nasıl Belirliyor?" Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- McNeely, A. 2018. "PG&E Kredisi Orman Yangını Riski Nedeniyle Moody's Tarafından Önemsiz Seviyeye İndirildi." *Bloomberg News*, 15 Kasım.
- Messick, R. 2011. "Karayolları Sektöründe Dolandırıcılık, Yolsuzluk ve Gizli Anlaşmaların Engellenmesi." Dünya Bankası, Washington, DC.
- Miyamoto Uluslararası. 2019. "Altyapı Direncini Artırmaya Yönelik Mühendislik Seçeneklerine Genel Bakış." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Nicholls, R. J., J. Hinkel, D. Lincke ve T. van der Pol. 2019. "21. Yüzyılda Kıyı Savunması için Küresel Yatırım Maliyetleri." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 8745, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Oguah, S., ve S. Khosla. 2017. "Afete Hazırlık Kamu Hizmetleri için Büyük Kazançlar Sağlıyor." Live Wire 2017/84, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Rozenberg, J. ve M. Fay. 2019. *Uçurumun Ötesinde: Ülkeler Gezegeni Korurken İhtiyaç Duydukları Altyapıyı Nasıl Karşılatabilir?* Washington, DC: Dünya Bankası.
- Schweikert, A. E., L. Nield, E. Otto ve M. Deinert. 2019. "Dayanıklılık ve Kritik Güç Sistemi Altyapısı: Doğal Afetlerden Çıkarılan Dersler ve Gelecekteki Araştırma İhtiyaçları." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- ABD Enerji Bakanlığı. 2018. "Porto Riko Şebekesi için Enerji Direnç Çözümleri." ABD Enerji Bakanlığı, Washington, DC.
- Dünya Bankası. 2017. *Gelişmekte Olan Küçük Ada Devletlerinde İklim ve Afet Dirençli Trans-port: Bir Eylem Çağrısı*. Washington, DC: Dünya Bankası.
- . 2018. *Yol Maliyetleri Bilgi Sistemi (ROCKS)- İş Yapma Güncellemesi*. Washington DC: Dünya Bankası.
- Dünya Bankası ve OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü). 2017. *Bir Adım Ötede: Paylaşılan Refah ve Kapsayıcı Büyüme için Rekabet Politikası*. Washington, DC: Dünya Bankası.

Esnek Varlıklardan Esnek Altyapı Hizmetlerine

7

Tapı varlıklarının dayanıklılığı, bu raporda açıklanan genel dayanıklılık resminin sadece küçük bir parçasıdır. Çünkü kesintilerin maliyeti, altyapı varlıklarının onarımlar göz önüne alındığında, altyapı *hizmetleri* dayanıklılık konusunda daha iyi bir bakış açısı sunmaktadır. Ağa bağlı altyapı için hizmetlere bakmak, hem ekosistemler ve daha geniş nehir havzaları gibi destekleyici sistemler de dahil olmak üzere tüm sistemin dayanıklılığına hem de arızaların tam maliyetine ilişkin sistemik bir bakış açısı gerektirir.

Bu bölüm, varlıklar yerine altyapı hizmetlerine odaklanarak ve ağ ve sistem seviyelerinde çalışarak altyapı kesintilerinin ve hasarlarının yüksek maliyetlerinin nasıl azaltılabileceğini araştırmaktadır. Ülkelerin, 6. bölümün önerdiğinden bile daha düşük bir maliyetle şebekelerinin dayanıklılığını artırabileceklerini ortaya koymaktadır. Ancak, kullanıcılar ya da ekonomik sistemlerinin işleyişi için *kritik* olan varlıklara öncelik vermeleri gerekmektedir. Kritik varlıkların , kamu hizmetlerinin ve planlamacıların bu varlıkları güçlendirerek, kritikliklerini azaltmak için şebekelere yedek bileşenler ekleyerek, arızalandıklarında ne olacağını simüle ederek acil durum planları geliştirerek veya dayanıklılığı artırmak için şebeke bilgili çözümler kullanarak kesintilere karşı önlem almalarını sağlar.

Tüm varlıkların daha dayanıklı hale getirilmesi gerekmez. Altyapı hizmetlerini destekleyen sisteme bakarak, bir ağın en kritik parçalarını belirlemek ve güvenlik açığını azaltan seçeneklerin performansını değerlendirmek mümkündür.

Kritik varlıkların güçlendirilmesinden sistemde yedeklilik yaratılmasına kadar.

MÜDAHALELERİ ÖNCELİKLENDİRMEK İÇİN KRİTİKLİK ANALİZLERİNİN KULLANILMASI

Girişimlere öncelik verilmesine yönelik basit bir yaklaşım, varlıklara sağladıkları hizmet miktarına, yani kapasitelerine göre bir kritiklik düzeyi atamaktır. Örneğin, otoyollar ve otobanlar gibi birincil yollar için inşaat standartları genellikle çok daha düşük trafik hacmine sahip üçüncül yollardan daha yüksektir. Enerji üretim tesisleri veya su rezervuarları da kapasitelerine göre sıralanabilir. Bu, kritiklik için faydalı bir ilk değerlendirme olsa da, varlığın sağladığı hizmet türü (örneğin, turistik bir bölgeye erişim sağlayan bir otoyol, ana limana veya hastaneye giden bir otoyoldan daha az kritiktir) veya varlığın genel ağ işlevselliğinde oynadığı rol hakkında bilgi içermediği için sınırlıdır. Sofistike

Ağın direncini artırmaya yönelik çözümler, kesintileri simüle etmek için kullanılan olaylar kümesine bağlıdır. Olası olayların tam dağılımına ilişkin veriler mevcut değilse, ağın geniş bir yelpazedeki rastgele olaylara karşı direncini artıracak iyileştirmelere yatırım yapmak daha sağlam olabilir.

Bu yaklaşımlar, işlevsellik kaybının varlık kaybına oranı olarak tanımlanan *ağın esnekliğinin ölçülmesini* mümkün kılmaktadır (Rozenberg . 2019). Yüksek dirençli bir ulaşım ağı, çok fazla işlevsellik kaybetmeden birçok varlığı (yol segmentleri gibi) kaybedebilir. Şekil 7.1, rastgele ulaşım bağlantılarının kesintiye uğramasından kaynaklanan işlevsellik kaybını (izole yolculuklar olarak ifade edilir - yani, yolcular artık hedeflerine ulaşamadıklarında), kesintiye uğrayan bağlantıların yüzdesinin bir fonksiyonu olarak temsil eder. Bu durum, Belçika ve Fas'taki ulaştırma ağlarının esneklikleri sayesinde Madagaskar'daki ağdan çok daha fazla dayanıklılık sergilediğini göstermektedir. Düşük seviyedeki kopukluklar için

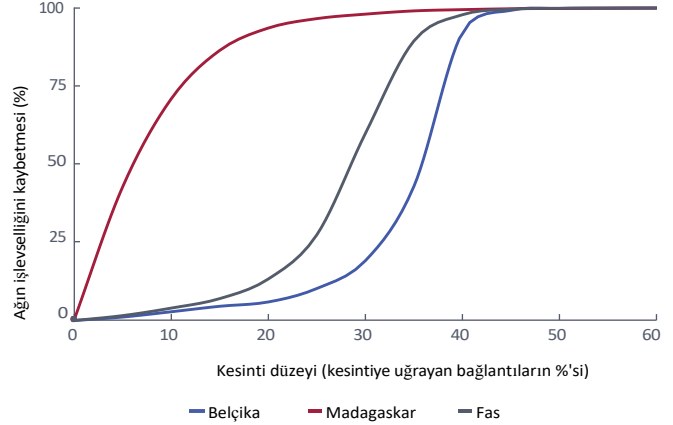
ruption (bağlantıların yüzde 20'sinin altında), işlevsellik kayıpları Belçika'da çoğunlukla ihmal edilebilir düzeydeyken, Madagaskar'da hızla yüzde 80'e çıkmaktadır. Buradaki kilit nokta, Madagaskar'ın ağının Belçika'nın ağından çok daha az yedekliliğe sahip olması nedeniyle (harita 7.2), kritik yollardaki bir kesintinin tüm ağı felç edebilmesidir. Bu tür bir analiz statik ağ ölçümlerinden daha değerli bilgiler sağlar çünkü az sayıda kopuk bağlantının bile yüksek işlevsellik kaybına yol açabileceği uç durumların belirlenmesine olanak tanır.

Bu tür kritiklik analizleri, bir ağın yedekliliğini artıran ve olumlu ekonomik getirileri olan yatırımların belirlenmesine yardımcı olabilir. Peru'da Rozenberg ve diğerleri (2017), Carretera Central çevresindeki yol ağının yedekliliğini artırmak için katranlı yatırımların yapılabileceğini göstermiştir,

Tarımsal ürünler için stratejik bir ihracat rotası, yalnızca sel ve toprak kaymalarından kaynaklanan yıllık kullanıcı kayıpları temelinde gerekelendirilebilir. Bu önlem, yoğunluk ve sıklığa ilişkin belirsizlikleri bir araya getiren neredeyse tüm olası senaryolarda olumlu bir getiri sağlamaktadır,

ŞEKİL 7.1 Belçika ve Fas'ın ulaşım sistemleri Madagaskar'ından çok daha büyük karayolu kesintilerini absorbe edebilir

Kesintiye uğrayan bağlantıların yüzdesinin bir fonksiyonu olarak bir taşıma sistemindeki işlevsellik kaybı örnekleri

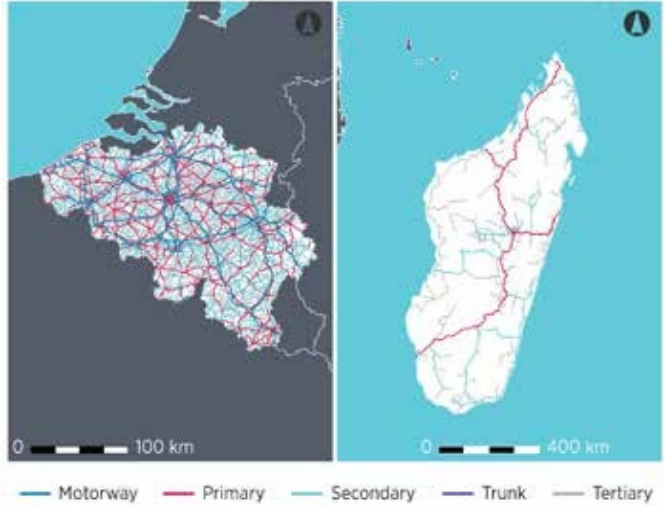


Kaynak: Rozenberg ve ark. 2019.

HARİTA 7.2 Belçika'nın ulaşım ağı Madagaskar'ından çok daha yoğun ve daha fazla yedeklilik sunuyor

a. Ulaşım ağı, Belçika

b. Ulaşım ağı, Madagaskar

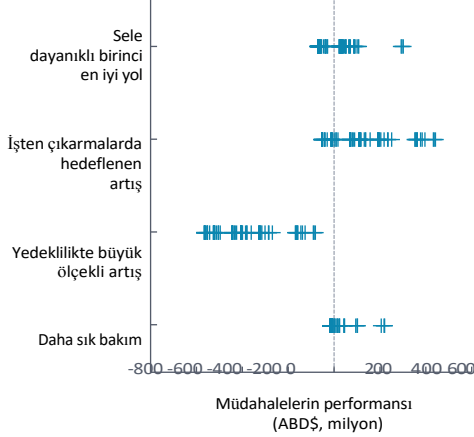


Kaynak: OpenStreetMap verilerine dayanmaktadır.

ve süresi; su seviyelerinin yol üzerindeki yapısal etkisi; bir sel veya heyelan meydana geldiğinde yeniden yönlendirilmesi gereken trafik miktarı; ve bir afetten sonra bir yolu yeniden inşa etmenin süresi ve toplam maliyeti (Şekil 7.2). Taşımacılıkta yedeklilik aynı zamanda

ŞEKİL 7.2 Artan yedeklilik, iyi hedeflendiği takdirde yüksek net faydalar sağlayabilir

Yüzlerce senaryo üzerinden dört müdahalenin net faydaları, Carretera Central, Peru



Kaynak: Rozenberg ve ark. 2017.

Not: Net faydalar önlenen kayıplara odaklanmaktadır ve afetlerin olmadığı durumlarda yol kullanıcı maliyetlerinin azaltılmasına yönelik müdahalelerden elde edilen faydaları içermemektedir. Bu grafikteki her çarpı farklı bir senaryodur ve iklimle ilgili olayların yoğunluğu, sıklığı ve süresi; su seviyelerinin yol üzerindeki yapısal etkisi

Bir sel veya heyelan meydana geldiğinde yeniden yönlendirilmesi gereken trafik miktarı; ve bir afet sonrasında bir yolu yeniden inşa etmenin süresi ve toplam maliyeti.

Kullanıcıların bir kesintiden sonra modlar arasında geçiş yapabilmeleri için çok modlu sistemler aracılığıyla inşa edilmiştir.

Mozambik'te Espinet Alegre ve diğerleri (2018), kırsal yol ağındaki müdahaleleri, kritiklik ve altyapı riskinin bir kombinasyonuna, yani tehlikelere ve kırılganlığa dayalı olarak beklenen yıllık hasara göre önceliklendirmektedir (harita 7.3). Kritikliği tanımlarken sadece bir yolun hasar görmesi halinde ortaya çıkacak işlevsellik kaybını değil, aynı zamanda yolun hizmet verdiği ildeki yoksulluk ve tarımsal potansiyel de dahil olmak üzere kullanıcılara ilişkin bilgileri de kullanmaktadırlar. Yüksek sel riski ve düşük yedeklilik oranına sahip illerde, yeni menfezlere ve daha güçlü köprülere yapılan yatırımların *doğrudan* faydalarının nispeten küçük olduğunu bulmuşlardır. Bununla birlikte, taşkın kesintileri nedeniyle yol kullanıcıları için daha düşük beklenen yıllık maliyetlerle ifade edilen *dolaylı* faydalar dört kat daha büyüktür ve dikkate alınan senaryoların çoğunda yatırımları haklı çıkarmaktadır.

Güç sistemleri

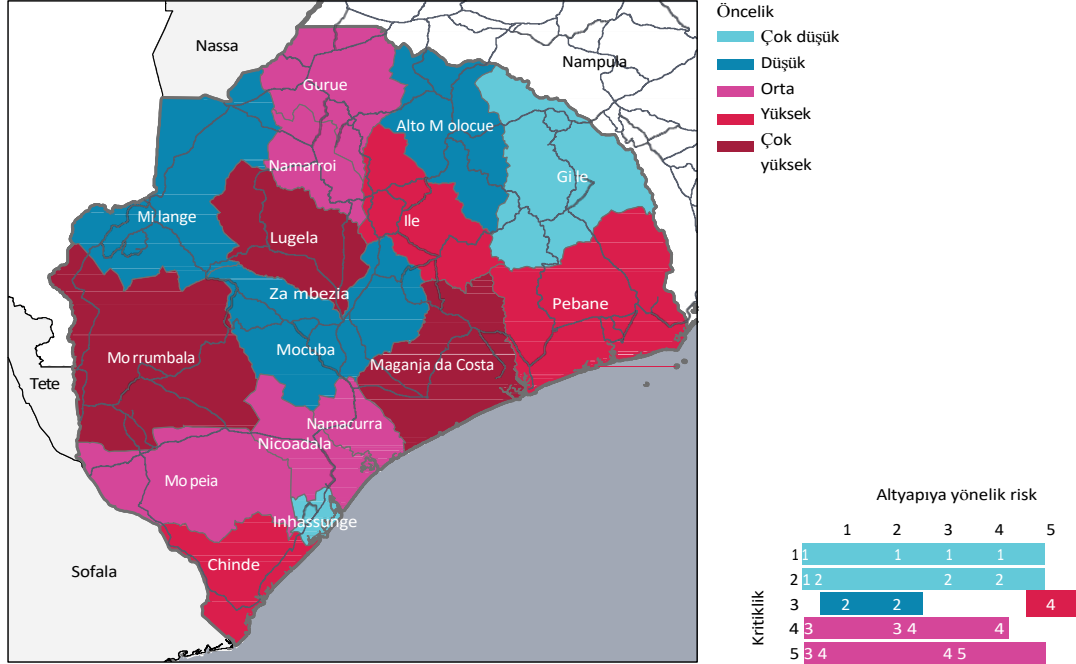
Şebeke esnekliği, enerji iletim ve dağıtım sistemi planlamasında da bir rol oynayabilir. Şebekenin hassas veya kritik kısımları, tek elemanlı ($n - 1$), çift elemanlı ($n - 2$) veya hatta p elemanlı ($n - p$) beklenmedik durumlu bir şebeke analizi kullanılarak belirlenebilir. En kritik düğüm çıkarıldığında kalan düğümlerin kritikliği değişeceğinden, 1 ile p elemanın arızalanması durumunda ağır nasıl davranacağını anlamak önemlidir (Carlotto ve Grzybowski 2014). Ne yazık ki, güç akışı analizi modellerinin karmaşıklığı nedeniyle, $n - 2$ beklenmedik durum analizi bile genellikle

gerçekleştirilmesi çok zordur. Böylece, bir $n - p$ contin-Sistem düzeyinde acil durum analizi genellikle mümkün değildir ve p unsurun arızalanması durumunda sistemin nasıl davranacağını incelemek yalnızca belirli bir alanda veya bu p unsurun bir seçimi için mümkündür.

Veeramany ve diğerleri (2018), bu yaklaşımların çok yüksek getirili girişimler için fırsatları nasıl belirleyebileceğini göstermektedir. ABD'nin Kuzeybatısındaki Washington eyaletinde sismik riskler için bir şebeke kritiklik analizi gerçekleştirmişlerdir. Sismik tehlikelere karşı savunmasız olduğu varsayılan iletim ağının bir alt kümesi üzerinde çalışarak, 40 potansiyel sismik olayı dikkate almışlar ve bir deprem sırasında sistemin davranışını değerlendirmek için 200.000 senaryo çalıştırmışlardır. En kritik kombinasyonunu belirleyebildiler ve bir varlığın sertleştirilmesinin ya da bu varlığı "ikiye katlamak" için fazlalık eklenmesinin riski yüzde 88 oranında azaltacağını buldular.

Enerji iletim ve dağıtım şebekeleri, bir şebeke elemanının kesintiye uğraması durumunda enerjiyi yeniden yönlendirerek başa çıkabilmelerini sağlamak, böylece tesislerin kesintiye uğramasını azaltmak ve tüketicilere yönelik kesintileri sınırlandırmak için belirli bir düzeyde yedekli olarak inşa edilir. Bu tür yedeklilik seviyeleri çoğu kamu hizmetinin planlama ve inşaat standartlarına dahildir. Bu standartlar genellikle iletim seviyesinde dağıtım seviyesine göre daha katıdır, çünkü iletim seviyesinde yaygın kesinti riski daha yüksektir.

HARİTA 7.3 Mozambik'teki altyapı varlıklarının güçlendirilmesi risk seviyelerine ve kritikliğe göre önceliklendirilir



Kaynak: Espinet Alegre ve ark. 2018.

Not: Kritiklik, yolun hizmet verdiği ildeki yoksulluk, yolun hizmet verdiği tarımsal potansiyeli ve yolun kaldırılması durumunda işlevsellik kaybının bir kombinasyonu olarak tanımlanmaktadır.

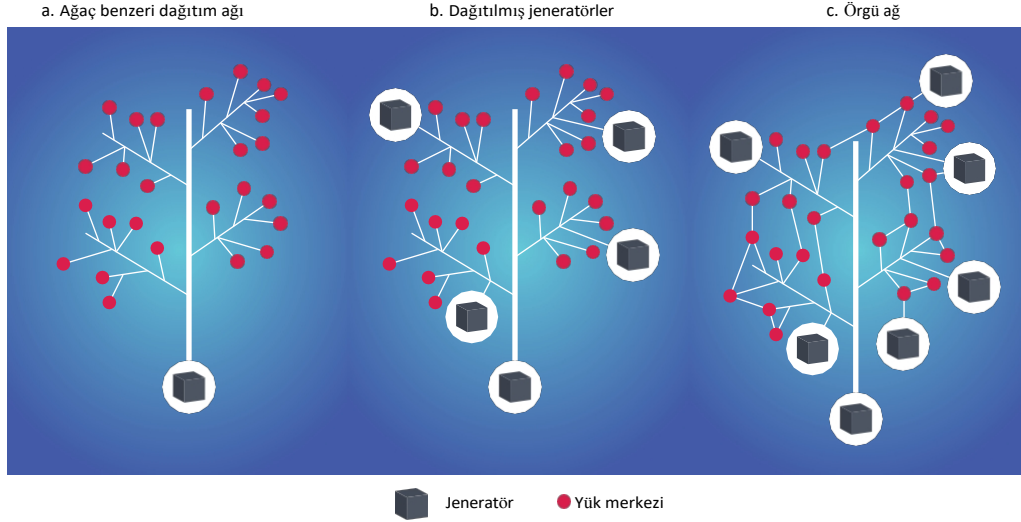
Kritik varlıkların bir $n - 1$ veya $n - 2$ beklenmedik durum analizi yoluyla belirlenmesi, şebekenin temel bileşenlerinin iki veya üç katına çıkarılması (sırasıyla $n - 1$ ve $n - 2$ için) veya hatların yer altına yerleştirilmesi anlamına gelmez. Daha etkili bir yaklaşım genellikle şebekedeki çeşitli düğümlere birden fazla besleme noktası sağlayan "halkalı" veya kafesli şebekeler oluşturmaktır (Şekil 7.3). Kafesli bir şebeke, koridorlar boyunca kesintilere maruz kalma riskini azaltır. Ayrıca şebeke çalışmalarının yükleri fiderler veya besleme noktaları arasında hızlı bir şekilde değiştirmesini sağlar. Bu yaklaşım, eskiden yıldız şeklinde olan (geleneksel radyal dağıtım) ancak artık çoğu iletim şebekesi gibi giderek daha fazla kafesli hale gelen dağıtım şebekeleri için giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Orion, Yeni Zelanda'nın en büyük elektrik dağıtım şirketlerinden biridir ve uzak kırsal bölgelere, bölgesel kasabalara ve Christchurch şehrine elektrik sağlamaktadır. Orion, bir bölgeye tek bir hat ya da kablo döşemek yerine

birden fazla bağlantıya sahiptir, böylece biri arızalanırsa, alternatif bir güç kaynağı yolu kullanılabilir. Bu spider's web yaklaşımı, Orion'un 2010 ve 2011 depremlerinden sonra elektriği derhal geri getirme becerisini büyük ölçüde artırdı. Bu, bir bölgeye giden çoklu bağlantıların tümü sürece elektriğin açık kalması anlamına geliyordu. Eğer tüm bağlantılar hasar görmüşse, Orion onarımı en kolay ve en hızlı olan bağlantıyı onarabiliyordu.

Su sistemleri

Su sistemlerinde, bir şebekedeki kritikliği değerlendirmek için tipik metodoloji, bir arıza modu, etkileri ve kritiklik analizi yapılmasını gerektirir (Stip ve ark. 2019). Bu analiz, ağın tüm bileşenlerinin haritasının çıkarılması ve hangi koşullar altında başarısız olacaklarının, bu başarısızlığın etkilerinin ne olacağının ve hizmet sunumunu nasıl etkileyeceğinin değerlendirilmesinden oluşur. İkincisine dayanarak, söz konusu bileşenin "kritikliği" sıralanabilir ve bir derecelendirme yapılabilir.

ŞEKİL 7.3 Şebeke topolojisi şebeke direncini artırabilir

Kaynak: Stöcker 2018.

Not: Kafesli dağıtım şebekesi, dağıtım şebekesinin radyal karakteristiğini korumak için normal operasyonlar sırasında açık anahtarlarla birbirine bağlanan dağıtım fiderleri içerir. Bu şalterler, bir dağıtım fiderinin bağlantısı kesildiğinde elektrik için alternatif yollar sağlamak üzere kapatılır.

buna göre kaydedilir. Hollanda'da arızalar seviyelerine göre sıralanır: 1. seviye bir arıza hizmeti önemli ölçüde aksatacağı için asla meydana gelmemelidir, 2. seviye bir arızanın her üç yılda bir meydana gelmesine izin verilir ve 3. seviye bir arıza operasyonlar için hayati önem taşımadığı için her yıl meydana gelebilir (Wright-Contreras 2018). Bu sınıflandırmaya dayanarak, 1. seviye arızalarla bağlantılı unsurları kontrol etmek için düzenli bir bakım rejimi uygulanabilirken, daha sık beklenen 3. seviye arızalardaki unsurlar için yedek parçalar depolanabilir. Bu seviyeler aynı zamanda varlığın 1.000'den fazla haneye veya bir hastaneye hizmet vermek ya da itfaiye gibi diğer hizmetleri için gerekli olup olmadığına göre de belirlenir.

Cutzamala, Meksika'da, şehrin su sistemini ana sistem bileşenlerinin bakım eksikliği açısından inceleyen bir duyarlılık değerlendirmesi, farklı senaryolarda sistemin kabul edilebilir performansının sürdürülmesi üzerinde en ciddi olumsuz etkilere sahip olacak unsurları belirlemiştir (Ray ve Brown 2015). Bu bilgi daha sonra optimize edilmiş bir sistem geliştirmek için kullanılabilir.

En kritik unsurlara öncelik vererek, belirli bir bütçe kısıtı için bakım planı.

Japonya ve Hollanda, su dağıtım sistemlerine "döngüler" yoluyla yedeklilik eklemiştir; böylece şebekenin bir unsuru arızalandığında, sistemin diğer unsurlarına her zaman başka bir rota üzerinden ulaşılabilir (Wright-Contreras 2018). Hollanda'da bu yedeklilik depolama sistemlerinde ve su arıtma tesislerinde de bulunmaktadır. Örneğin, nehrin su kalitesi kötüleşirse nehir girişleri kapatılabilir ve böylece rezervuar, beş ila altı aylık bir su depolama kaynağına sahip olduğu için, genellikle nehir suyunu bu kirlilik olayından "temizleyebilir". Su arıtma tesislerinin kendileri de depolamalı olarak inşa edilir, bu da sadece güneş ışığı ve tutma yoluyla girişteki su kalitesini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda girişin kapatılması veya tesisin arızalanması durumunda belirli bir süre için su kaynağı sağlar.

Telekomünikasyon

Telekomünikasyon ağları yüksek yedekliliğe sahip olacak şekilde tasarlanabilir - fiziksel ve lojistik

cal-kullanıcıları aşırı olaylara karşı korur. Mart 2011'de meydana gelen ve Richter ölçeğine göre 9.0 şiddetindeki Büyük Doğu Japonya Depremi ve ardından oluşan tsunami, Japonya kıyılarındaki denizaltı kablo sistemlerine zarar vermiştir. Ancak bu felaketin İnternet bağlantısı üzerindeki etkisi sınırlı kalmıştır çünkü Japonya'nın uluslararası bağlantısındaki yedeklilik seviyesi yeterliydi. Japonya'nın denizaltı kablo sistemi güzergahlarının çeşitliliği, ülkeye inen toplam kapasitenin önemli ölçüde sağlamıştır. Sonuç olarak, kablo kopmaları nedeniyle bir miktar kesinti yaşanmış olsa da, felaketin ölçeği göz önüne alındığında uluslararası bağlantı oldukça sağlamdı. Bununla birlikte, doğru yedeklilik seviyesini belirlemek zordur. 2013 yılında bir dalgıç Güney Doğu Asya-Orta Doğu-Batı Avrupa 4 (SE-ME-WE-4) kablo sistemini kasıtlı olarak kesti. Mısır Arap Cumhuriyeti ile Avrupa arasında sekiz denizaltı kablosunun bulunması, Mısır'ın internetinin önemli ölçüde etkilenmemesi gerektiği anlamına geliyordu. Ancak aynı hafta içinde dört kablo sisteminde arıza ya da kopma meydana gelmiş, bu da aktif kablo sistemlerinde aşırı yüklenme ve tıkanıklığa yol açmıştır.¹ İnternet hızları yüzde 60 oranında düşmüş, bunun etkileri ülkedeki tüm telekom operatörleri tarafından hissedilmiştir.

Telekomünikasyon altyapısı sahipleri ve kullanıcıları arasındaki ticari anlaşmalar ağırlarda "mantıksal yedekliliğe" olanak tanıyarak fiziksel altyapının zarar görme riskini ve etkisini önemli ölçüde azaltmaktadır. Sektör ayrıca direkler, yeraltı kanalları ve kanalları, fiber optik kablolar ve direkler gibi telekomünikasyona hazır altyapının telekom operatörleri ile enerji ve ulaşım gibi diğer sektörler arasında paylaşıldığı maliyet ve risk paylaşımlı iş modellerini benimsemiştir. Bu altyapı paylaşım modelleri hızlı ve uygun maliyetli ağ kurulumlarına olanak sağlarken, birleştirilmiş ile ilişkili risk de artmaktadır. Bu nedenle, maliyet paylaşımı ile şebekenin fiziksel yedekliliğine yeterli yatırım yapılması arasında ödünleşim konusudur.

çalışır, çeşitlendirir, merkezsizleştirir ve sistemler arasında .

Kritik varlıkların yedeklenmesi ve güçlendirilmesine ek olarak, altyapı hizmetlerinin dayanıklılığını artırmak için çeşitlendirmeden ademi merkeziyetçiliğe ve çapraz sistem analizlerine kadar sistem düzeyinde başka girişimler de öngörülebilir.

ŞEBEKE ESNEKLİĞİNİ ARTIRMAK İÇİN VARLIKLARIN ÇEŞİTLENDİRİLMESİ

Enerji sektöründe üretim kaynaklarının çeşitlendirilmesinin faydaları özellikle Harvey Kasırgası'nın ardından Teksas'ta açıkça görülmüştür. Nükleer enerji, olay boyunca tam kapasite ile çalışabildi. Rüzgâr santralleri olay sırasında kesintiye uğradı, ancak çoğu hemen tekrar faaliyete geçerek, fırtına dalgalarından ve daha uzun süre etkilenen kıyıdaki üretim tesislerindeki azalmalardan kaynaklanan üretim açığının çoğunu telafi etti (Conca 2017). Schweikert ve diğerleri (2019), kuraklık veya aşırı sıcaklar sırasında elektrik kesintisi riskini azaltmak için tamamen suya bağlı olmayan bir enerji karışımı önermektedir (Alvaro 2018). Gerçekten de, soğutma için suya bağımlı olan termik üretim tesisleri ve nükleer enerji santralleri, giriş suyu izin verilen sıcaklıkları (çoğu durumda yaklaşık 24° C) aştığında genellikle kısıntıya gitmek veya kapatmak zorunda kalmaktadır.

Taşımacılıkta çeşitlendirme şu yollarla yapılır çok modlu ulaşım planlaması. Örneğin kentsel planlama, yürüme ve bisiklete binme gibi motorsuz modları ve toplu taşımayı içerebilir. Ulaşım planlamasına daha yüksek bir kentsel yoğunluğu teşvik eden politikalar eşlik ederse, bu mod çeşitliliği trafik yoğunluğunu ve giderek artan sayıda yol inşa etme ihtiyacını azaltabilir, böylece su akışının önündeki engelleri azaltabilir ve selleri hafifletebilir. Buna ek olarak, kentsel planlama daha fazla yol inşa etme ihtiyacını azaltarak, ulaşım sektörünün afetlere maruz kalma ölçeğini ve kırılganlığını azaltabilir. Bu alternatif modlar aynı zamanda esneklik de sağlayabilir.

acil bir durum sırasında ulaşım biçimleri (Dünya Bankası 2015).

MERKEZSİZLEŞTİRME VE YENİ TEKNOLOJİLERİ KULLANMA

Güneş enerjisine ve bataryalara dayanan dağıtılmış güç sistemleri bir şebekeyi güçlendirebilir ve daha dayanıklı hale getirebilir. Minigrids ve mikro-şebekeler, uzun mesafeli iletim kablolarına dayanmadıkları için, şebeke arızası durumunda faydalı yedek üretim sağlayabilir. Aslında, elektrik kesintilerinin çoğu üretim tesislerinden ziyade iletim hatları ve trafoların hasar görmesinden kaynaklanmaktadır. Sandy Kasırgası sırasında New York'taki Co-Op City mikro şebekesi merkezi şebekeden başarılı bir şekilde ayrılmış ve daha geniş şebekedeki kesintiler sırasında tüketicileri desteklemiştir (Strahl et al. 2016).

Gelecekte sensörler, güç dağıtım yönetim sistemlerinin, ağır arızalı bölümlerini izole ettikten sonra yükleri dağıtmak için ağırları yeniden yapılandırmak üzere programlanmasına olanak tanıyacaktır. Güç sistemlerinin bileşenleri içindeki sensörler, enerji santrallerinin ve trafo merkezlerinin birbirleriyle ve şebeke operatörüyle iletişim kurmasını sağlayacaktır. Şebeke kontrol sistemi, yerel marjinal fiyatı etkileyen gerçek zamanlı koşulları (işletme maliyetlerini ve kısıt maliyetlerini değiştirerek) dikkate alacaktır. Trafo merkezleri dağıtım ucundaki kontrol sistemleriyle iletişim kurarak son kullanıcı müşterilerin cihazlarına fiyatlandırma hakkında sinyaller gönderebilir. Bu sinyaller, örneğin bir binanın klima sistemine fiyat sinyalleri göndererek müşterilerin güç taleplerini buna göre modüle edebilir ve değiştirebilir. Aynı tür sensörler ve optimizasyonlar bir minigrid üzerinde de çalışabilir, hatta belki de daha değerli olabilir çünkü bir minigridin çalışması tipik olarak bir merkezi şebekeden daha az serbestlik derecesine sahiptir. Algoritmalar, minigrid operatörlerinin merkezi şebeke ile koordinasyon sağlamasına (bağlantının mümkün olduğu durumlarda) ve minigridin merkezi şebekenin bir kesintiden dönmesine yardımcı olmak için güç sağlayıp sağlamayacağına karar vermesine yardımcı olabilir.

zorunlu kesinti ve karartma mı yoksa minigridin "adalı" kalması mı gerektiği.

Yağmur suyu hasadı ve merkezi olmayan su arıtımı, daha esnek hibrit su sistemlerine katkıda bulunabilir (Stip ve ark. 2019). Atık su arıtımı ve içme suyu üretimi için, düşük kirlenmeli içi boş fiber membranlara sahip ultrafiltrasyon teknolojilerini kullanan yeni konteynerli arıtma sistemleri, yüksek kaliteli su çıkışı sağlayabilir (Georges ve ark. 2018). Modüler ve özellikle olan üniteler, nakliye konteynerlerine kurulduğu için taşınması kolaydır. Temel bir deken- tralize yağmur suyu hasat sistemi, içme suyu talebini azaltmak için tuvalet sifonu ve diğer içme suyu olmayan ihtiyaçlar için içme suyu olmayan su sağlayabilir. Daha gelişmiş bir sistem, müşterinin mülkünde yağmur suyu hasadı ve depolaması ile desteklenen hasat edilmiş yağmur suyunu toplayabilir ve ham su kaynaklarını desteklemek için yağmur suyu tutma ve arıtma sistemlerini kullanabilir. Bu tür sistemler kuraklıklara, patlamalara ve ham su kaynaklarının kirlenmesine karşı dayanıklılığı artıracak ve kentsel sel riskini azaltacaktır.

Konteyner bazlı sanitasyon, düşük maliyetli sanitasyon hizmetleri sağlamanın yanı sıra, sel ve kuraklıklara karşı diğer çözümlerden daha dayanıklıdır (Georges ve ark. 2018). Haiti'de konteyner bazlı sanitasyon hizmetlerinin kullanıcıları, geleneksel tuvaletler kullanılamazken sel sırasında tuvaletlerini kullanabildiklerini bildirmişlerdir. Nairobi'de bazı hizmet kullanıcıları, Fresh Life tuvaletlerinin susuz olmasını farklı bir avantaj olarak görmüştür. Su kıtlığının yaşandığı bu ortamda borularla taşınan su yoktur ve dolayısıyla evlerde kullanılan su maliyetlidir ve genellikle kadınlar tarafından önemli mesafelerden taşınması gerekir.

SINERJİLERİ YAKALAMAK İÇİN SİSTEMLER ARASINDA ÇALIŞMAK

Bir altyapı varlığının kritikliği aynı zamanda karmaşık karşılıklı bağımlılıklara ve olası basamaklı arızalara da bağlıdır.

sınır olanlar. Kritik altyapı varlıkları ve sektörleri arasındaki karşılıklı bağımlılıkların haritalandırılması, potansiyel basamaklı sonuçların anlaşılması için giderek daha önemli hale gelmektedir. Altyapı sektörleri arasındaki karşılıklı bağımlılıklar fiziksel, siber, coğrafi veya mantıksal olabilir ve sektörler arasında veya varlıklar arasında olabilir. Tüm altyapı sektörleri yüksek oranda elektriğe bağımlı olma eğilimindedir. Su hizmetleri için acil durum planları, pompa istasyonları, rezervuarlar ve depolama tanklarındaki elektrik kesintilerini önleme veya bu kesintilerden hızlı bir şekilde kurtulma yollarını içermelidir. Benzer şekilde, telefon, cep telefonu, e-posta veya özel geniş bant ağları elektrik olmadan çalışamaz ve bu nedenle telekomünikasyon tesislerinde genellikle kısa süreli kesintiler için yedek güç - batarya bankaları - bulunur. Kuzey Amerika'da bu batarya bankaları üç ila sekiz saatlik güce sahiptir, bu da sık sık meydana gelen kesintiler için uygundur ancak büyük ölçekli felaketler için yetersiz olabilir. Önemli telekomünikasyon tesislerinin yedek bir güç jeneratörüne ve güvenli yakıt deposuna sahip olması çok önemlidir.

uzun süreli bir elektrik kesintisi için düzenlemeler.

Enerji sektörünün kendisi de diğer altyapı sektörlerine bağlıdır. Geçit vermeyen yollar, elektrik şirketlerinin iletim hatlarını onarıırken karşılaştıkları başlıca engellerden biridir. Yol ajanslarıyla birlikte çalışarak, kamu hizmetleri erişilebilir güzergahlar hakkında doğru bilgiye sahip olmalarını sağlayabilir. Böyle bir düzenleme, elektrik sisteminin onarımı için gereken yolların yeniden açılmasına öncelik verilmesini de sağlayacaktır. Doğal gaz, petrol ve kömür yakıtlı sistemler gibi talep üzerine yakıt dağıtım gerektiren üretim teknolojileri de büyük ölçüde ulaşım ağına bağlıdır. Irma ve Maria Kasırgalarının ardından Porto Riko'da limanların kapanması 11 gün boyunca günde yaklaşık 1,2 milyon varil petrol kaybına yol açmış ve bu durum yalnızca ithal yakıtı dayanan büyük üretim istasyonlarını doğrudan etkilemiştir (U.S. Department of Energy 2018). Benzer kapanmalar 2017 yılında Teksas'ın yanı sıra New Jersey ve New York'ta da meydana gelmiştir

Sandy Kasırgası sırasında (U.S. Department of Energy 2018).

Hizmetlerin birlikte veya etkili işbirliği platformları aracılığıyla yönetilmesi verimliliği artırır ve daha sonra sisteme yeniden yatırım yapılabilecek maliyet tasarrufları sağlayabilir. Orange County, Kaliforniya'da, Orange County Su Departmanı (toplu su tedarikinden sorumlu) ve Orange County Sağlık Departmanı (sağlık hizmetlerinden sorumlu) arasındaki ortak planlama, atık suyun yeniden kullanımının hem sağlık bölgesi (deniz suyu çıkışının kaçınılan maliyetleri nedeniyle) hem de su bölgesi (kuraklığa dayanıklı yeni bir su kaynağı sağlayarak) için önemli bir maliyet tasarrufu olarak belirlenmesine yardımcı olmuştur (Dünya Bankası 2018). Genel olarak, hem su tedarikini hem sanitasyonu birlikte yöneten bir kamu hizmeti, koordinasyonla ilgili işlem maliyetlerini azaltabilir ve su döngüsünü kapatma fırsatlarını belirlemek için daha iyi bir konumda olabilir.

Yollar, suyu engelleyerek ve yönlendirerek, yüzey akışını yoğunlaştırarak, yeraltı akışlarına müdahale ederek ve taşkın modellerini değiştirerek hidroloji üzerinde büyük bir etki yaratır. Bununla birlikte, yol planlaması ve inşası ile su yönetimi arasında faydalı bir bağlantı vardır. Su, yol altyapısının baş düşmanı ve yol hasarlarındaki en büyük etken olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, yolların etrafındaki suyun daha iyi yönetilmesi ve yolların içinde su havzası ve peyzajın ayrılmaz bir parçası olarak görülmesi için güçlü bir gerekçe oluşturulabilir. Bu tür entegre bir yaklaşım, yol altyapısına önceden hizmet edecek ve bakım yükünü azaltacak, su temini ve taşkın koruması sağlarken daha fazla altyapı verimliliğine katkıda bulunacaktır. Van Steen- bergen ve diğerleri (2019), yolların çevredeki peyzaj üzerindeki olumsuz etkisinin nasıl tersine çevrilebileceğini ve yolların nasıl faydalı su yönetimi araçları haline gelebileceğini açıklamaktadır. Örneğin, kurak bölgelerde yol gövdeleri tarafından tutulan su, yeniden şarj alanlarına veya yüzey depolamaya yönlendirilebilir veya uygulanabilir.

doğrudan arazi üzerinde. Taşkın yataklarında ve kıyı bölgelerinde yollar da taşkın korumasında rol oynar. Yollar set görevi görerek tahliye yolları ve sel barınakları sağlayabilir. Alçak sulak alanlarda ve taşkın yataklarında, yollar ve köprüler sığ yeraltı sularını etkiler ve arazi verimliliği çok büyük sonuçlar doğurur. Bir yolun inşa edilme şekli ve örneğin köprü eşiklerinin ve menfezlerin yüksekliği, yolun her iki tarafındaki sulak alanın kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olacaktır (Van Steenberg ve ark. 2019).

YOĞUN BÖLGELERDE ALTYAPI SİSTEMLERİNİN KORUNMASI

Kıyı ve nehir taşkın riskini azaltmak için bir seçenek de su sistemlerinin bir parçası olan altyapı sistemlerini bentlerle korumaktır. Su sistemleri hem su hizmeti sağlayıcıları hem de suyla ilgili tehlikelere karşı koruma görevi görür. Bentler, yüksek yoğunluklu alanlarda maliyet etkin bir strateji olabilir ve diğer altyapı sistemlerinin maruziyetini azaltabilir (Rozenberg ve Fay 2019). Bununla birlikte, setler tüm olası olaylara karşı koruma sağlayamaz ve bunlara, kalan riske ilişkin açık iletişim kampanyalarının yanı sıra başarısızlık durumunda acil durum planlarının eşlik etmesi gerekir. Bentler varlıkları koruyabilirken, uygun erken uyarı sistemleri ve tahliye planları, bentlerin yıkılması veya taşması durumunda büyük insan kayıpları riskini yönetmek için önemini korumaktadır.

Rozenberg ve Fay (2019), bir dizi sosyoekonomik ve iklim değişikliği senaryosu altında, 2030 yılına kadar düşük ve orta gelirli ülkelerdeki şehirleri korumak için gereken kıyı ve nehir taşkın koruma altyapısına (setler ve fırtına dalgalanma bariyerleri kullanarak) yapılan yatırımı değerlendirmektedir. Kabul edilebilir risk seviyelerine ve inşaat birim maliyetlerine bağlı olarak, toplam maliyetlerin yılda 23 milyar dolardan 335 milyar dolara kadar çıkabileceğini . Her ne kadar bu maliyetler toplam altyapı yatırım ihtiyaçlarına kıyasla yine düşük olsa da ve setler

Yüksek faydaların yanı sıra, gerekli finansman akışlarının yanı sıra bakım sağlamak için uygun kurumların ve yönetim mekanizmalarının geliştirilmesi esastır. Bunun yapılmaması riski artıracak ve katastrofik arızalara yol açarak sadece varlıkları değil hayatları da riske atacaktır. Güvenilir bir bakım taahhüdünün olmadığı durumlarda, doğa temelli koruma, arazi kullanım planlaması ve geri çekilmenin bir kombinasyonu tercih edilmelidir.

YATIRIM İHTİYAÇLARINI AZALTMAK İÇİN ALTYAPIYI DOĞA TEMELLİ ÇÖZÜMLERLE BİRLEŞTİRMEK

Yeşil ve gri altyapının birleştirilmesi daha düşük maliyetli, daha esnek ve daha sürdürülebilir altyapı çözümleri sağlayabilir (Browder ve ark. 2019). Sağlıklı ormanlar tarafından sağlanan filtreleme hizmetleri, Portland, Maine'i

Su filtreleme tesisi ihtiyacını ortadan kaldırarak 20 yılda 97 milyon dolar ve 155 milyon dolar (Gartner vd. 2013). Filipinler'de mangrovlar, resifler ve diğer doğal sistemler yıllık 1 milyar dolardan fazla afet kaybını önlemektedir (Tercek 2017). Bu arada, New York'un suyunun yüzde 90'ı iyi korunan vahşi su havzalarından sağlanmaktadır, böylece New York'un su arıtma süreci diğer ABD şehirlerine göre daha basittir (NRC 2000).

İyi bir havza yönetimi tatlı su mevcudiyetini artırabilir ve arıtma maliyetini azaltabilir. Yüzen sulak alanlar, yüksek besin konsantrasyonlarının yerinde arıtılması için kullanılabilir. Ve nehir kıyısı bitkilendirmesi, akış, erozyon ve besin azaltma oranını azaltmak ve kullanım için yakalanan su miktarını artırmak için kullanılabilir.

Fiji'nin Suva kentinde RISE Programı, gelgit seline maruz kalan ve her sel olayında tuvaletlerden fekal kontaminasyonun yayılmasına izin veren zayıf sanitasyon çözümlerine güvenmek zorunda kalan topluluklarda çalışmaktadır.² Önerilen müdahaleler, atıkları kontrol altına almak için basitleştirilmiş kanalizasyon ile topluluğu selden ayıran sulak alanlar ve yürüyüş yollarını bir araya getirecektir.

ve suyun bölgeye girip filtrelenmesini sağlar.

Doğayla birlikte çalışmak aynı zamanda su döngüsünü kapatmak anlamına da gelmektedir. 1968 yılında şiddetli bir kuraklıkla karşı karşıya kalan Windhoek, Namibya, içme suyu olarak kullanılmak üzere tam ölçekli atık su ıslahını başlatan dünyadaki ilk şehirlerden biri oldu (Dünya Bankası 2018). İçilebilir seviyeye kadar arıtılan ve doğrudan su kaynağına enjekte edilen atık su, şu anda Windhoek'un suyunun yüzde 25'ini sağlıyor. Kaliforniya, Orange County'deki akifer de kurak koşullar sırasında tampon olarak kullanılmaktadır. Kanallar ve şişirilebilen barajlar aracılığıyla yağmur suyu sızması teşvik edilirken, akiferi yeniden şarj etmek için yüksek oranda arıtılmış atık su enjekte edilmektedir. Bu yönetilen akifer şarjı, Orange County hizmet sağlayıcıları için mevcut içme suyunu artırırken, aynı zamanda deniz suyu girişine karşı bir bariyer görevi görmektedir.

Su döngüsünün şehir altyapısıyla bu şekilde bütünleştirilmesinin kayda değer bir örneği Çin'in sünger şehirler projesidir (Çin Devlet Konseyi 2015). Bu iddialı program kapsamında ülke, düşük etkili kalkınma önlemleri ile kentsel yeşillendirme ve drenaj altyapısının bir karışımı yoluyla selin etkilerini azaltmayı ve 2020 yılına kadar kentsel alanların yüzde 80'inin yağmur suyunun yüzde 70'ini yeniden kullanmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Bu yaklaşım, Avustralya'nın Suya Duyarlı Şehirler için İşbirliği Araştırma Merkezi'nin "su havzası olarak şehir" vizyonuna benzemektedir.

Doğaya dayalı çözümler selden korunmak için de kullanılmakta ve setler gibi sert altyapılara olan ihtiyacı azaltmaktadır. İnsan koruları ve mercan resiflerinin kıyı şeritlerini sellere ve fırtına dalgalarına karşı koruduğu gerçeği iyi bilinmektedir. Beck ve diğerlerine (2018) göre, mercan resifleri sellerin neden olduğu yıllık küresel zararı yarıya indirmekte ve sık sık meydana gelen fırtınaların maliyetini üçe bölmektedir. Resiflerden en çok faydalanan ülkelerin Küba, Endonezya, Malezya, Meksika ve Filipinler olduğunu ve yıllık beklenen sel tasarrufunun

her bir ülke için 400 milyon dolardan fazla. Kolombo'da sulak alan sisteminin korunmasının, arazi geliştirme kısıtlamaları dikkate alındığında bile şehirdeki sel baskınlarını azaltmak için uygun maliyetli bir çözüm olduğu kanıtlanmıştır (Browder vd. 2019)- bkz. fotoğraf 7.1. Yollar özellikle heyelanlara karşı savunmasızdır ve farklı orman yönetimi uygulamalarının heyelana yatkınlık üzerinde büyük etkileri olabilir. Dhakal ve Sidle'ye (2003) göre, kısmi kesim daha az heyelan üretmekte ve heyelan hacmini bir kat azaltmaktadır.

1,5 açık kesim ile karşılaştırıldığında.

Enerji nakil hatları, şiddetli rüzgar olayları sırasında ağaçların düşmesine karşı çok hassastır (bkz. Bölüm 4). Ancak Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bazı kamu hizmetleri, belirli yüksek bitki örtüsünün bu hatların yanındaki geçiş haklarına tecavüz etmesini önleyerek, doğal düşük büyüme bitki örtüsünü teşvik etmektedir. Sonuç olarak, bazı bölgelerde, bazı trans- misyon hatlarının altındaki çalılık habitat, yabani arıları bulmak için en iyi yer haline gelmektedir. Maki bitki örtüsü , birçok uzun ağacı dışarıda bırakır ve birkaç yıl içinde biçme maliyetleri önemli ölçüde düşer. Bu tür bir bitki örtüsü yönetimi daha düşük maliyetlidir.

FOTOĞRAF 7.1 Kolombo'daki bir sulak alan parkı sel riskini azaltmaya yardımcı olur ve kuş gözlem kuleleri gibi rekreasyonel fırsatlar sunar



Fotoğraf kredisi: Matthew Simpson.

ve iletim hatları altında bir yaban hayatı koridorları ağı oluşturabilir (Conniff 2014).

ZARIF BİR ŞEKİLDE BAŞARISIZ OLMAK VE HIZLA TOPARLANMAK

Telekomünikasyon sektöründeki antenler gibi altyapıyı her şeye karşı koyacak kadar güçlü hale getirmektense, bir olaydan sonra değiştirmek bazen daha uygun maliyetli olabilir. Bu varlıkların korunmasına yatırım yapmak, yedeklere ve yeniden hazırlığa yatırım yapmanın aksine orantılı bir getiri sağlamayacaktır. Buna ek olarak, hiçbir altyapı varlığı ya da sistemi olası tüm tehlikelerle başa çıkacak şekilde tasarlanamaz. En uç olayların olasılığı ve yoğunluğu konusunda büyük bir belirsizlik olduğundan, altyapı sistemleri olası olayların ötesine geçen olaylara karşı stres testine tabi tutulmalıdır. Böyle bir stres testinin iki hedefi olacaktır:

- Altyapı sistemlerinin aşırı olaylara karşı kırılganlığını azaltabilecek düşük maliyetli seçeneklerin belirlenmesi, bu olayların son derece düşük ihtimalli olduğu düşünülse bile. Örneğin, Fukushima nükleer kazası göstermiştir ki, büyük setlerin bir nükleer enerji santralini olası tüm tsunamilere karşı koruması gerekse bile, beklenmedik bir olayın koruma seviyesini aşması ihtimalini göz önünde bulunduran bir "ya olursa" senaryosu alıştırması faydalı olacaktır. Böyle bir tatbikat, setlere rağmen su baskını meydana gelmesi durumunda santralin yedek jeneratörlerinin yükseltilmesi gibi ek risk azaltıcı seçenekler üretebilir.
- Gerek altyapı sisteminin yönetimi (büyük bir arızadan nasıl kurtulunacağı gibi) gerekse kullanıcılara destek (hastaneler üzerindeki etkilerin nasıl en aza indirileceği gibi) açısından gerekli müdahaleye hazırlanmak için beklenmeyen bir arızanın sonuçlarını anlayın. Arıza senaryolarının çalıştırılması, acil durum planlarının tanımlanmasında ilk ve en kritik adımdır.

Beklenmedik durum planlarının geliştirilmesi ve güncellenmesi Beklenmedik durum planları, bir acil durum veya öngörülemeyen bir olay durumunda bir hizmet sağlayıcı tarafından alınacak önlemleri belirler. Ulaşım operatörleri, acil durum planlarının bir parçası olarak, hastaneler ve limanlar gibi kritik düğüm noktalarına bağlantıları yeniden sağlamaya odaklanabilir (Benavidez ve Mortlock 2018). Su hizmetleri, acil bir durumda su sisteminin arızalanması halinde su sağlamak için su tankerleriyle daimi bir sözleşme yapabilir. Filipinler'de bir tayfandan sonra, altyapı hasarına rağmen hizmet sürekliliğini sağlamak için su tankerleriyle sözleşme yapılmıştır.

Elektrik sektöründe, yaygın kesintilerin boyutunu anlamak, çeşitli restorasyon prosedürlerini simüle etmek ve çıktılarını sistem operatörleri için işletme ve eğitim kılavuzlarına dahil etmek için acil durum planlamasının daha sık yapılması gerekmektedir. Süreklilik analizi talep tarafı yönetimini de içerecek şekilde genişletilebilir. Örneğin, şebeke istikrarının kaybolmasını önlemek ve olası yaygın kesintileri engellemek için önceden belirlenmiş yüklerin bağlantısı kesilebilir (kutu 7.2).

Yeni teknolojiler enerji sektöründe daha hızlı toparlanma sağlanmasına yardımcı olabilir. Akıllı şebekeler ve gelişmiş ölçüm altyapısı (AMI) durumsal farkındalığı artırır ve afetlerden sonra hızlı restorasyonu destekler. AMI akıllı sayaçlar, iletişim ağları ve veri yönetim sistemlerinden oluşan entegre bir sistemdir ve kamu hizmetleri ile müşteriler arasında iki yönlü sağlar. Bu bilgiler, aksi takdirde enerji sistemindeki hızlı değişikliklere karşı kör olan sistem operatörleri için hayati önem ve böylece şebekenin dayanıklılığını artırmaya yardımcı olur (GridWise Alliance 2013; White House 2013). AMI, Sandy Kasırgası sonrasında Washington DC metropolitan bölgesine hizmet veren Potomac Electric Power Company tarafından kullanılmıştır. Şirket, sayaçlardan aldığı "elektrik yok" sinyalleri sayesinde kesintileri saptayabilmiş ve sorunları tespit etmek için daha geniş alanlarda keşif yapmak yerine ekipleri belirli alanlara sevk edebilmiştir (Oguah ve Khosla 2017).

KUTU 7.2 Enerji şirketleri için acil durum planlaması

Enerji şirketleri aşağıdaki özel adımları atarak felaketlerden hızlı bir şekilde kurtulabilir:

- **Bilgi toplama.** Bir afet meydana geldiğinde, kamu hizmetlerinin zamanında bilgi toplaması ve paylaşması kritik önem taşır. Önemli arasında (1) meteorolojik ve karasal olaylar, (2) elektrik tesislerine verilen hasar yer alır, (3) elektrik kesintileri, (4) etkilenen personel ve (5) trafik durumu.
- **Bilgi dağıtımı.** Kullanıcıların kesintileri yönetmelerine yardımcı olmak için, özellikle elektrik kesintileri ve elektriğin yeniden sağlanması ve beklenen diğer tehlikeler hakkında televizyon, radyo, gazeteler ve İnternet aracılığıyla bilgilerin duyurulması önemlidir.
- **Personelin güvenliğinin sağlanması.** Felaket kurtarma ile ilgilenmek üzere görevlendirilen personel tatil günlerinde ve gece vakti bile hazır bulunmalıdır. Bu personel felaket kurtarma operasyonlarını denetler ve etkilenen sahalara personel göndermenin yanı sıra normal operasyonlar yeniden tesis edilene kadar dış kuruluşlarla işbirliği yapmaktan sorumludur.
- **Malzemelerin ve yedek parçaların güvence altına alınması.** Kamu hizmetleri, malzeme ve yedek parçaların geri kazanım için yeterli olup olmadığını teyit etmeli ve yeterli değilse, aşağıdakiler de dahil olmak üzere, bunları tedarik etmek için yollar aramalıdır

diğer kamu hizmetlerinden. Malzemelerin ve yedek parçaların zamanında teslim edilmesi için önceden seçilmiş araba, gemi ve helikopter satıcılarından yararlanılabilir. Ayrıca personel, gerektiğinde belediyelerle yaparak bu malzemeleri depolamak için bir yer temin etmelidir.

- **Dış kurumlarla işbirliği.** Merkezi hükümet ve belediyeler ile işbirliği, bilgi paylaşımı ve personel görevlendirilmesini içermelidir. Ordu, etkilenen bölgelerdeki tesisleri eski haline getirmek için gereken araçların yanı sıra personel de sağlayabilir. Kamu hizmetleri genellikle rakip olmalarına rağmen, afet kurtarma dönemlerinde personel, ekipman ya da yedek parça paylaşımı yoluyla sıklıkla işbirliği yaparlar. İşbirliğini sağlamak için kamu hizmetleri giderek artan bir şekilde olası işbirliği yollarını tanımlayan karşılıklı yardım anlaşmaları yapmaktadır (Lindsey 2008).
- **Enerji tesisleri için hızlı kurtarma araçları.** Toparlanma dönemi için gerekli kaynaklar şunları içerebilir: (1) bilgi ve iletişime uygun erişimi olan alternatif ofisler; (2) mobil trafo merkezleri ve jeneratör aracı gibi özel araçlar; (3) alternatif üretim seçenekleri (hidrojen, depolama bataryası, kojenerasyon, mikro şebekeler veya dizel acil durum istasyonları gibi); ve (4) yolların kapalı olması durumunda hasarlı varlıklara erişim için helikopterler.

Telekomünikasyon sektöründe, Bölüm 4'te de belirtildiği gibi, doğal şokların açığı varlıklara (kuleler ve antenler gibi) ve yeraltı varlıklarına (kanallar ve kablolar gibi) zarar vermesi muhtemeldir. Kamu hizmeti operatörleri hazırlıklı olmalı ve hizmetleri mümkün olan en kısa sürede eski haline getirecek varlıklara sahip olmalıdır. Acil durum planlarının bir parçası olarak, hizmetleri yeniden tesis etmek için gereken varlıkların tehlikelerden korunmasını da sağlamaları gerekir. Örneğin, Japonya'da 2011 yılında meydana gelen deprem ve ardından oluşan tsunami, Japonya kıyıları boyunca denizaltı kablo sistemlerine zarar vermiş ve denizaltı kablo onarım gemilerinin çoğuna da zarar vermiştir.

olayın hemen sonrasında kullanılamaz ve toparlanmayı zorlaştırır.

Su sektöründe, yavaş başlangıçlı olarak adlandırılan olaylar - uzun bir süre boyunca meydana gelen tehlikeler - olay gelişirken tepki verme fırsatları sunar. Örneğin, İspanya'da Aigües de Barcelona'nın Kuraklık Yönetim Planı, su sisteminin performansına ilişkin temel göstergeleri takip etmekte ve içme suyu tedarikini garanti altına almak ve ekonomik etkileri azaltmak için alınan önlemler yoluyla hizmet sağlayıcının müdahale etmesine yardımcı olmaktadır (Dünya Bankası 2018). Yüzey depolama seviyelerine dayalı olarak, hizmet kuruluşunun su temin ettiği kaynaklar için kuraklık eşikleri belirlenmiştir.

çekecektir (Şekil 7.4). Kurak bir durumda, daha pahalı kaynaklar (yeniden kullanım ve tuzdan arındırma), ardından stratejik tampon kaynaklar (akifer) kullanılır. Son çare olarak, şehir normalde su kaynağına çevresel akışlar için ayrılan suya başvurulur.

Daha iyi geri inşa edin

Daha iyisini inşa etmek, felaketten kurtulmanın temel bir parçasıdır. Sandy Kasırgası New Yorkta feci hasara yol açmış, kilometrelerce uzunluktaki bakır kablolar kullanılamaz hale gelmiştir. Verizon sadece Manhattan'daki taşıyıcı kasalarını (her biri 90.000 fit küpten fazla hacme sahip iki kasa) değil, aynı zamanda şehirdeki çok sayıda menholü de kaybetti. Zararın yaklaşık 1 milyar dolar olduğunu tahmin eden Verizon, mevcut şebekeyi onarmaya değer görmedi. Bunun yerine, şebekeleri su hasarına karşı daha dayanıklı olan fiber optik kablolarla değiştirdi (Adams ve ark. 2014). Verizon ayrıca kritik altyapısını korumak için dayanıklılığı artırıcı başka önlemler de almıştır. Taşıyıcı kasalarının yanı sıra yakıt deposu ve pompa odaları, operasyonların devamlılığını sağlamak için denizaltı kapıları ile su geçirmez hale getirilmiştir.

2008 yılında Çin'in güneybatısında büyük bir deprem meydana gelmiştir. Bu deprem 69.000'den fazla kişinin ölümü, 374.000 kişinin yaralanması ve yaklaşık 18.000 kişinin kaybolmasıyla yakın tarihin en ölümcül depremlerinden biri olmuştur (Hallegatte, Rentschler ve Walsh 2018). İnsan kaybına ek olarak, felaket 34.000 kilometrelik karayolunu, binlerce okulu, hastaneyi ve atık su sistemini ve 4 milyondan fazla evi yıkmış ya da ağır hasara uğratmıştır. Felakete yanıt olarak Çin hükümeti daha güçlü bir geri inşa yaklaşımı benimsedi. Etkilenen altyapının yeniden inşasının daha yüksek sismik standartlara ve sel riski yönetimi kurallarına uygun olmasını sağlarken, yeniden inşa faaliyetleri ile etkilenen bölgelerin uzun vadeli sürdürülebilir ekonomik iyileşmesi ve kalkınması için bir temel oluşturulması arasında bir denge sağlamıştır. Restore edilen altyapı sadece doğal afetlere karşı daha dirençli olacak şekilde inşa edilmekle kalmadı.

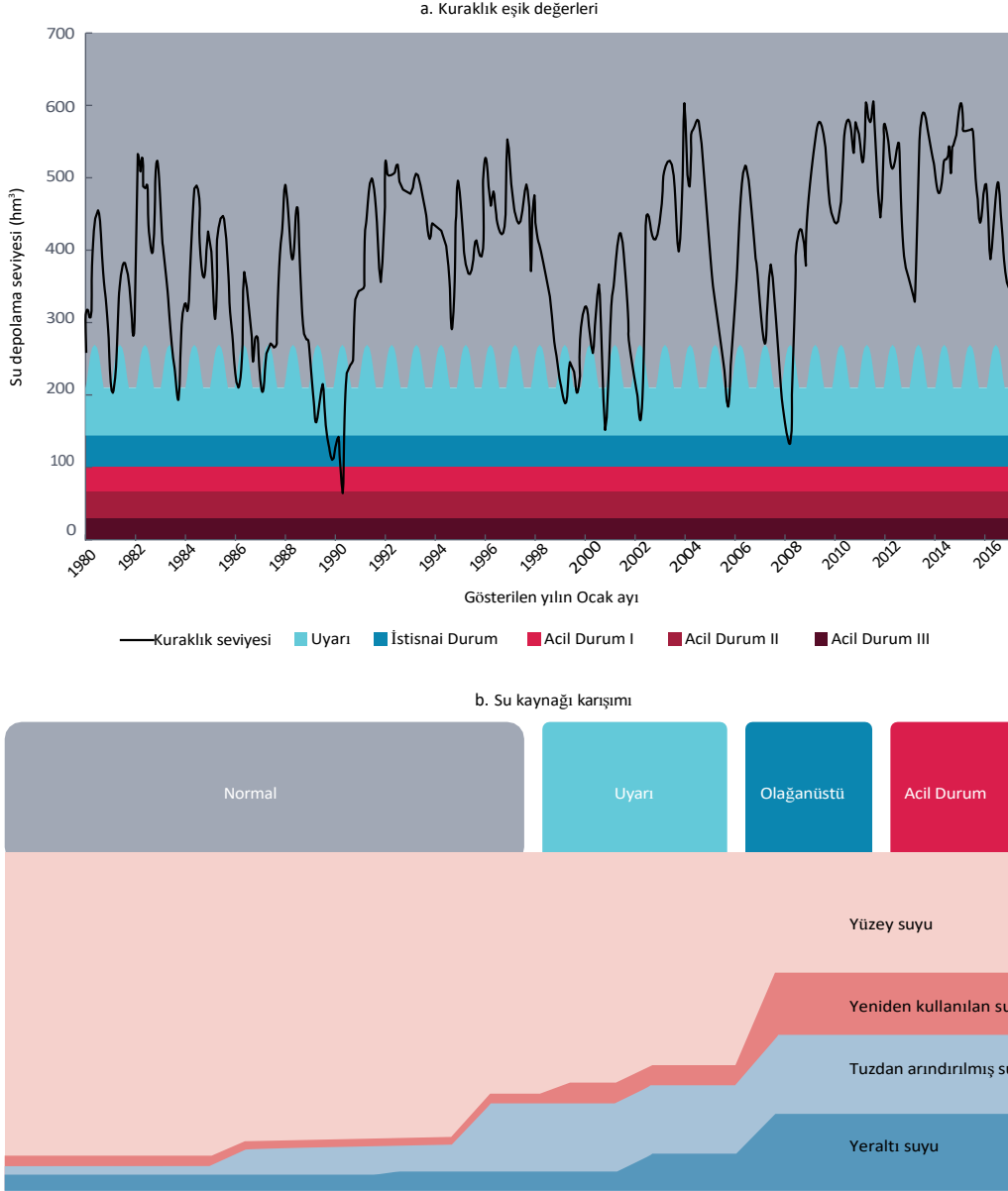
ural hazards than the before the disaster, but also greatly enhanced the quality of services and access to essential public services (including water, sanitation, roads, health, and education). Örneğin, 300 yol yeniden inşa edilmiş veya yeni sismik standartlara göre yenilenmiş ve modern trafik yönetimi ve drenaj sistemleri eklenerek iyileştirilmiştir.

Bazen en iyi yaklaşım inşa etmemektir

Riski azaltmanın ya da en azından riskteki artışları minimize etmenin bir yolu, risk altındaki bölgelere yeni varlıkların yerleştirilmemesini sağlamaktır. Örneğin, sıcak hava dalgalarının veri merkezi soğutması üzerindeki etkisinden kaçınmak için, sunucuları mümkün olduğunca serin tutmak amacıyla Kuzey Kutup Dairesi yakınlarında yeni büyük veri merkezleri inşa edilmektedir; bu da soğutma için enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmakta ve kesintileri önlemektedir. Altyapı, düzgün bir şekilde planlandığı ve gelecekteki inşaat planları halka duyurulduğu takdirde hane halklarını ve firmaları düşük riskli alanlara yönlendirebilir (bkz. Bölüm 8).

Bazen, özellikle uzun vadeli iklim değişikliği eğilimleri ve deniz seviyesi veya su kıtlığı üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, geri çekilme korumadan daha iyi bir seçenektir. Örneğin, Nicholls ve diğerleri (2019), fırtına dalgalanmalarına ve deniz seviyesindeki yükselmeye karşı kıyı korumasının, ekonomik büyüme ve deniz seviyesindeki yükselmeye ilişkin varsayımlara bağlı olarak, 21. yüzyıl boyunca dünyadaki kıyı şeritlerinin yalnızca yaklaşık yüzde 22-32'si için mantıklı olacağını bulmuştur. Dolayısıyla, kıyı şeritlerinin en az yüzde 68'ine komşu olan toplulukların kademeli olarak geri çekilmesi ya da kıyı savunması için düşük maliyetli ekosistem temelli veya doğa temelli yaklaşımlar kullanması gerekebilir. Bu alanlar çoğunlukla küçük bir varlık stokuna düşük yoğunluklu alanlardır ve koruma maliyetleri karşılanamayacak kadar yüksektir. Uzun vadede deniz seviyesinin yükselmesine ve kıyı taşkınlarına karşı gerçekçi bir şekilde korunamayacak alanlarda, yeni altyapı inşa etmemek dayanıklılık için en iyi yaklaşım olabilir. Bununla birlikte, bu yaklaşım tutarlı bir yönetim stratejisi ile tamamlanmalıdır.

ŞEKİL 7.4 İspanya'da kuraklık acil durum planları çeşitli su kaynaklarını kullanmakta ve tarihsel kuraklık eşik değerlerine göre oluşturulmaktadır



Kaynak: Dünya Bankası 2018.

Geçim kaynaklarını ve topluluk bağlarını koruyarak inzivaya çekilme yaşı.

Bu bölümde, altyapı varlıklarının yerine altyapı hizmetlerinin dikkate alınmasının ve sistem ve ağ seviyelerine bakılmasının nasıl fırsatlar sunabileceği vurgulanmıştır

Varlıkları güçlendirmekten daha düşük maliyetle dayanıklılık. Bir sonraki bölüm kullanıcıları da denkleme dahil etmektedir, çünkü bazen kullanıcıların alt yapı aksaklıklarıyla başa çıkmalarını sağlamak, olası tüm aksaklıkları önlemekten daha kolay ve daha ucuzdur.

NOTLAR

1. "Undersea Cables Off Egypt Disrupted as Navy Arrests Three," *Guardian*, 23 Mart 2013. <https://www.theguardian.com/technology/2013/mar/28/egypt-undersea-cable-arrests>.
2. Bkz. <https://www.rise-program.org/about>.

REFERANSLAR

- Adams, P., J. Steeves, B. Ashe, J. Firth, ve B. Rabb. 2014. "Tele-iletişim ve Veri Merkezi Hizmetleri için İklim Riskleri Çalışması." Genel Hizmetler İdaresi, Riverside Technology, Fort Collins, CO için hazırlanan rapor.
- Alvaro, L. 2018. "Kuraklığa Eğilimli Afrika'da Hidroelektrik Enerjinin Tuzakları." Grantham Enstitüsü Tehlike Altındaki İklim ve Çevre (blog), 21 Ağustos.
- Beck, M. W., I. J. Losada, P. Menéndez, B. G. Reguero, P. Diaz-Simal ve F. Fernández. 2018. "Mercan Resifleri Tarafından Sağlanan Küresel Taşkın Koruma Tasarrufu." *Nature Communications* 9 (2186): n.p.
- Benavidez, M. J., ve A. M. Mortlock. 2018. "Ulaştırma Sektöründe İyileşme: Dayanıklılık Oluşturmak için Fırsatlar." GFDRL Kılavuz Notu, Afet Azaltma ve İyileştirme Küresel Fonu, Washington, DC, Ekim.
- Browder, G., S. Ozment, I. Rehberger Bescos, T. Gartner, ve G.-M. Lange. 2019. *Integrating Green and Gray: Creating the Next Generation Infrastructure*. Washington, DC: Dünya Bankası ve Dünya Kaynakları Enstitüsü.
- Carlotto, T., ve J. M. V. Grzybowski. 2014. "Güç Şebekelerinin Topolojik Modelinde Kendi Kendini Organize Eden Kritiklik ve Basamaklı Arızalar: Bir Vaka Çalışması." *Proceedings of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics (SBMAC)* 2 (1): n.p.
- Conca, J. 2017. "Harvey Kasırgası Nükleer Enerjinin Önünü Açıyor." *Forbes*, 1 Eylül. Conniff, R. 2014. "Elektrik Enerjisi Geçiş Hakları: Koruma için Yeni Bir Sınır." Yale Environment 360 (blog), 16 Ekim. https://e360.yale.edu/features/electric_power_rights_of_way_a_new_frontier_for_conservation.
- Dhakal, A. S., ve R. C. Sidle. 2003. "Farklı Orman Yönetimi Uygulamaları için Toprak Kaymalarının Uzun Vadeli Modellenmesi." *Yeryüzü Süreçleri ve Yeryüzü Şekilleri* 28 (8): 853-68.
- Espinete Alegre, X., J. Rozenberg, K. S. Rao ve S. Ogita. 2018. "Net Çalışma Analizi ve Karar Alma Sürecinin Pilot Uygulanması
- Ulaştırma Faaliyetlerinde Belirsizlik: Değişen Sel Riski ve Diğer Derin Belirsizlikler Altında Mozambik'te Bir Kırsal Yol Projesinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 8490, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Gartner, E. T., J. Mulligan, R. Schmidt, J. Gunn, A. Reference ve N. Price. 2013. "Natural Infrastructure Investing in Forested Landscapes for Source Water Protection in the United States." Dünya Kaynakları Enstitüsü, Washington, DC.
- Georges, K., B. Hall, T. McNally ve B. Tam. 2018. "Akıllı Su Hizmeti: 21. Yüzyıl Su Hizmeti (Isles Utilities)." ICMA (International City/County Management Association) (blog), 3 Temmuz.
- GridWise Alliance. 2013. "Elektrik Şebekesi Güvenilirliğinin ve Dayanıklılığının Artırılması: Süper Fırtına Sandy ve Diğer Olağanüstü Olaylardan Alınan Dersler." GridWise Alliance, Washington, DC, 12 Haziran.
- Hallegatte, S., J. Rentschler ve B. Walsh. 2018. *Building Back Better: Daha Güçlü, Daha Hızlı ve Daha Kapsayıcı Olağanüstü Hal Sonrası Yeniden Yapılanma Yoluyla Dayanıklılığa Ulaşmak*. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29867>
- Kwakkel, J., B. A. Jafino, A. Verbraeck, S. Eker, ve J. Rozenberg. 2019. "Bangladeş'teki Ulaşım Ağının Esnekliği: Grafik Teorik ve Simülasyon Tabanlı Bir Yaklaşım." Dünya Bankası, Washington DC (yakında çıkacak).
- Lindsey, K. 2008. "Havai İletim Hattı Varlık Sahipleri için Acil Durum Kaynak Planlaması Kılavuzu." Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE), New York.
- Nicholls, R. J., J. Hinkel, D. Lincke ve T. van der Pol. 2019. "21. Yüzyılda Kıyı Savunması için Küresel Yatırım Maliyetleri." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 8745, Dünya Bankası, Washington, DC.
- NRC (Ulusal Araştırma Konseyi). 2000. *İçme Suyu Temini için Su Kulübesi Yönetimi: New York Şehri Stratejisinin Değerlendirilmesi*. Washington, DC: National Academies Press.
- Oguah, S., ve S. Khosla. 2017. "Afete Hazırlık Kamu Hizmetleri için Büyük Kazanımlar Sunuyor." *Live Wire* 2017/84, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Ray, P. A. ve C. M. Brown. 2015. *İklim Belirsizliğinin Su Kaynakları Planlaması ve Proje Tasarımına Dahil Edilmesi: Karar Ağacı Girişimi*. Washington, DC: Dünya Bankası.
- Rozenberg, J., C. Briceno-Garmendia, X. Lu, L. Bonzanigo ve H. Moroz. 2017. "İyileştirme

- Peru'nun Karayolu Ağına Uçurum Olaylarına Karşı Dayanıklılığı." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 8013, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Rozenberg, J. ve M. Fay. 2019. *Uçurumun Ötesinde: Ülkeler Gezegeni Korurken İhtiyaç Duydukları Altyapıyı Nasıl Karşılayabilir?* Washington, DC: Dünya Bankası.
- Rozenberg, J., C. Fox, M. Tariverdi, E. Koks ve S. Hallegatte. 2019. "Yol Gösterisi: Dünya Genelinde Yol Ağı Esnekliğinin Karşılaştırılması." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Schweikert, A. E., L. Nield, E. Otto ve M. Deinert. 2019. "Dayanıklılık ve Kritik Güç Sistemi Altyapısı: Doğal Afetlerden Çıkarılan Dersler ve Gelecekteki Araştırma İhtiyaçları." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Çin Devlet Konseyi. 2015. "Sünger Şehirler İnşa Etmeyi Destekleme Kılavuzu." Çin Devlet Konseyi, Pekin.
- Stip, C., Z. Mao, L. Bonzanigo, G. Browder ve J. Tracy. 2019. "Su Altyapısının Esnekliği: Barajlar, Atıksu Arıtma Tesisleri ve Su Temini ve Sanitasyon Sistemlerinden Örnekler." Bu rapor için sektör notu, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Stöcker, C. 2018. "P2P Ağında Yazılım Tanımlı Dijital Şebeke: Otonom Enerji Hücreleri Sistemleri Üzerine." Medium (blog), 12 Mart. Strahl, J., M. Bebrin, E. Paris ve D. Jones. 2016. "Buzzword'lerin Ötesinde: Toplumsal Dayanıklılık Mikro Şebekeleri için Özel Oluşturmak." Binalarda Enerji Verimliliği üzerine 2016 ACEEE Summer Çalışması'nda sunulan bildiri, American Council for an Energy-Efficient Economy, Pacific Grove, CA, 21-26 Ağustos.
- Tercek, M. 2017. "Mangrovlar: Kıyı Koruma Oyununda Bir Yıldız Oyuncu." Nature Conservancy (blog), 7 Ağustos.
- ABD Enerji Bakanlığı. 2018. "Nate, Maria, Irma ve Harvey Kasırgaları Durum Raporları." Office of Cybersecurity, Energy Security, and Emergency Response, ABD Enerji Bakanlığı, Washington, DC.
- Van Steenberg, F., T. Alemayehu, K. Woldearegay, ve M. Agujetas Perez. 2019. *Kılavuz İlkeler: Su Yönetimini ve İklim Direncini Destekleyen Su-Yol Altyapısı için Yeşil Yollar*. Hertogenbosch, Hollanda: Meta Meta Araştırma.
- Veeramany, A., G. A. Coles, S. D. Unwin, T. B. Nguyen ve J. E. Dagle. 2018. "Yüksek Etkili Düşük Frekanslı Güç Şebekesi Olayları için Çok Tehlikeli Risk Değerlendirme Çerçevesinin Deneme Uygulaması." *IEEE Sistem Dergisi* 12 (4): 3807-15.
- Beyaz Saray. 2013. "Elektrik Şebekesinin Hava Kesintilerine Karşı Direncini Artırmanın Ekonomik Faydaları." Başkanlık İdari Ofisi, Washington, DC.
- Dünya Bankası. 2015. "Ulaştırma Sektöründe Afet Risk Yönetimi: Kavramlar ve Uluslararası Vaka Çalışmaları Üzerine Bir İnceleme." Çalışma Belgesi 98202, Dünya Bankası, Washington, DC.
- . 2018. *Su Kıtlığı Yaşayan Şehirler: Sınırlı Bir Dünyada Gelişmek*. Washington, DC: Dünya Bankası.
- Wright-Contreras, L. 2018. "VEI ve Dawaco: Su Operatörleri Ortaklığı Vaka Çalışması." BM-Habitat, Nairobi.

Esnek Altyapı Hizmetlerinden Esnek Kullanıcılara

8

Su ana kadar Bölüm II'de, bu rapor altyapı ağlarının varlıklara yapılan müdahalelerin bir kombinasyonu kullanılarak nasıl daha dayanıklı hale getirilebileceğini göstermiştir (güçlendir- ing) ve ağlarda (yedeklilik, çeşitlendirme ve sistemler arasında çalışma). Bu stratejiler, varlıkların daha düşük yaşam döngüsü maliyetleri ve daha güvenilir hizmetler gibi faydalar sunmaktadır. Ancak sonuçta önemli olan altyapı hizmetlerinin arzının dayanıklılığı değil, bu bölümün konusu olan son kullanıcıların dayanıklılığıdır.

Sonuçta, altyapı kesintileri, insanlar ve tedarik zincirleri de dahil olmak üzere kullanıcıların bunlarla başa çıkıp çıkamayacağına bağlı katastrofik veya daha iyi huylu olabilir. Bu düzeyde, daha dirençli bir altyapının faydası, doğal tehlikelerin insanlar ve ekonomiler üzerindeki toplam etkisinin azalmasıdır. Bu bölümde kullanıcıların kırılabilirliğini azaltmanın ve tedarik zincirlerini daha dirençli hale getirmenin yolları araştırılmaktadır.

VERİMLİLİĞİ ARTIRARAK ALTYAPI HİZMETLERİNE OLAN TALEBİ AZALTMAK GENELLİKLE DAYANIKLILIK YARATIR

Artan nüfus ve giderek kıtlaşan -ya da savaşılan- su kaynakları nedeniyle, kamu hizmetleri şehirlerinin su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltmak için talebi yönetmek zorundadır. Yakın zamandaki bir örnek, şehrin suyunun tükeneyeceği "0. Gün "e ulaşmamak için sert önlemler almak zorunda kalan Cape Town'dur. İki yüzyıl boyunca ayrıntılı bir yükseltilmiş göller ağı aracılığıyla öncelikle yüzey su kaynaklarına bel bağlayan şehir, üç yıl üst üste

2014-16'da aşırı düşük yağış (1/590 yıllık olaylar) ve geri adım atmak ve su durumunu değerlendirmek zorunda kaldı. Uzun süre düşündükten sonra Cape Town öncelikle talep yönetimine karar verdi (Kaiser 2018). Uygulanan önlemler 2015-2018 yılları arasında su kullanımını günde 400 milyon litre (kullanımın yüzde 40'ı) azaltarak büyük bir sosyoekonomik krizden kaçınmayı mümkün kılmıştır.

Kişi başına günlük 284 net litre ile hiç de düşük bir su tüketicisi olmayan Las Vegas, nüfus artışına ve yılda 40 milyon ziyaretçiye rağmen 2002'den bu yana konut tüketimini yüzde 40 azaltmayı başarmıştır (Dünya Bankası 2018). Yelpazenin diğer ucunda, kişi günlük 99 litre tüketimle ülkedeki ve dünyadaki en düşük tüketim seviyelerinden birine sahip olan Zaragoza, 2000'li yılların başında iddialı verimlilik iyileştirme programları başlattığında tüketim seviyelerinde yüzde 30'luk bir düşüş elde etti. Bu azalma, su fiyatlarının ayarlanması ve şebeke rehabilitasyonunun bir araya getirilmesiyle sağlanmıştır,

ve halka erişim ve eğitim (Dünya Bankası 2018).

Talep yönetimi, hizmet müşterilerinin su temini ve sanitasyon sisteminde dayanıklılık oluşturma çabalarının merkezinde yer aldığını kabul eder. Belen, Kosta Rika'da su idaresinin müşterileri, bir çalışmada test edilecek düşük maliyetli talep azaltma önlemlerinin belirlenmesine yardımcı olmuştur (Datta ve ark. 2015). Bu odak grup tartışmaları, müşterilerin genel olarak su tasarrufunun önemi konusunda hemfikir olduklarını, ancak kendilerinin kullanımı azaltmaları gerektiğini düşünmediklerini ve yüksek veya düşük su tüketiminin ne olduğu konusunda çok az şey bildiklerini ortaya koymuştur.

olabilir. Çalışma sonuçları, mahalle karşılaştırması (su faturalarındaki etiketler aracılığıyla) kullanan tanımlayıcı bir sosyal norm ölçütünün yüksek tüketimli kullanıcılar arasında en etkili olduğunu ve şehir genelindeki karşılaştırmalardan daha etkili olduğunu göstermiştir. Düşük tüketimli kullanıcılar arasında, müşterilere kendi su kullanımını azaltma planlarını oluşturmaları için ihtiyaç duydukları bilgileri veren bir müdahale - hedefler, ölçütler ve kilometre taşları ile - en etkili olmuştur. Kullanıcıların hem odak grup hem de saha testleri yoluyla program tasarımına dahil edilmesi, Belen hizmet sağlayıcısının gelecekteki programlamaya dahil edebileceği önemli bulgular ortaya çıkarmıştır.

KUTU 8.1 Bina normları, kentsel formlar ve davranış değişiklikleri sıcak hava dalgaları sırasında enerji talebini azaltabilir ve güç sistemleri üzerindeki ikincil etkileri önleyebilir

Giderek daha yoğun ve sık hale gelen sıcak hava dalgalarının güç sistemleri üzerinde ciddi etkileri olabilir. Kentsel formlar ve bina özellikleri "kentsel ısı adası" yoluyla ısı dalgalarına katkıda bulunabilir (Lemonsu vd. 2013; Stone, Hess ve Frumkin 2010). Dolayısıyla sosyoekonomik kırılganlık ve enerji sistemlerinin kırılganlığı, kentsel planlama sırasında yapılan seçimlere bağlıdır.

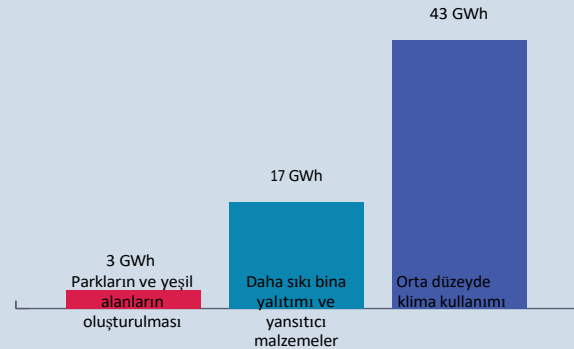
Viguié ve ark. (2019), şehirlerin sıcak hava dalgalarına karşı kırılganlığını azaltmak için üç geniş eylem kategorisini ele almaktadır: (1) birçok park ve yeşil alanın eklenmesine yol açan büyük ölçekli bir kentsel yeniden yapılandırma politikası; (2) katı bina yalıtım kurallarının ve duvarlar ve çatılar için yansıtıcı malzemelerin kullanımının tarihi binalar hariç kentsel alanlardaki tüm binalara uygulanabileceği bina ölçeğinde bir politika; ve (3) referans senaryoda 23°C yerine konutlarda 28°C ve ofislerde 26°C'yi korumak için klima kullanımında davranışsal değişiklikler.

Bir kente park ve yeşil alanların eklenmesi hava sıcaklığını esas olarak buharlaşma yoluyla düşürür. Bununla birlikte, bu etki

binalarda iklimlendirme için enerji kullanımı üzerinde çok daha büyük bir etkiye sahiptir (yüzde -17). Son olarak, davranış değişikliği (termostat ayarının artırılması) iklimlendirme için enerji tüketimi üzerinde en büyük etkiye sahiptir (yüzde -43). Bu eylemin daha yüksek etkileri, altyapıdaki değişikliklerin ötesinde, davranış değişikliğini hedefleyen eylemlerin önemini vurgulamaktadır (Şekil B8.1.1).

ŞEKİL B8.1.1 Sıcak hava dalgaları sırasında enerji tüketimini azaltmanın en etkili yolu davranışsal politikalar

Rakamlar, Paris'teki sıcak hava dalgası sırasında klimadan kaynaklanan elektrik tüketiminin azaldığını gösteriyor



üzerinde önemli bir etkiye sahip olacak kadar büyük iklimlendirme için elektrik tüketimi (yüzde -2). Bina yalıtımındaki iyileştirmelerin

Kaynak: Viguié ve ark. 2019.

Benzer örnekler, talep yönetiminin krizlere yanıt vermeye yardımcı olabileceği enerji sektöründe de bulunabilir (kutu 8.1). *Talep yönetimi*, ABD Federal Enerji Düzenleme Komisyonu tarafından, zaman içinde elektrik fiyatında meydana gelen değişikliklere veya daha düşük elektrik kullanımını teşvik etmek için tasarlanan teşvik ödemelerine yanıt olarak müşterilerin normal elektrik tüketimindeki değişiklikler olarak tanımlanmaktadır. Bu mekanizma afetler sırasında faydalı olabilir çünkü şebeke üzerindeki stresi azaltmaya yardımcı olabilir. Nitekim Carlotto ve Grzybowski (2014) bir şebekedeki kesintilerin boyutunun ve kapsamının şebekenin kullanım oranıyla birlikte arttığını, yani bir şebeke operasyonel sınırına ne kadar yakınsa kesintilerin de o kadar büyük olduğunu göstermiştir.

Talep yönetimi Teksas'ta 2014 yılında iki elektrik santralinin soğuk nedeniyle devre dışı kalması ve aniden 1.800 megawatt'ın devre dışı kalması üzerine kullanıldı. Aşırı hava koşulları nedeniyle şebeke zaten stres altındaydı, bu nedenle eyaletin şebeke operatörü olan Teksas Elektrik Güvenilirlik Konseyi (ERCOT), kesintileri önlemek için eyalet genelinde bir talep yanıtı çağrısında bulunmak zorunda kaldı. O dönemde ERCOT, elektrik tüketimlerini azaltmaları için ağırlıklı olarak büyük sanayi müşterilerine güveniyordu. Mevcut tüm güç kaynaklarının kullanılmasıyla birlikte, talep yanıtı iki enerji santrali arızasına çözüm olduğunu kanıtladı. Şu anda bazı ülkelerde otomatik talep yanıt programları uygulanmaktadır. Bu çözümü uygulamak için daha geleneksel yollar da kullanılabilir. Televizyon, internet, radyo ve gazetelerin yanı sıra otomatik telefon veya metin mesajları, müşterilere olağanüstü bir hava olayı karşısında taleplerini ne zaman azaltmaları gerektiğini bildirmek için kullanılabilir (Brown, Prudent- Richard ve O'Mara 2016).

KRİTİKLİK SON KULLANICIYA BAĞLIDIR: BAZI VARLIKLAR GIDA GÜVENLİĞİ, BAZILARI İSE REKABET GÜCÜ İÇİN KRİTİKTİR

Kullanıcıların ihtiyaç ve kapasitelerinin anlaşılmasıkamu hizmetlerinin yatırımları daha iyi hedeflemesine yardımcı olur

ve ağın güçlendirilmesi gereken kısımlarını belirlemek. Bir köprünün ya da elektrik dağıtım hattının önemi onu kimin kullandığına bağlıdır. Bir hastaneyi ya da sel barınağını birbirine bağlayan bir elektrik dağıtım hattı, acil durum sırasında ve sonrasında ülkedeki ortalama bir dağıtım hattından muhtemelen daha önemlidir. Envanteri olmayan (taze gıda gibi) talebe bağlı bir tedarik zinciri tarafından kullanılan bir yol veya köprü kısa kesintileri tolere edemezken, büyük envanterleri olan endüstriler uzun kesintileri tolere edebilir.

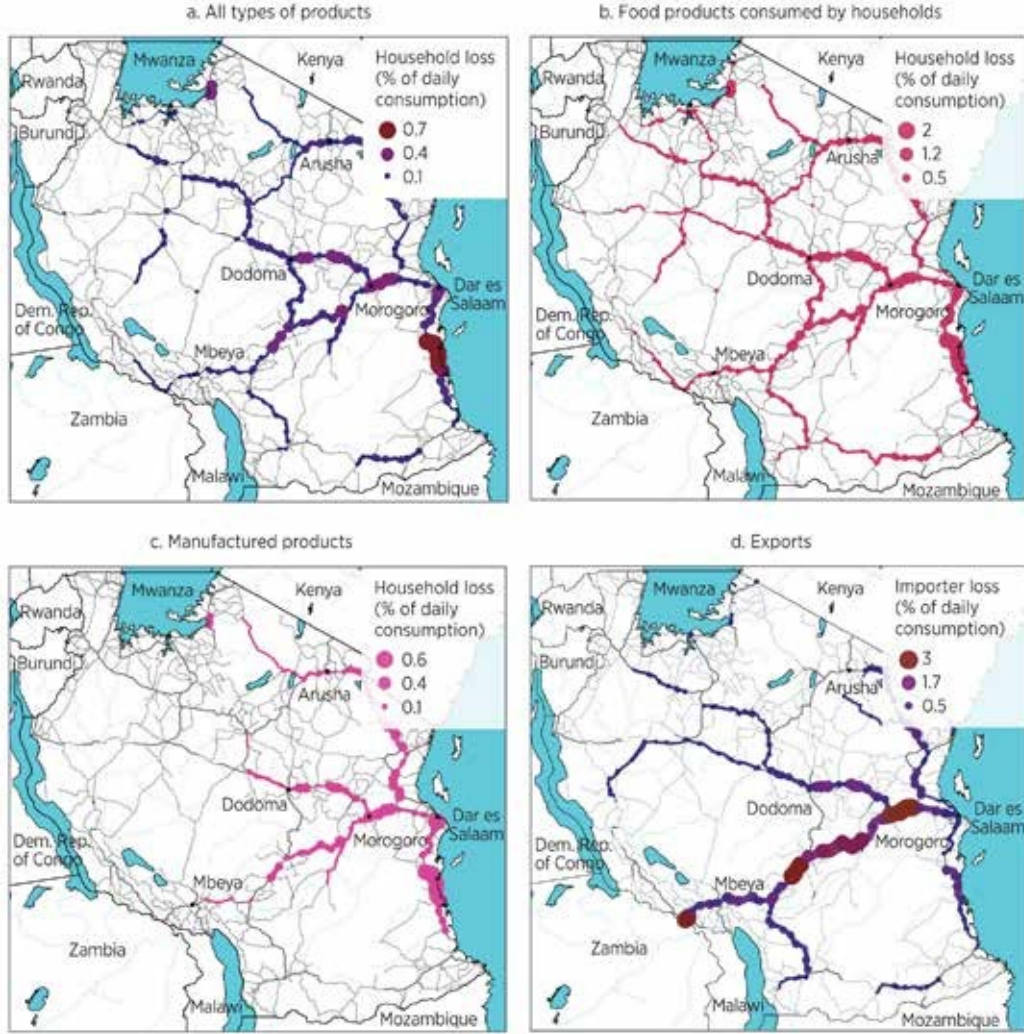
Kritikliğin kullanıcılar ve tedarik zincirlerine nasıl bağlı olduğunu araştırmak için Colon, Hallegatte ve Rozenberg (2019) Tanzanya'daki ulaşım ağının kritikliğini araştırmak için bir ulaşım ve tedarik zinciri modelini birleştirmiştir. Beklendiği gibi, en kritik yol kesimleri, dikkate alınan ürün türlerine bağlıdır. Harita 8.1, Tanzanya ulaşım ağındaki belirli yollarda bir haftalık kesintinin dört farklı kullanıcıyı veya tedarik nasıl etkileyeceğini göstermektedir: (1) bir bütün olarak ekonomi (panel a); (2) sadece gıda tedarik zincirleri (panel b)- bir gıda güvenliği sorunu; (3) imalat sektörü (panel c); ve (4) ticarete rekabet gücü (ve limanın karlılığı) için önemli olan ihracat (panel d).

Haritaların karşılaştırılması, yatırım önceliklerinin politika hedeflerine bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin, Dar-es-Salaam'ın yaklaşık 200 km güneyinde yer alan kıyı ana yolunun bazı bölümleri gıda güvenliği için kritik öneme sahipken, imalat ve ticaret için oldukça önemsizdir. İkinci amaç için Morogoro'nun doğusundaki yolun iyileştirilmesi bir önceliktir. Bu kesim, Darüsselam limanı ile Demokratik Kongo Cumhuriyeti ve Zambiya gibi denize kıyısı olmayan ülkeler arasında hareket eden büyük yük akışlarını taşımaktadır.

SON KULLANICILARIN ALTYAPI HAZIRLANMASI VE DAHA DİRENÇLİ TEDARİK ZİNCİRLERİ TASARLAMASI GEREKMEKTEDİR

Son kullanıcılar, altyapının olumsuz etkilerini azaltmak için bir dizi önlem alabilir

HARİTA 8.1 Bir yolun kritikliği nasıl kullanıldığına



Kaynak: Colon, Hallegatte ve Rozenberg 2019.

Not: Dört panelde de, belirli bir yolu kaplayan çizginin genişliği, yolun bir haftalık kesintisinin tetikleyeceği etkilerle orantılıdır. Etkiler, söz konusu sektördeki günlük tüketimin %'si olarak ölçülmüştür. Bunlar, daha pahalı nakliye ve kıtlık nedeniyle kaçırılan tüketim nedeniyle istisnai temsil etmektedir. Panel a, b ve c Tanzanyalı haneler tarafından kullanılan ürünleri göstermektedir. Panel d, istisnai harcamaları ve uluslararası alıcılardan kaçırılan alımları göstermektedir. Bu etkiler özellikle ihracat ve transit akışlarla ilgilidir.

aksaklıklar. Dormady ve diğerleri (2017), Amerika Birleşik Devletleri'nde Sandy Kasırgası'ndan etkilenen firmaların en sık başvurduğu başa çıkma önlemlerini belirlemiştir. Çalışma, önlemlerin maliyetlerini ve etkinliğini tahmin etmek için anket verilerini kullanmaktadır. En yaygın başa çıkma önlemleri

Bu tedbirler, bir firmanın üretim fonksiyonunun ana bileşenleri doğrultusunda özetlenebilir; yani, bir firmanın sermaye ve varlıkları ile işgücü, girdiler ve üretim teknolojisi hakkındaki kararlarıyla ilgilidir (Şekil 8.1). Uygulamada, altyapı tarafından uygulanan tedbirler

ŞEKİL 8.1 Firmalar, altyapı kesintilerinin olumsuz etkilerini hafifletmek için kullanabilecekleri çok çeşitli başa çıkma önlemlerine sahiptir



Kaynak: Dormady ve ark. 2017'den uyarlanmıştır.

kullanıcıların yerel seçeneklerine ve kısıtlamalarına bağlıdır.

Altyapı hizmetlerinin sık sık kesintiye uğradığı bölgelerde, son kullanıcılar jeneratörler veya su ve gaz tankları gibi yedek kaynaklara yatırım yaparak kendi dayanıklılıklarını artırabilirler. Buna ek olarak, acil durum jeneratörlerini yakıtla doldurabilir ve fırtına geçtikten sonra teslimatlar için önceden belirlenmiş ihtiyaçları olan yakıt tedarikçileriyle iletişime geçebilir ve iş acil durum tedarik kitlerinin tamamen stoklandığından emin olabilirler. ABD Federal Acil Durum Yönetim Ajansı, bir afete hazırlanırken kullanılmak üzere kapsamlı acil durum hazırlık materyalleri hazırlamıştır (FEMA 2014).

Vietnam'da yakın zamanda firma düzeyinde yapılan bir araştırma, su kesintilerine hazırlık olarak depo veya pompa gibi su ekipmanları satın alan firmaların, su hizmeti kesintiye uğradığında üretim maliyetleri üzerinde herhangi bir etkiyle karşılaşmadıklarını, buna karşılık üretim maliyetlerinde bir artış olduğunu ortaya koymuştur.

Aksi takdirde yüzde 8,24 (Hyland ve ark. 2019). Bununla birlikte, su depolarının aksine, dizel jeneratörler tarafından sağlanan elektrik yedekleme kapasitesi önemli ve ek maliyetlerle ilişkilidir.

Şebekeden alınan elektrik maliyetine kıyasla işletme maliyeti (kutu 8.2'de Japon firmalarının bu maliyetleri nasıl düşürdüğü tartışılmaktadır). Bu jeneratörler, nakit rezervleri sınırlı olan daha küçük firmalar için daha az uygun olma eğilimindedir (bkz. Bölüm 2).

Firmaların kendilerini tedarik zincirleri aracılığıyla dolaylı olarak etkileyen şoklara karşı hazırlıklı olmaları gerekir

Firmalar aynı zamanda tedarik zinciri sorunlarını da yönetmek zorundadır; bu sorunlar yalnızca ulaşımdaki aksaklıkları değil, tedarikçiler ve müşterilerle yaşanan sorunları da içerir. Gerçekten de, afetlerden doğrudan veya altyapı hizmetlerinin aksaması yoluyla etkilenmeyen bir firma, tedarikçileri gerekli girdileri sağlayamadığı veya müşterileri satın almaya devam edemediği için yine de üretim yapamayabilir. Afetle ilgili üretim risklerini değerlendirmek için tedarik zincirinin tamamına yönelik daha geniş bir bakış açısına ihtiyaç vardır.

Nakliye veya tedarik zinciri aksaklıklarına maruz kalan firmalar, korunmak için büyük stoklara güvenme eğilimindedir. Aslında, düşük ve orta gelirli ülkelerdeki firmalar zaten zayıf stoklara adapte olmuşlardır.

KUTU 8.2 Afetlerin neden olduğu elektrik kesintilerini gidermek için bir enerji yönetim sistemi: Japonya'daki Ohira Endüstri Parkı'nda fabrika şebekesi (F-grid) projesi

2011'de Japonya'nın doğusunda meydana gelen depremden önce Toyota'nın Fukushima'nın kuzeyindeki Miyagi Eyaleti'nin Ohira köyünde bulunan otomotiv fabrikası enerji için tamamen Tohoku Elektrik Enerjisi Şirketi'ne bağlıydı. Ancak deprem, fabrikaya giden güç kaynağını iki hafta boyunca kesmiş, bu da Toyota ve çevredeki sanayi parkındaki diğer şirketler için önemli ekonomik kayıplara ve tedarik zincirinin aksamasına yol açmıştır. Gelecekte bu tür kayıplardan kaçınmak için, sanayi parkındaki şirketler kapsamlı bir enerji yönetim sistemi ile kendi minigrig sistemlerini kurarak elektrik kesintileri ve kıtlıkları sırasında enerjiyi güvence altına almaya çalıştılar.

Ancak, yalnızca acil durumlarda veya doğal afetlerde kullanılacak bir yedek güç sistemi oluşturmak son derece maliyetlidir. Bu nedenle şirketler hem normal hem de afet zamanlarında faydalı olacak bir güç sistemi kurmaları gerektiğini fark ettiler. Ayrıca, sanayi parkı içindeki elektrik talebini konsolide etmek için firmalar arasında güçlü bir işbirliğinin, normal operasyonlar sırasında mini şebeke elektriğine talep yaratmak için kritik öneme sahip olacağını da fark ettiler.

Kaynak: Dünya Bankası 2019.

Depremden yaklaşık iki yıl sonra, Şubat 2013'te Toyota, sanayi parkında bulunan 10 kurum ve kuruluşla ortaklaşa bir sınırlı sorumlu ortaklık kurdu. Amaç, normal zamanlarda sanayi parkında enerji verimliliğinin artırılmasına katkıda bulunan ve aynı zamanda afet zamanlarında yedek güç kaynağı sistemi olarak hizmet veren kapsamlı bir enerji yönetim sistemi kurmaktır. Elektrik ve ısıнын yerinde üretilmesinin yanı sıra sanayi güç kaynağını en iyi şekilde dengelemek için ortak enerji yönetim sisteminin kullanılması sayesinde F-grid, 2016 yılında benzer büyüklükteki sanayi parklarına kıyasla enerji verimliliğinde yüzde 24'lük bir artış ve karbondioksit emisyonlarında yüzde 31'lik bir azalma sağladı. Genel olarak F-grid sistemi sadece sanayi parkının doğal afetlerden (veya başka nedenlerden) kaynaklanan elektrik kesintilerini aşmasına yardımcı olmakla kalmıyor, aynı zamanda artan verimlilik sayesinde enerji maliyetlerini düşürmeye de yardımcı oluyor.

altyapıya sahiptir ve yüksek gelirli ekonomilerdeki firmalara kıyasla daha büyük envanter tutma eğilimindedir (Guasch ve Kogan 2003). Tanzanya için yapılan simülasyonlar, firmaların bir yerine iki haftalık envanter tutmaları halinde, afetle ilgili nakliye aksaklıklarının maliyetlerinin yüzde 80 oranında azaldığını göstermektedir (Colon, Hallegatte ve Rozenberg 2019). Nakliye kesintilerinin sık ancak nispeten kısa olduğu afet eğilimli bölgelerde, daha büyük stoklar tutmak uygun maliyetli bir başa çıkma çözümü olabilir (Schmitt 2011). Büyük stoklara sahip firmalar kesintiler nedeniyle hala daha yüksek nakliye maliyetlerinden muzdariptir, ancak kendi üretim süreçlerini yalnızca uzun için kesintiye uğratmak zorundadırlar. Bununla birlikte, aşırı stoklar mali yük oluşturmaktadır.

bakımı maliyetli ve bozulabilir ürünler gibi bazı durumlarda önemli kayıpların kaynağıdır.

Hem yerel hem de uzak konumlardan tedarikçi çeşitliliğini korumak, özellikle uzun nakliye veya tedarik zinciri kesintilerinde bir başka güçlü güvencedir. Tek bir tedarikçiye güvenmek kritik bir güvenlik açığıdır. Örneğin, 2011 yılında birçok otomobil üreticisi, dünyada sadece bir fabrikada, Japonya'daki Fukushima-Daiichi nükleer santralinin yakınındaki Onahama fabrikasında üretilen Xirallic adlı bir boya pigmenti kullanmıştır.¹ Depremden sonra fabrika tahliye edilip kapatıldığında, birçok otomobil üreticisi alternatif tedarikçileri olmadığını fark etmiş ve bazı ürünlerin satışını kısıtlamak zorunda kalmıştır.

renkler. Mümkünse farklı bölgelerde ve aynı anda bir şoktan etkilenmeyecek farklı teslimat rotaları kullanan tedarikçi çeşitliliğinin sürdürülmesi tedarik zincirlerini güçlendirir. Tedarikçilerde daha fazla çeşitliliğin toplam faydaları büyük olabilir. Örneğin, bu raporda açıklanan modelleme çalışması, Tanzania için kritik girdilerin bir yerine iki tedarikçiden temin edilmesinin, nakliye aksaklıklarının dolaylı maliyetlerini yaklaşık yüzde 70 oranında azalttığını göstermektedir. Ancak, birden fazla tedarikçiyi yönetmek önemli işlem maliyetleri yaratır ve bu da son dönem tedarik zincirlerinin neden tedarikçi sayısını azaltma eğiliminde olduğunu açıklar (Bakos ve Brynjolfsson 1993; Berger, Gerstenfeld ve Zeng 2004; Goffin, Szejczewski ve New 1997). Dolayısıyla, tedarik zincirlerinin normal zamanlardaki verimliliği ile çeşitli şoklara karşı dayanıklılığı arasında bir değiş tokuş söz konusudur.

Yerel tedarik zincirleri nakliye aksaklıklarına karşı daha dayanıklıdır, ancak doğrudan şoklara karşı daha savunmasızdır. Yerel tedarikçilerden kaynak sağlamak nakliyeye olan bağımlılığı azaltır ve uzaktaki bir kesintinin dolaylı zararlarına maruz kalma riskini önemli ölçüde azaltır. Tanzania'da yapılan simülasyonlar, iki kat daha yakın tedarikçilere sahip olmanın etkileri yüzde 20 oranında azalttığını göstermektedir. Aynı zamanda, yerel tedarik zincirleri bir şoktan daha sık doğrudan etkilenir ve bu da toparlanmayı daha zor hale getirir. Uzaktaki ortaklarla ilişkilerin sürdürülmesi, kendi tesisleri ve yakındaki ortakların tesisleri bir felaketten doğrudan etkilendiğinde firmaların toparlanmasına yardımcı olur (Kashiwagi, Todo ve Matous 2018; Todo, Nakajima ve Matous 2015). Bu şekilde, etkilenen firmalar etkilenmeyen müşterilerinden ve tedarikçilerinden destek ve yardım alabilir ve toparlanmayı daha zorlu hale getiren afete bağlı bir talep yaşamazlar. Tedarikçilere ve tedarikçilerden gelen desteğin en uç örneklerinden biri, 2011 yılında çalışanlarına tedarikçilerinde çalışmaları için ödeme yapan ve böylece üretimi mümkün olduğunca hızlı bir şekilde geri kazanmalarını sağlayan Toyota'dır. Bu tür bir destek, özellikle hazırlık yapacak kaynaklara sahip olmayan küçük ve orta ölçekli işletmeler için büyük bir fark yaratır.

iş sürekliliği planları ve bir felaketin ardından kurtarma konusunda herhangi bir uzmanlığa sahip değildir.

Statik bir tedarik zinciri büyük ölçekli bir felaket ve kesintilerle başa çıkamaz. Tedarik zincirlerinde uyum yeteneği kritik öneme sahiptir ve iş sürekliliği planlarına dahil edilmelidir. Bu nedenle, tedarik zinciri dayanıklılığının bir ayağı da firmalar arasında beklenmedik aksaklıkların üstesinden gelmek için örgütsel kapasitelerin geliştirilmesidir (Blackhurst vd. 2005; Christopher ve Peck 2004; Sheffi 2005). Merkezi olmayan karar alma ve firmalar arasındaki iletişimin artırılması dayanıklılık için gereklidir (Sheffi 2005). Spesifik eylemler arasında şirket içi iş sürekliliği planlarının ve tedarikçilerle ve ortak çalışan şirketlerle kurtarma planlarının geliştirilmesi yer alır. Japonya'daki 2011 depreminden bu yana, birçok firma tahliye protokollerini ve acil durum iletişim prosedürlerini yeniden tasarlamak ve kritik kamu hizmetleri için yeni ortak yedekleme çözümleri geliştirmek üzere bir araya gelmiştir (Dünya Bankası 2019).

İş sürekliliği planları, stres testleri yapılarak ve darboğazları ve özellikle hassas noktaları belirlemek için "ya " senaryoları araştırılarak da kalibrize edilebilir (Chopra ve Sodhi 2004). Bu tür planlar düzenli olarak güncellenmeli ve yeni aksaklıklardan dersler çıkarılmalıdır (Hamel ve Välikangas 2003). Ve sofistike veri yönetimi uygulamalarına dayanmalıdırlar. 2011 yılında Japonya'da meydana gelen ve büyük üretim kesintilerine yol açan depremin ardından Toyota, dünya çapında 650.000 tedarikçinin elinde bulunan envanterler için Rescue adında yeni bir veri tabanı oluşturmuştur.² Bu bilgiler, mevcut kaynakların yerini daha kolay tespit etmek ve üretim süreçlerindeki darboğazları önlemek için kullanılmaktadır.

Afetler sırasında kritik kullanıcılar: hastanelerin özel durumu

Hastaneler hem bir afete müdahale için kritik öneme sahiptir hem de afetin etkilerine karşı oldukça savunmasızdır (Tariverdi ve ark. 2019). Nüfusun yoğun olduğu bir bölgede meydana gelen bir afet, bölgesel sağlık hizmetlerine olan talepte ani bir artışa yol açabilir. Eş zamanlı olarak, sağlık hizmetleri

Yapısal hasar, elektrik veya su temini gibi kritik destek sistemlerinin kaybı ya da ulaşım ağındaki kesintiler nedeniyle işgücünün azalması. Bölgesel müdahale planlayıcıları, kritik destek altyapısının faaliyetlerinin zamanında yeniden tesis edilmesini sağlamalıdır.

Dayanıklılığı artıran seçenekler iki ana gruba ayrılabilir: sağlık hizmetleri alternatif operasyonları ve altyapı iyileştirmeleri. *Alternatif operasyonlar* arasında (1) işbirliğine dayalı bölgesel müdahaleler (hastaların arasında transfer edilmesi gibi) ve bireysel hastane bazlı operasyonel değişiklikler (tampon kapasite kullanarak yatak kapasitesinin artırılması gibi); (2) normalde doktorlara verilen rolleri hemşirelerin üstlenmesi gibi değişen roller yer almaktadır;

(3) hasta bakımını hızlandırarak verimliliği arttırmak; ve (4) hastaların taburcu ve nakil işlemlerinde alternatif ancak yasal bakım standartlarını uygulamak. Bu tedbirler, hastanelerin hazırlık için gerekli adımları attığını varsaymaktadır; örneğin bir afet durumunda gerekli personel seviyelerinin korunmasını kolaylaştırmak için yerinde aile bakımı sağlamak, hastane birimleri arasında ilişkiler kurmak ve hastaneler arası anlaşmalar geliştirmek.

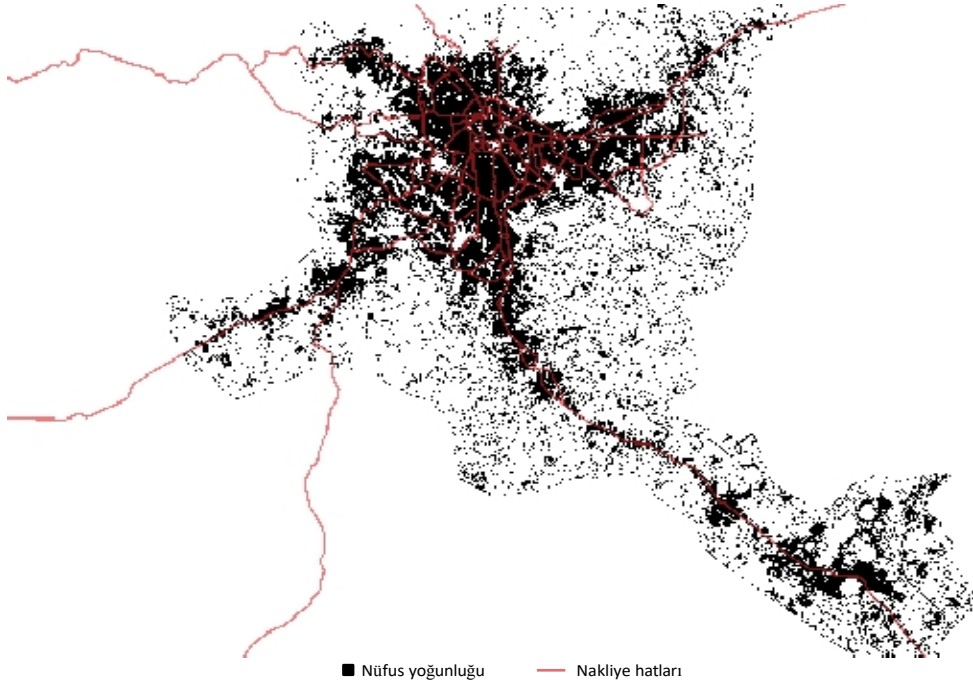
Altyapı iyileştirmesi (1) hastaneye giden elektrik hatlarının direklerinin güçlendirilmesini talep etmek gibi potansiyel hafifletme; (2) kilit sağlık tesislerine erişimde yedeklilik; (3) su rezervuarları ve jeneratörlerin hazırlanması ve tıbbi depo yönetimi gibi hazırlık; (4) hasarlı tesislerin veya yaşam hatlarının yeniden inşa edilmesi gibi onarımlar ve (5) kesintisiz güç kaynağı için jeneratörlere yakıt ikmalı gibi müdahaleleri içerir.

ALTYAPI, KULLANICILARIN DOĞAL TEHLİKELERE MARUZ KALMASINI ETKİLER

Altyapı yerleştirme kararları kentleşme modellerini ve nüfus ve varlıkların risklere maruz kalmasını yönlendirdiğinden, arazi kullanımı ve kentsel planlarla koordine edilmelidir.

Baum-Snow (2007a, 2007b), Amerika Birleşik Devletleri'nde İkinci Dünya Savaşı sonrası banliyöleşmenin büyük ölçüde seyahat sürelerini kısaltan otoyol yatırımlarından kaynaklandığına dair hem ampirik hem de teorik kanıtlar sunmaktadır. Dahası, transit altyapı yatırımları mekansal gelişmeyi yönlendirebilir ve arazi kullanımını, arazi kullanım yoğunluğunu, arazi değerlerini, istihdam ve nüfus yoğunluklarını etkileyebilir (harita 8.2). Tipik olarak, transit odaklı kalkınma yatırımları, toplulukların direncini etkileme konusunda benzersiz bir kabiliyete sahiptir, çünkü doğal olarak transit durakların etrafında insan ve işletmelerin yoğunlaşmasına neden olurlar (Salat ve Olli- vier 2017). Ancak bu yatırımlar, bölgelerin doğal tehlikelere maruziyetine ilişkin bilgiler dikkate alınarak stratejik bir şekilde yapılmazsa, sonuç afetlere karşı kırılganlığın artması olabilir.

Altyapı yatırımları, risk odaklı arazi kullanımı ve kentleşme planlarının uygulanmasını desteklemek ve plansız gelişmeleri önlemek için kullanılabilir. Düşük ve orta gelirli ülkelerdeki şehirlerde, hane halklarının büyük çoğunluğu olmasa da büyük bir kısmı, dar ve resmi konut piyasasının dışında fiyatlandırıldıkları için genellikle kentsel alanların çeperlerinde yer alan kayıt dışı yerleşimlere akın etmektedir. Bu gayriresmi mahalleler genellikle afet riskli bölgelerde yer almaktadır, çünkü araziler genellikle buralarda . Örneğin, Dakar'ın dış mahallelerindeki kayıt dışı yerleşimler, 1970'lerdeki kuraklıkların kırsal alanlardan kitlesel göçlere yol açmasıyla büyümüştür. Ancak bu arazilerin sellere oldukça açık olduğu ortaya çıkmıştır (bu gerçek ancak kuraklık sona erdiğinde anlaşılmıştır) ve bunun sonucunda her yağmur mevsiminde, özellikle de 2009'daki yıkıcı dönemlerde 100.000 ila 300.000 kişi sellerden etkilenmiştir (Dünya Bankası 2016). Gine'nin dar yarımada başkenti Conakry'de arazi o kadar kıt ki, birçok kent sakini en alçak bölgelerde yaşayarak fırtına dalgalarına ve sellerle maruz kalma riskini artırıyor ya da doğrudan mangrovlarda yaşayarak sel riskini artırıyor.

HARİTA 8.2 Addis Ababa'daki kentleşme modeli ana toplu taşıma hatlarını yakından takip etmektedir

Kaynak: Dünya Bankası personeli.

Bu süreçte şehrin sellere maruz kalması (Dünya Bankası, yakında yayınlanacak). Bu mahalleler kritik bir kütleye ulaştığında, haneleri yeniden yerleştirmek çok zor hale gelmektedir. Benzer şekilde, bu mahalleleri temel altyapı ile güçlendirmek ve doğal tehlike riskine karşı adapte etmek pahalı, uzun ve hassas süreçlerdir.

Çözüm, düşük riskli alanların temel altyapı ile donatılarak insanların gelmeden önce yer seçimlerine rehberlik edilmesinde yatmaktadır. Bu tür yatırımlar nüfusu doğal tehlikelere karşı nispeten güvenli alanlara çeker. İlk günlerde sadece en temel altyapıya ihtiyaç duyulur, bu da kalkınmaya rehberlik ederken gelecekte ölçek büyütme olasılığına da hizmet eder ve başlangıçta yollar ve kanalizasyon sistemleri için geçiş haklarını güvence altına almak çok önemlidir. Lima'daki Comás gecekondü topluluğunda bu yaklaşım izlenmiş, gönüllü mühendislik öğrencileri temel yapıyı ortaya koy-

1960'larda bölge işgal edilmeden önce. Yolların düzeni, daha sonra konut yapıları tarafından doldurulacak küçük erişilebilir bloklar yarattı. Bugün, bu mahallede (kısa bir süre önce gecekondü mahallesi olan) 160 metrekarelik bir ev 180.000 dolara mal olmaktadır (Angel 2017). Benzer modeller Hindistan'da (Owens, Gulyani ve Rizvi 2018) ve Tanzanya'da Michaels ve ark. 2017) temel altyapı ve hizmetlerin sağlanmasından oluşan site ve hizmet projelerine uygulanmıştır.

Altyapı gelişimi için öncelik verilecek alanlar basit coğrafi bilgi sistemi yaklaşımları kullanılarak belirlenebilir. Amaç, güvenli ve fırsatlara, işlere ve mevcut ağ altyapısına yakın olan "iyi" arazileri belirlemektir.

Fiji'de Nadi şehri, doğal risklere maruz kalmayı ve gelişim maliyetini en aza indirmek için gelecekteki yerleşimlerin ve altyapı yatırımlarının nereye yapılması gerektiğini belirlemeye çalışmıştır.

inset). Bölgedeki drenajı iyileştirmek için ek yatırımlar yapılması halinde, bu arazi gelecekteki gelişim için bir öncelik olabilir. başına 10 konut (bugünkü değerler) ile 15 konut arasında değişen gelecekteki yoğunluklarla, şehir sınırları içindeki mevcut alan 4.300-6.500 haneye ev sahipliği yapabilir. Nadi'deki yaklaşık 2.000 birimlik mevcut birikim ve yılda 300 yeni hane (yüzde 2,5 büyüme oranı) göz önüne alındığında, bu arazi Nadi'nin kentsel büyümesini 8-15 yıl boyunca karşılayabilir.

Daha uzun vadede, kasaba sınırının ötesindeki alanlar da düşünülmelidir - muhtemelen sınırın genişletilmesi ile birlikte. Nadi'ye yakın ancak şehir sınırının dışında 45 kilometrekareden fazla alan mevcuttur. Bu alan 45.000 ila yaklaşık 70.000 haneyi barındırabilir bu da kırsaldan kente göçü birkaç on yıl boyunca yönetmek için yeterlidir. Ancak bu arazinin kullanımı, arazi kullanım hakkı ve mülkiyet sorunlarının ele alınmasını ve özellikle su ve sanitasyon şebekelerinin genişletilmesini gerektirecektir.

Bu raporun II. bölümü, daha dayanıklı altyapı varlıkları inşa etmenin genellikle daha maliyetli olduğunu, ancak özellikle ülkeler iyi harcama yaparsa ek maliyetin küçük olduğunu ve daha fazla dayanıklılığa yapılan yatırımın yüksek maliyet etkin olduğunu göstermiştir. Doğru müdahalelerin doğru yerlerde uygulanması koşuluyla, örneğin tehlike verileri ve kritiklik analizleri kullanılarak yatırımların hedeflenmesi, akıllı ve sağlam karar alma süreçleri kullanılarak sektörler arası sinerjilerin yakalanması, doğaya dayalı çözümlerin kullanılması ve çeşitlendirme ve ademi merkezîyetçilikten elde edilen dayanıklılık faydalarının yakalanması yoluyla, altyapı hizmetlerinin ve kullanıcılarının dayanıklılığının düşük maliyetle artırılması mümkündür. Raporun bu bölümü ayrıca dirençli altyapı sistemlerinin faydalarının güvenilir altyapı hizmetlerinin ötesine geçebileceğini göstermiştir; iyi tasarlanmış bir altyapı sistemi, nüfusların ve firmaların doğal tehlikelere maruziyetini azaltabilir ve daha fazla maliyete gerek kalmadan genel dirençlerini artırabilir.

Bu içgörüler, bu çözümlerin *nasıl* uygulanacağı sorusunu gündeme getirmektedir. Hangi somut adımlar gereklidir? Daha dirençli bir altyapı inşa etmek için hangi kurumsal sistemler ve ne tür teşvikler, kapasiteler ve finansal araçlar gereklidir? Bu sorular, bu raporun bir sonraki bölümünün konusunu oluşturmaktadır.

NOTLAR

1. "Automakers Face a Paint Shortage after JapanQuake," "Reuters, March 25, 2011. <https://www.reuters.com/article/us-japan-pigment/otomakers-face-paint-shortage-after-japan-quake-idUSTRE72P04B20110326>.
2. "Toyota 2011 Depreminden Aldığı Dersleri Nasıl Uyguladı?" *Automotive News*, 25 Nisan, 2016. <https://www.autonews.com/article/20160425/OEM/304259956/how-toyota--2011-depreminin-verdigi-dersleri-uyguladi>.
3. Taşkın haritası, Pasifik Topluluğu ve Ulusal Su ve Atmosfer Araştırmaları Enstitüsü tarafından Nadi, Fiji'de yapılan taşkın riski değerlendirmesine dayanmaktadır.

REFERANSLAR

- Angel, S. 2017. "Kentsel Formlar ve Geleceğin Kentleri: Bir Yorum." *Urban Planning* 2 (1). doi: <http://dx.doi.org/10.17645/up.v2i1.863>.
- Bakos, J. Y., ve E. Brynjolfsson. 1993. "Bilgi Teknolojisi, Teşvikler ve Optimal Tedarikçi Sayısı." *Journal of Management Information Systems* 10 (2): 37-53.
- Baum-Snow, N. 2007a. "Otoyollar Banliyöleşmeye Neden Oldu mu?" *Quarterly Journal of Economics* 122 (2): 775-805.
- . 2007b. "Suburbanization and Transportation in the Monocentric Model." *Journal of Urban Economics* 62 (3): 405-23.
- Berger, P. D., A. Gerstenfeld, ve A. Z. Zeng. 2004. "Kaç Tedarikçi En İyisidir? Bir Karar Analizi Yaklaşımı." *Omega* 32 (1): 9-15.
- Blackhurst, J., C. W. Craighead, D. Elkins, ve R. B. Handfield. 2005. "Tedarik Zinciri Kesintilerinin Yönetimi için Kritik Araştırma Konularının Ampirik Olarak Türetilmiş Bir Gündemi." *Uluslararası Üretim Araştırmaları Dergisi* 43 (19): 4067-81.
- Brown, R., G. Prudent Richard, ve K. O'Mara. 2016. *Enerji Sektörü Direncinin Artırılması: Hava Koşulları ve Jeolojik Riskleri Yönetmek için Ortaya Çıkan Uygulamalar*. Enerji Sektörü Yönetimi Yardım Programı. Washington, DC: Dünya Bankası Grubu.

- Carlotto, T., ve J. M. V. Grzybowski. 2014. "Güç Şebekelerinin Topolojik Modelinde Kendiliğinden Organize Kritiklik ve Basamaklı Arızalar: Bir Vaka Çalışması." *Brezilya Uygulamalı ve Hesaplama Matematik Derneği Bildiri Serisi 2* (1): n.p.
- Chopra, S., ve M. S. Sodhi. 2004. "Tedarik Zincirinin Çökmesini Önlemek için Riski Yönetmek: Tedarik Zinciri Risklerinin Çeşitliliğini ve Birbirine Bağlılığını Anlayarak Yöneticiler Şirketleri İçin Dengeli, Etkili Risk Azaltma Stratejileri Geliştirebilirler." *MIT Sloan Management Review* 46 (Güz): 53-62.
- Christopher, M., ve H. Peck. 2004. "Dayanıklı Tedarik Zinciri Oluşturmak." *Uluslararası Lojistik Yönetimi Dergisi* 15 (2): 1-14.
- Colon, C., S. Hallegatte ve J. Rozenberg. 2019. "Tanzanya Birleşik Cumhuriyeti'nde Ulaşım ve Tedarik Zinciri Esnekliği." Bu rapor için arka plan çalışması, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Datta, S., J. J. Miranda Montero, L. D. C. Zoratto, O. Calvo-Gonzalez, M. Darling, ve K. J. O. Lorenzana. 2015. "Su Tasarrufuna Davranışsal Bir Yaklaşım: Kosta Rika'dan Kanıtlar." *Politika Araştırma Çalışma Belgesi 7283*, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Dormady, N., A. Rose, H. Rosoff ve A. Roa-Henriquez. 2017. "Afetlere Karşı Dayanıklılığın Maliyet Etkinliğinin Tahmin Edilmesi: Anket Aracı Tasarımı ve Ön Verilerin İyileştirilmesi." *Sosyo-Teknik Sistemlerin Dayanıklılığı El Kitabı* içinde. Cheltenham: Edward Elgar.
- FEMA (Federal Acil Durum Yönetim Ajansı). 2014. "Her İşletmenin Bir Planı Ol" FEMA, Washington, DC.
- Goffin, K., M. Szwajkowski ve C. New. 1997. "Tedarikçileri Yönetmek: When Fewer Can Mean More." *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 27 (7): 422-36.
- Fiji Hükümeti ve Dünya Bankası. 2017. "İklim Hassasiyet Değerlendirmesi: Fiji'yi İklimle Dirençli Hale Getirmek." Dünya Bankası, Washington, DC.
- Guasch, J. L., ve J. Kogan. 2003. "Just-in-Case Envanterleri: Ülkeler Arası Bir Analiz." *Politika Araştırma Çalışma Belgesi 3012*, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Hamel, G., ve L. Välikangas. 2003. "Dayanıklılık Arayışı." *Harvard Business Review* 81 (9): 52-56.
- Hyland, M., J. Russ, R. Damania ve A. Khalil. 2019. "Vietnam'da Su Dağıtımına Kesin Bağlılık: Özel Sektörden Bir Bakış." *Politika Çalışma Belgesi*, Dünya Bankası, Washington, DC (yakında çıkacak).
- Kaiser, G. 2018. "Cape Town'da Su Güvenliği için Planlama." PowerPoint sunumu, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Kashiwagi, Y., Y. Todo, ve P. Matous. 2018. "Ekonomik Şokların Küresel Tedarik Zincirleri Aracılığıyla Uluslararası Yayılımı." WINPEC Working Paper E1810, Waseda Institute of Political Economy, Waseda Üniversitesi, Tokyo.
- Lemonsu, A., R. Kounkou-Arnaud, J. Desplat, J. L. Salagnac, ve V. Masson. 2013. "Küresel Değişen Altında Paris Kentsel İkliminin Evrimi." *İklim Değişikliği* 116 (3-4): 679-92.
- Michaels, G., D. Nigmatulina, F. Rauch, T. Regan, N. Baruah, ve A. Dahlstrand-Rudin. 2017. "Daha İyi Mahalleler İçin Önceden Planlama: Tanzanya'dan Uzun Dönem Kanıtlar." CESifo Working Paper 6680, IFO Institute for Economic Research (CESifo), Münih.
- Owens, K. E., S. Gulyani ve A. Rizvi. 2018. "Başarısızlık Olarak Gördüğümüz Zaman Başarı mı? Mumbai ve Chennai'deki Site ve Hizmet Projelerini 20 Yıl Sonra Yeniden Ziyaret Etmek." *Dünya Gelişimi* 106 (Haziran): 260-72.
- Salat, S., ve G. P. Ollivier. 2017. *Transit Odaklı Gelişme Yoluyla Kentsel Mekanın Dönüştürülmesi: 3V Yaklaşımı*. Washington, DC: Dünya Bankası.
- Schmitt, A. J. 2011. "Çok Kademeli Tedarik Zinciri Kesintisi Riski Altında Müşteri Hizmet Seviyesinin Korunmasına Yönelik Stratejiler." *Transportation Research Part B: Methodological* 45 (8): 1266-83.
- Sheffi, Y. 2005. *Dirençli İşletme: Rekabet Avantajı için Kırılma Nöbetinden Gelme*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Stone, B., J. J. Hess, ve H. Frumkin. 2010. "Kentsel Form ve Aşırı Isı Olayları: Yayılan Şehirler İklim Değişikliğine Karşı Kompakt Şehirlerden Daha mı Hassas?" *Environmental Health Perspectives* 118 (10): 1425-28.
- Tariverdi, M., H. Fotouhi, S. Moryadee ve E. Miller-Hooks. 2019. "Birbirine Bağlı Kritik Yaşam Hatlarına Dayalı Sağlık Hizmetleri Sisteminin Afetlere Dayanıklılık Optimizasyonu." *Altyapı Sistemleri Dergisi* 25 (1): 04018044.
- Todo, Y., K. Nakajima ve P. Matous. 2015. "Tedarik Zinciri Ağları Firmaların Doğal Afetlere Karşı Direncini Nasıl Etkiliyor? Büyük Doğu Japonya Depreminden Kanıtlar." *Journal of Regional Science* 55 (2): 209-29.

- Viguié, V., A. Lemonsu, S. Hallegatte, A.-L. Beau-lant, C. Marchadier, V. Masson, G. Pigeon ve J.-L. Salagnac. 2019. "Sıcak Hava Dalgalarına Erken Adaptasyon ve Şehirlerde İklimlendirme Enerjisi Kullanımının Gelecekte Azaltılması." Yayınlanmamış el yazması.
- Dünya Bankası. 2016. *Perspectives urbaines: Villes émergentes pour un Sénégal émergent*. Washington, DC: Dünya Bankası.
- . 2018. *Su Kıtılığı Yaşayan Şehirler: Sınırlı Bir Dünyada Gelişmek*. Washington, DC: Dünya Bankası.
- . 2019. *Dirençli Endüstriler: Doğal Afetler Karşısında Rekabetçiliğin Sağlanması*. Washington, DC: Dünya Bankası Grubu.
- . Yakında çıkacak. "Gine Cumhuriyeti: Conakry'de Planlama, Bağlantı Kurma, Finansman." Dünya Bankası, Washington, DC.

BÖLÜ



İleriye Doğru Bir Yol: Daha Dayanıklı Altyapı için Beş Öneri

Su ana kadar bu rapor, daha güçlü malzemeler kullanmaktan, yeniden tasarıma veya doğaya dayalı çözümleri benimsemeye kadar bir dizi uygun maliyetli ve kolayca bulunabilen seçenek sayesinde altyapı hizmetlerinin ve kullanıcılarının dayanıklılığının artırılmasının mümkün olduğunu göstermiştir. Bu durum, bu seçeneklerin pratikte neden her zaman uygulanmadığı ve altyapı hizmetlerinin dayanıklılığının neden artırılmadığı sorusunu kaçınılmaz olarak gündeme getirmektedir.

ture sistemleri çoğu zaman doğal tehlikelerle baş edememektedir.

Bu raporun III. bölümü, altyapı varlıklarını ve sistemlerini tasarlayan, inşa eden, işleten ve bakımını yapanların dayanıklılığı artırmak için mevcut tüm fırsatlardan yararlanmasını engelleyen engelleri araştırmaktadır. Daha sonra, altyapı dayanıklılığını artırmak için ülkeye özgü bir strateji geliştirmek üzere bir başlangıç noktası olarak hizmet edebilecek bir dizi beş öneri tanımlamaktadır.

Bu engellerin önemi ve önemi ülkeler arasında farklılık gösterir: gelir ve refah düzeyine, çeşitli sektörlerdeki altyapı sistemlerinin mevcut kapsamına ve durumuna ve altyapı varlıklarını tasarlama, inşa etme ve sürdürmeye yönelik kurumsal ve teknik kapasiteye bağlıdır. Bir ülkede uygun tavsiyeleri belirlemek için karar vericilerin ülkeye özgü bir süreç aracılığıyla yerel bağlamı dikkate alması gerekir. Bununla birlikte, dirençli altyapının önündeki en yaygın engeller belirlenebilir (tablo PIII.1) ve bu engellerin üstesinden gelmek için genel öneriler sunulabilir. İlk engel genel olarak altyapı yönetimine zarar verirken, diğer dört engel özellikle altyapı esnekliği ile ilgilidir.

Sonraki beş bölüm bu beş engeli ele almakta ve bunların üstesinden gelmek ve altyapı sistemlerinin ve kullanıcılarının direncini artırmak için eylem önerileri sunmaktadır.

Bölüm 9, kötü tasarlandıkları veya yanlış yönetildikleri için dirençli olmayan altyapı sistemlerinin, örneğin varlıkların bakımının yeterince yapılmaması gibi temel sorunlarından yola çıkmaktadır. Hükümetlerin altyapı sistemlerini daha iyi yönetmek için bazı temel kurumları, süreçleri ve finansmanı uygulamaya koymalarını, yani "temelleri doğru yapmalarını" tavsiye etmektedir. Daha iyi bir altyapı yönetimi sadece işleyen ve güvenilir altyapı sistemleri için bir ön koşul olmakla kalmaz, aynı zamanda altyapı sistemlerinin dayanıklılığını ve kaynağı ne olursa olsun şoklarla başa çıkma ve bu şoklardan kurtulma becerilerini artırmaya da yardımcı olabilir. Ancak iyi altyapı tasarımı ve yönetiminin bu temel ilkeleri önemli olmakla birlikte, altyapıyı dirençli hale getirmek için hiçbir şekilde yeterli değildir - özellikle de kasırgalar, depremler ve büyük seller gibi daha nadir ve daha yüksek yoğunluklu olaylara karşı. Dahası, iyi bir altyapı yönetimi iklim değişikliği ve diğer uzun vadeli etkilerin ortadan kalkmasını garanti etmez.

TABLO III.1 Daha dirençli altyapı hizmetlerinin önündeki temel engeller ve altta yatan nedenlere ilişkin örnekler

İyi altyapı yönetiminin önündeki engeller	Altyapı esnekliğinin önündeki engeller			
Altyapı sistemlerinin kötü tasarımı, işletimi ve bakımı	Politik ekonomi zorlukları ve koordinasyon başarısızlıkları	Teşvik eksikliği dayanıklılığı artırmak	Yetersiz veri, model ve beceri, veya araçlar	Satın alınabilirlik ve finansman kısıtları
- Yerel standartların, kodların ve yönetmeliklerin bulunmaması (veya uygulanmaması) - Yetersiz finanse edilen veya yetersiz personele sahip düzenleyiciler - Altyapı sistemi ve varlıklarının erken aşama tasarımı için yetersiz kaynak - Borçlanma kısıtları ve satın alınabilirlik sorunları - Varlık bakımı için finansman ve kapasite eksikliği	- Dayanıklılık faydalarının görünmezliği - Altyapı sistemlerinin birbirine bağımlılığı - Farklı riskler veya altyapı sistemleri arasında sinerji ve - Kurumların dar yetkileri	- Altyapı hizmet sağlayıcılarının kesintilerin tüm maliyetini üstlenmemesi - Ekosistemlerin korunması veya restore edilmesine yönelik teşviklerin eksikliği	- Veri, metodoloji veya teknik beceri eksikliği - Tasarımlar genellikle gelecekteki tehlikelere ve iklim değişikliğine değil, geçmiş verilere - Model sonuçlarına ve geçmiş verilere aşırı güven - Düşük olasılıklı senaryoların yeterince dikkate alınmaması	- Proje tasarımının erken aşamalarında riske dayalı planlama ve risk değerlendirmesi için kaynak eksikliği - Afet sonrası durumlarda kaynak eksikliği - Altyapı varlıklarının dayanıklılığına ilişkin bilgi ve şeffaflık eksikliği

vadeli çevresel ve sosyoekonomik eğilimler için planlanacaktır. Bu sorunları ele almak için karar vericilerin doğal tehlikelere ve iklim değişikliğine karşı dayanıklılığa özgü dört engelin daha üstesinden gelmeleri gerekmektedir. Bu dört engel dört ek tavsiyeye yol açmaktadır.

Bölüm 10, politik ekonominin zorluklarını ve dirençli bir altyapı ekosisteminin oluşturulmasını engelleyen koordinasyon başarısızlıklarını incelemektedir. Kritik altyapının belirlenmesi, kabul edilebilir (ve tahammül edilemez) risk seviyelerinin tanımlanması ve dayanıklı altyapıya eşit erişimin sağlanması ile birlikte dayanıklı altyapı için tüm hükümeti kapsayan bir koordinasyon mekanizması oluşturulmasını önermektedir.

Bölüm 11, kamu ve özel sektör karar vericilerinin neden daha dirençli altyapı sistemleri oluşturmak için yeterli teşviklere sahip olmadıklarını incelemektedir. Altyapı hizmet sağlayıcılarının menfaatlerini kamu menfaatleriyle uyumlu hale getirmek için yönetmeliklere ve mali teşviklere dayanıklılık konusunun dahil edilmesini ve iklim değişikliği ve diğer uzun vadeli eğilimleri hesaba katmak için bunların düzenli olarak güncellenmesini önermektedir. Bölüm 12, altyapı hizmet sağlayıcılarının dayanıklılık artırıcı çözümleri uygulamasını zorlaştıran veri, model ve araç eksikliğine odaklanmaktadır. Doğal afetlere ilişkin serbestçe erişilebilir verilere yatırım yapılmasını önermektedir.

tehlikeler ve iklim değişikliği; karar alma süreçlerinin iyileştirilmesi ve felaketle sonuçlanabilecek hataların en aza indirilmesi; ve veri ve modellerin kullanılması için gerekli becerilerin geliştirilmesi.

Bölüm 13, dayanıklılık için satın alınabilirlik ve finansman konularını incelemektedir. Risk değerlendirmelerini ana planlara ve erken proje tasarımına dahil etmek için yeterli finansman sağlanmasını, hükümet çapında mali koruma stratejileri ve acil durum planları geliştirilmesini ve yatırımcıları ve karar vericileri daha iyi bilgilendirmek için şeffaflığın teşvik edilmesini önermektedir.

Bu tavsiyeler birbirinden bağımsız değildir. Birlikte koordine edilmeleri ve tasarlanmaları gerekmektedir. Örneğin, altyapı dayanıklılığından sorumlu yeni bir kurumun etkili olabilmesi için uygun teşviklere, kapasiteye ve bütçeye sahip olması gerekir. Afet riski finansman stratejisi gibi bir finansman girişimi de doğru kurumları oluşturmak ya da kapasite geliştirmek için kullanılabilir. Dolayısıyla, bu engellere ve tavsiyelere yönelik kapsamlı bir yaklaşım gereklidir.

İyi haber şu ki, bu tedbirler genel olarak altyapı sistemlerinin daha iyi yönetilmesine de katkıda bulunacak ve dolayısıyla dayanıklılığı artırmaktan daha fazlasını yapacaktır. Altyapı sistemlerinin kalitesini arttıracak ve onları daha verimli ve güvenilir hale getirecektir.

Dayanıklı Altyapı için Temel

9

ENGEL	ÖNERİ	EYLEMLER
Altyapı sistemlerinin kötü tasarımı, işletimi ve bakımı	Temel bilgileri doğru öğrenin	• 1.1: Yönetmeliklerin, inşaat kodlarının ve satın alma kurallarının tanıtılması ve uygulanması • 1.2: Uygun işletme, bakım ve kaza sonrası müdahale için sistemler oluşturulması • 1.3: Altyapı planlaması, inşası ve bakımı için uygun finansman ve kaynakların sağlanması

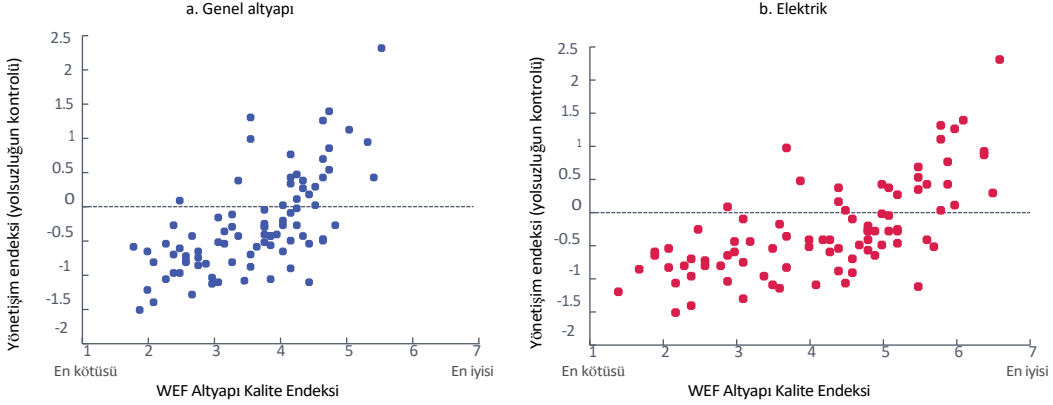
ENGEL: BİRÇOK ALTYAPI SİSTEMİ KÖTÜ TASARLANMIŞ, İŞLETİLMİŞ VEYA BAKIMI YAPILMIŞTIR

Bazı ülkelerde altyapı kesintileri kronik olaylardır: elektrik kesintileri her gün yaşanır, su tedariki kesintilidir ve trafik sıkışıklığı seyahati yavaşlatır ve öngörülemez hale getirir. Ve birçok yerde, bu aksaklıkların büyük bir kısmı doğal bir tehlike gibi herhangi bir dış faktörle açıklanamaz. Bazen altyapı sistemleri talebi karşılamakta yetersiz kalır ve bu da kesintilere yol açar. Elektrik üretimindeki eksiklik, kamu hizmetlerini yükü azaltmaya zorlayarak düzenli kesintilere neden olduğunda ya da toplu taşıma ve ulaşım altyapısındaki eksiklik hızla büyüyen şehirlerde büyük tıkanıklıklara yol açtığına durum böyledir.

Bazen, kötü varlık tasarımı veya yetersiz bakımın sonucu olan sistem arızaları nedeniyle kesintiler meydana gelir. , yetersiz drenaj altyapısı ve

Mevcut sistemlerin katı atıklarla tıkanması, birçok büyük şehirde düzenli olarak sel baskınlarının meydana gelmesini açıklamaktadır. Bu sorun, Darüselam'da yağmur mevsimi boyunca tekrarlanan ulaşım kesintilerini büyük ölçüde açıklamaktadır. Yapısal zayıflıklar bazen 2018 yılında Cenova'da olduğu gibi herhangi bir dış şok olmaksızın köprülerin çökmesine neden olmaktadır. 14 Ağustos 2003'te Kuzey Amerika'nın kuzeydoğusunda, hatların aşırı büyümüş ağaçlarla temas etmesi ve elektrik kontrol odasındaki alarm sisteminin teknik arızası nedeniyle büyük bir elektrik kesintisi meydana gelmiştir (North American Electric Reliability Council 2004).

Hükümetler nasıl daha dayanıklı altyapı sistemleri inşa edebilir? İlk adım, uygun tasarım, işletme ve bakım sağlayarak bu sistemleri normal koşullarda güvenilir hale getirmektir. Sıkı kapasite kısıtları ve düzenli yük atmaları olan bir enerji sistemi, fırtınalara veya sıcak hava dalgalarına karşı dirençli hale getirilemez. Bakım özellikle kritiktir: menfezler

ŞEKİL 9.1 Altyapı kalitesi yönetim standartları ile güçlü bir ilişki içindedir

Kaynak: Kornejew, Rentschler ve Hallegatte 2019.

Not: Dünya Ekonomik Forumu WEF) Altyapı Kalite Endeksi, altyapı hizmetlerinin kalitesini 1 (son derece az gelişmiş) ile 7 (uluslararası standartlara göre iyi gelişmiş ve verimli) arasında ölçmektedir. *Dünya Çapında Yönetişim Göstergeleri* 200'den fazla ülke ve bölge için tahmini yönetim standartlarını rapor etmektedir. Her ülke için bu yönetim göstergeleri, 30'dan fazla ayrı veri kaynağına dayalı olarak çok sayıda işletme, vatandaş ve uzmanla yapılan anketleri yansıtmaktadır. Yolsuzluğun kontrolü, hem küçük hem de büyük yolsuzluk biçimlerinin yanı sıra devletin elitler ve özel çıkarlar tarafından "ele geçirilmesi" de dahil olmak üzere kamu gücünün özel çıkarlar için ne ölçüde kullanıldığına dair algıları kapsamaktadır.

katı atıklarla tıkanırsa bir yolu koruyamaz, yakındaki bitki örtüsünün bakımı düzgün yapılmazsa iletim hatları başarısız olur ve sızıntı yapan su boruları bir su sisteminin kuraklığa karşı savunmasızlığını artırır.

Ancak bir hükümetin dayanıklılık artırıcı seçenekleri uygulama kabiliyeti, altyapı varlıklarını uygulamak, finanse etmek, yönetmek ve bakımını yapmak için etkili sistemlere sahip olup olmadığına bağlıdır. Güçlü kurumlar, sorumlulukların net bir şekilde ve şeffaf ve güvenilir finansman mekanizmaları, kamu hizmetlerinin etkin bir şekilde sağlanması için gereklidir. Başka bir deyişle, iyi yönetim altyapı kalitesi için büyük önem taşır.

Veriler yönetim ve altyapı kalitesi arasında açık bir ilişki olduğunu göstermektedir. Şekil 9.1, yolsuzlukla ilgili *Dünya Çapında Yönetişim Göstergeleri* (WGI, Dünya Bankası, t.y.) alt endeksi ile *Küresel Rekabet Edebilirlik Raporu'nun* (WEF 2018) Altyapı Kalitesi Endeksi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Hem genel olarak altyapıya ilişkin panel a hem de elektrik sektörüne ilişkin panel b, yönetim kalitesi arttıkça altyapı kalitesinin de arttığını göstermektedir.¹ Yolsuzluk ve altyapı kalitesi arasındaki aynı pozitif korelasyon

yollar için de mevcuttur (Kornejew, Rentschler ve Hallegatte 2019). Benzer örüntüler, düzenleyici kalite ve hükümetin etkinliği gibi farklı WGI alt endeksleri için de ortaya çıkmaktadır.

Kaliteli altyapı sadece zengin ülkelere özgü olmak zorunda değildir. Şekil 9.1'in arkasındaki veriler, aynı gelir düzeyindeki ülkeler için altyapı kalitesinde önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir. Düşük gelir seviyelerinde bu fark özellikle büyüktür. Örneğin, kişi başına gayri safi yurtiçi hasılası (GSYİH) 2.500 dolar olan Bhutan'da elektrik güvenilirliği birçok orta ve yüksek gelirli ekonomiyle kıyaslanabilirken, kişi başına GSYİH'si 2.476 dolar olan Nijerya tüm ülkeler arasında en sık elektrik kesintisi yaşanan ülkedir.

Yönetişim ve yatırımların kalitesindeki bu farklılık, altyapı projelerinin neden her zaman amaçlanan faydaları sağlamadığını açıklayabilir. Örneğin, elektrik altyapısına yapılan yatırımlar karışık bir sicile sahiptir. Bazı çalışmalar elektrifikasyonun kayıta veya eğitim süresinde önemli bir artışa yol gösterirken, diğer çalışmalar eğitim sonuçları üzerinde hiç etkisi olmadığını veya çok az etkisi olduğunu tahmin etmektedir.² Sağlık üzerindeki etkiyle ilgili olarak Brass ve diğerleri (2012) ve Samad ve diğerleri (2013) şunları bulmuştur

aynı kesin kanıt eksikliği söz konusudur. Bu arada, elektrik projelerinin bazı etki değerlendirmeleri hanehalkı gelirinde ve kadın istihdamında önemli artışlar gösterirken, diğerleri göstermemektedir.³ Dolayısıyla, sadece altyapıya para harcamak her zaman kullanıcılara fayda sağlamaz: yatırımların iyi tasarlanmış ve iyi uygulanmış olması gerekir.

Kornejew, Rentschler ve Hallegatte (2019) *daha fazla harcama ile daha iyi harcama* arasındaki ilişkiyi araştırmak için

güvenilirliği ile ulaştırma altyapısına yapılan yatırım harcamaları arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Taşımacılık güvenilirliği Lojistik Performans Endeksi'nin (LPI) zamanlılık alt göstergesi ile ölçülmektedir ve taşımacılık yatırım verileri Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü'nden (OECD) alınmıştır (kutu 9.1).

Sonuçlar, harcama ve yönetim birlikte geliştiğinde, daha yüksek harcamanın ulaşım güvenilirliğini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir (Şekil 9.2). Aslında, mevcut harcamaların iki katına çıkarılması

KUTU 9.1 Altyapı harcamalarına ilişkin veriler az ve sınırlıdır

Altyapı yatırım ve bakımına ilişkin veriler nadiren mevcuttur (Fay vd. 2019). Çok az ülkede ortak veya uyumlaştırılmış kamu muhasebesi standartları vardır ve ilgili harcama kalemleri diğer harcama türleriyle karıştırılabilmektedir. Özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde şeffaflık düzeyi ve altyapı bakım harcamalarının tanımı da farklılık göstermektedir.

Ayrıca, kamu harcama verilerinin sektörlere göre ayrıştırılması zordur çünkü kamu bütçelerinin organizasyonu su, elektrik ve ulaştırma altyapısı için yapılan kamu harcamalarının ayırt edilmesini zorlaştırmaktadır. Kornejew, Rentschler ve Hallegatte (2019), ulusal olarak yayınlanan bütçe rakamlarına güvenmek yerine, tutarlılık ve karşılaştırılabilirliği sağlamak için iki ana uluslararası yatırım verisi kaynağını kullanmaktadır.

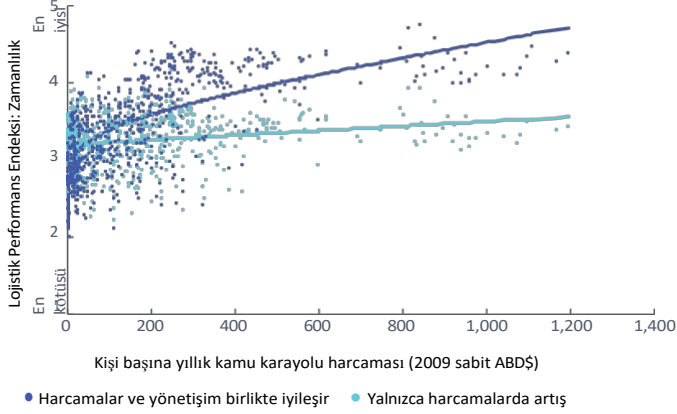
OECD Uluslararası Ulaştırma Forumu veri tabanı, 57 orta ve yüksek gelirli ülke için 1995-2016 yıllarını kapsayan ulaştırma altyapısı yatırım harcamalarını sağlamaktadır (OECD 2018). Bu veriler, Dünya Bankası'nın BOOST Girişimi'nden elde edilen ve Open Budgets portalı üzerinden erişilebilen kamu altyapı yatırım verileriyle desteklenmektedir (Dünya Bankası 2018b). Bu veri kaynakları birlikte, 85 ülkeden tüm gelir gruplarını kapsayan 603 bireysel ülke yılı gözleminden oluşan bir panel ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, OECD'nin yüksek gelirli ülkelere nedeniyle, düşük ve orta gelirli ülkeler için altyapı harcama verileri düzensiz kalmaktadır. Fay ve diğerleri (2019) bu boşluğu ele almaktadır

Düşük ve orta gelirli ülkelerde uyumlaştırılmış harcamaları tahmin etme çabası içinde ancak tahminleri altyapı sektörleri arasında ayırmı yapmamaktadır.

Altyapı hizmetlerinin performansı ve güvenilirliğine ilişkin veriler de sınırlıdır. Dünya Bankası'nın İşletme Anketleri, elektrik kesintilerinin toplam yıllık süresi ve su tedarik kesintilerinin toplam yıllık süresinin yanı sıra genel ticari faaliyetlerde ulaşım sorunlarının ciddiyetine ilişkin öznel bir endeks (1-4) hakkında veri sağlamaktadır (bkz. bölüm 2). Telekomünikasyon kesintileri hakkında benzer bir bilgi verilmemektedir.

Bu bölümde taşımacılık güvenilirliği, ülkelerin ticari lojistik performanslarında karşılaştıkları zorlukları ve fırsatları belirlemelerine yardımcı olmak için oluşturulan bir kıyaslama aracı olan LPI kullanılarak ölçülmektedir (Dünya Bankası 2018a). LPI 2018, 160 ülke arasında karşılaştırma yapılmasına olanak tanımakta ve altı boyutta ülkeye özgü puanlar sunmaktadır: (1) gümrükler, (2) altyapı, (3) ülkeler arası sevkiyatlar, (4) lojistik yeterlilik, (5) takip ve izleme ve (6) zamanlılık. Altyapı alt göstergesi limanların, demiryollarının, yolların ve bilgi teknolojilerinin kalite puanlamasını bir araya getirmektedir. Zamanlılık alt göstergesi kaliteden ziyade güvenilirliği ölçmektedir. Sevkiyatların planlanan teslimat süresi içinde varış yerlerine ulaşma zamanlılığının puanlanmasıyla, bu alt gösterge ortalama performanstan ziyade beklenmeyen nakliye aksaklıklarının bir ölçüsüdür. Tüm LPI göstergeleri 1 (en kötü) ile 5 (en iyi) arasında bir ölçekte puanlanır.

ŞEKİL 9.2 Daha fazla harcama yapmak ulaşım sisteminin güvenilirliğini artırır, özellikle de yönetim de iyileşirse



Kaynak: Kornejew, Rentschler ve Hallegatte 2019.

seviyelerinin ulaştırma altyapısı performansını (LPI zamanlılık göstergesi ile ölçüldüğü üzere) kabaca şu kadar artıracağı tahmin edilmektedir 0.27 endeks puanı. Örneğin, bu iyileşme Mozambik'in ulaşım hizmeti güvenilirliğini Kamboçya'nınkine eşit seviyeye getirmeye karşılık gelmektedir.

Ancak yönetim kalitesi sabit tutulduğunda, daha fazla harcama yapmanın etkisi büyük ölçüde azalmaktadır. Yönetişim değişmediğinde, ulaşım güvenirliliği için 1\$ harcamanın faydası sıfırdan büyük kalmaya devam etmekte, ancak altı kat azalmaktadır. Başka bir deyişle, harcamaların artırılması ve yönetişimin paralel olarak, ulaştırma sistemi performansını tek başına harcamaların artırılmasına kıyasla ortalama altı kat daha hızlı artırmaktadır. İstatistiksel olarak, şekil 9.2'de verilen sonuçlar, ülkeler arasında ulaşım güvenirliliğindeki değişimin sadece yüzde 8'inin yatırım harcamaları ile açıklanabileceğini, buna karşın yaklaşık yüzde 44'ünün bir ülkenin yönetişim kalitesi ile açıklandığını göstermektedir.

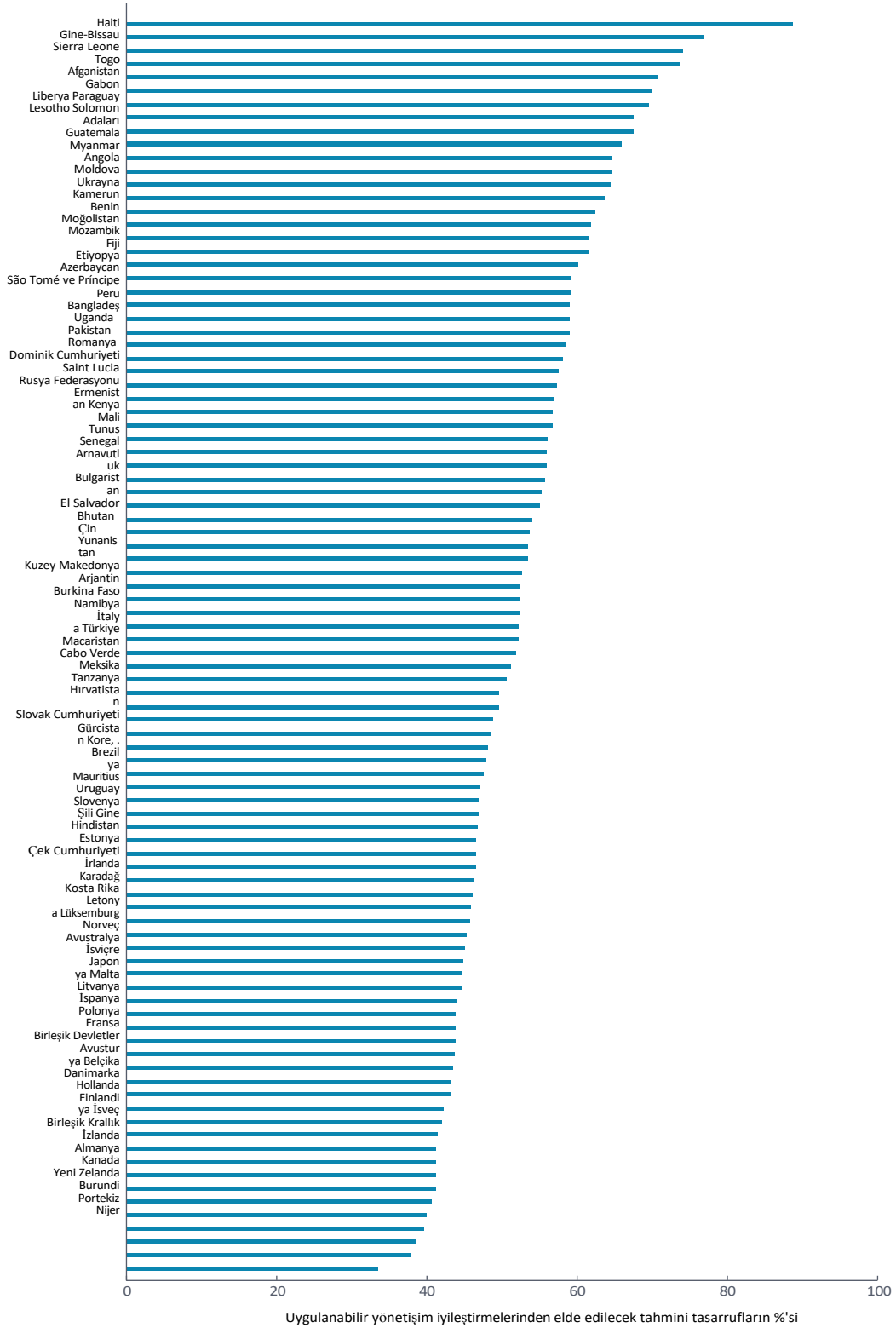
Benzer sonuçlar enerji ve su için de bulunabilir. Elektrik sektöründe yönetişim, ülkeler arasındaki yıllık kesinti sürelerindeki farkın çoğunu açıklarken, kamu enerji harcamaları çok azını açıklamaktadır. Ancak

Verilerin mevcut olduğu ülke sayısının az olması (sadece 33) ve enerji sektöründeki kamu harcamalarının enerji toplam (kamu ve özel) harcamalar için kusurlu bir vekil olması nedeniyle bu sonuçlar ihtiyatlı bir şekilde değerlendirilmelidir. Su sektöründe, verilerin mevcut olduğu 32 ülke için, günlük ortalama su kesintisi saatleri kısmen yönetişim göstergeleri ile açıklanmakta ve enerji sektöründe olduğu gibi, kamu su harcamalarının su kesintilerini etkilemediği görülmektedir.

Altyapı harcamalarının kalitesini artırmanın faydaları olabilir? Kornejew, Rentschler ve Hallegatte (2019) iddialı ancak uygulanabilir bir yönetişim reformunu ele almaktadır. WGI'nin yönetim etkinliği alt göstergesine göre, örneklemdeki ülke gözlemlerinin yüzde 10'u üç yıllık bir dönemde en az 0,23 endeks puanı artış sağlamıştır (örneğin, 2010 ve 2013 yılları arasında Ekvador). Bu raporda açıklanan model, her ülkede aynı iddialı yönetişim iyileştirmesini varsayarak, ulaştırma hizmetlerinin kalitesini düşürmeden ulaştırma altyapı harcamalarının ne kadar azaltılabileceğine dair bir tahmin vermektedir.⁴

Analiz, yönetişimin iyileştirilmesinden elde edilebilecek potansiyel tasarrufların çok büyük olabileceğini göstermektedir (Şekil 9.3). Özellikle, böylesine iddialı ancak gerçekçi bir yönetişim reformu, ülkelerin trans-port sistemlerinin performansını düşürmeden uzun vadede karayolu harcamalarını yüzde 30-90 oranında azaltmalarına olanak sağlayabilir. Göreceli tasarruflar, Haiti ve Sierra Leone gibi yönetişim kalitesi düşük ancak kişi başına harcama düzeyi nispeten yüksek olan ülkelerde en yüksek seviyededir. İyi yönetişime sahip ülkelerde (Yeni Zelanda gibi) ve yol harcamalarının düşük olduğu ülkelerde (Nijer gibi) tasarruflar azdır. Bu bulgular sadece altyapıya yeterince harcama yapmanın değil, aynı zamanda altyapı hizmetlerinin iyi performans göstermesini sağlamak için iyi harcama yapmanın da önemini vurgulamaktadır.

ŞEKİL 9.3 Yönetişim reformları sayesinde karayolu harcamalarında potansiyel tasarruf



Kaynak: Kornejew, Rentschler ve Hallegatte 2019.

ÖNERİ 1:**TEMEL BİLGİLERİ DOĞRU ÖĞRENİN**

Altyapının tasarımı, işletimi ve bakımı için bu zorluklarla başa çıkmaya yönelik çözümler nelerdir? Bu rapor, diğer raporlarda iyi bir şekilde ele alınan düzenleme ve yönetime ilişkin olağan tavsiyelerin ötesinde, altyapı sistemlerinin daha iyi yönetilmesi için gerekli olan üç temel eylemi tanımlamaktadır.

Eylem 1.1: Yönetmeliklerin, inşaat kodlarının ve satın alma kurallarının tanıtılması ve uygulanması

İyi tasarlanmış yönetmelikler, kanunlar ve yapım kuralları, güvenilirlik ve esneklik de dahil olmak üzere altyapı hizmetlerinin kalitesini artırmaya yönelik en basit yaklaşımdır. En yaygın uygulanan çözümde, hükümet kamu veya özel altyapı sağlayıcılarından beklenen hizmet seviyesini tanımlar ve bunu ihale kuralları (varlık kamuya ait olduğunda - örneğin yollar), piyasa düzenlemeleri (özel aktörler elektrik gibi hizmetler sağladığında) veya sözleşmeye dayalı bir taahhüt (örneğin, kamu-özel ortaklıklarının tedariki ve izlenmesi için performans göstergeleri aracılığıyla) yoluyla uygular. Finansal model ne olursa olsun, ihale süreçlerinde güçlü tedarik kuralları ve uygun performans göstergeleri asgari düzeyde hizmet ve güvenilirlik sağlayabilir.

Ülkeler mevcut uluslararası standartları temel alarak inşaat kodlarını ve yönetmeliklerini tanımlayabilirler. Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) ve Amerikan Test ve Malzeme Derneği (ASTM) gibi kuruluşlar altyapı sistemlerinin bileşenleri için uluslararası standartlar oluşturmaktadır.⁵ Örneğin, ASTM çelik takviye alt komitesinin bir standardı (A01.05) köprülerin uzun vadeli dayanıklılığını artırmak ve yüksek performanslı, korozyona dayanıklı çelik üretimini desteklemek için bir araç sağlamaktadır (A1055/A1055M).

Bu gibi kaynakları en iyi şekilde kullanmak için ülkeler, uluslararası standartları ülke bağlamına uygun standartlara dönüştürmek için yerel kuruluşlara güvenmelidir. Özellikle, farklı gelir seviyelerindeki veya güvenilirlik açısından farklı tercihleri olan ülkeler, kendi ihtiyaçlarına göre uyarlanmış yönetmelikler ve kodlar tasarlamak isteyeceklerdir. Bir standardizasyon kurumunun ve teknik uzmanlık merkezlerinin yokluğunda, birçok düşük ve orta gelirli ülke, yerel bağlamı dikkate almayan yüksek gelirli ülkelerin standartlarını kullanmaktadır. Örneğin Mozambik Ulusal Karayolları İdaresi, Güney Afrika Ulaştırma ve İletişim Komisyonu'nun (SATCC) 2001 taslak standartlarını rehber olarak kullanarak yol tasarlamakta ve inşa etmektedir. SATCC standardı da ABD ve Avrupa standartlarının Güney Afrika bağlamına uyarlanmış halidir. Standartları kendi bağlamlarına uyarlamak için çoğu ülkenin ISO üyesi bir standardizasyon ajansı vardır. Ancak, bu ulusal ajansların uluslararası standartları uyarlama kapasitesi ve çalışma kapsamı büyük farklılıklar gösterdiğinden, inşaat yönetmeliklerinin geliştirilmesi için gerekli olan yerel standartları her zaman geliştiremezler.

Özellikle önemli bir konu da kalite kontrolü ve inşaat yönetmeliklerinin uygulanmasıdır. Bu rapor için yapılan bir analizde Miyamoto International (2019), inşaat kurallarını ve standartlarını uygulamanın maliyetli ve bunları tanımlamaktan daha zor olduğuna işaret . Altyapı sektöründe uygulama, sağlam bir yasal çerçeve ve inşaat ve hizmet kalitesini ve performansını izleyebilen ve hizmet sağlayıcıları performanslarına göre ödüllendiren veya cezalandıran güçlü düzenleyici kurumlar gerektirir. Birçok düzenleyici kurum, mevcut inşaat yönetmeliklerini uygulayacak kaynak ve kapasiteden yoksundur. Sonuç olarak, pahalı altyapı sistemleri uygun olmayan malzemeler veya teknolojilerle tasarlanabilmekte ve bu da uzun vadede çok yüksek maliyetlere yol açabilmektedir.

Eylem 1.2: Uygun işletme, bakım ve kaza sonrası müdahale için sistemler oluşturun

İşletme ve bakım, altyapı sistemlerinin performansını sağlamak ve yatırım maliyetlerini azaltmak için kritik öneme sahiptir (bkz. bu raporun II. Bölümü). Yetersiz bakım, altyapı yatırım ihtiyaçlarını ulaştırma sektöründe yüzde 50, su sektöründe ise yüzde 60'tan fazla artırabilir (Rozen- berg ve Fay 2019). Bu rapor için OECD ülkelerine odaklanan bir analiz, yol bakımı için harcanan her 1 doların yeni yatırımlarda ortalama 1,50 dolar tasarruf sağladığını ve daha iyi bakımın çok uygun maliyetli bir seçenek olduğunu göstermektedir (Kornejew, Rent- schler ve Hallegatte 2019).

Uygun bakım nasıl sağlanabilir? Önemli bir araç, kamu hizmetlerinin operasyonlarını daha iyi yönetmek için kullanabileceği altyapı varlık yönetim sistemidir. Böyle bir sistem, tüm varlıkların ve durumlarının bir envanterinin yanı sıra, altyapı varlıklarının yaşam döngüleri boyunca yönetiminin tüm stratejik, finansal ve teknik yönlerini içerir. Amaç, kanıta dayalı ve önleyici bir bakım programına doğru ilerlemek ve bakıma reaktif bir yaklaşımdan uzaklaşmaktır.

Basit bir altyapı varlık yönetim sistemi, işlev gördüğü sistemden bağımsız olarak her bir varlığa odaklanır. Sistem, varlıkların ne kadar mal olduğunu, bunların bakımından kimin sorumlu olduğunu, durumlarını ve işlevselliklerini ve ne zaman rehabilitasyona ihtiyaç duyduklarını içerir. Daha karmaşık bir varlık yönetim sistemi, tüm varlıkların ve planlarını, bileşen parçalarını, bakım programlarını ve tasarlandığından bu yana varlıkla ilgili tüm eylemlerin ayrıntılarını içerir. Varlığın yaşam döngüsü maliyetlerinin bir tahminini, her yıl gerçekleşen amortismanı, amortisman ayrıntılarını ve mevcut bileşenleri kullanıcıların ve müşterilerinin değişen ihtiyaçlarıyla daha iyi hale getirmek için olası geliştirmeleri içerir.

Karmaşık bir varlık yönetim sistemi zamanda altyapının hizmetlerini sunduğu işlevsel bağlamı da belgeler. Gerekli hizmetleri sunma kabiliyetini etkileyen ilgili altyapı sistemlerini, irtibat kurulacak kişileri ve işbirliğine dayalı bakımın ayrıntılarını tanımlar. Hangi şekilde olursa olsun, etkili varlık yönetimi paydaşların katılımına, etkili kurumlara ve yeterli kaynaklara dayanır.

Ulaşım altyapısının, özellikle de yolların bakımı için yaygın olarak kullanılan çözümlerden biri performansa dayalı sözleşmelerdir (PBC'ler) (limi ve Gericke 2017; Lancelot 2010). Bu sözleşmeler, yüklenicilere yapılacak ödemeleri açıkça varlıkların performansına bağlayarak, bir varlığın bakımını yapan veya işleten yüklenicilerin tüm kararlarında güvenilirliğinin hesaba katılmasını sağlamaları için güçlü bir teşvik sağlar. Ancak, PBC'lerin tasarlanması ve uygulanması hem devlet hem de yüklenici adına kapasite gerektirmektedir ve yükleniciye çok fazla risk tahsis edilmesi maliyetler üzerinde önemli etkiler yaratabilir veya PBC'yi başarısızlık riskiyle karşı karşıya bırakabilir (Henning, Hughes ve Faiz 2018).

Önleyici bakım yapılsa bile, olaylara hızlı bir şekilde müdahale etme ve hasar görmüş ya da arızalı varlıkları onarmak için ekip ve kaynak gönderme kapasitesi güvenilir bir altyapı sistemi için kritik öneme sahiptir. Bölüm 7'de afet sonrası durumlar için acil durum yönetimi veya acil durum planlarına duyulan ihtiyaç ayrıntılı olarak açıklanmaktadır, ancak bu planların bir altyapı ağı boyunca kolayca yayılabilen ve sistem ölçeğinde önemli etkileri olan daha küçük, izole olayları da kapsamı gerekir. Bu nedenle, kamu kurum ve kuruluşlarının bilgi toplama sistemlerine ve acil durum planlarına, olay durumunda sorumlulukların net bir şekilde belirlenmesine ve uygun parça ve acil durum ekipmanı stokuna ihtiyacı vardır. İzole sistem arızalarına hızlı bir şekilde müdahale ülkelerin, zararların mekansal ölçeğinin genellikle çok daha büyük doğal afetlerle başa çıkamayacağı açıktır.

Eylem 1.3: Altyapı planlaması, inşası ve bakımı için uygun finansman ve kaynakların sağlanması

Altyapı hizmetlerinin kalitesi, iyi planlamadan iyi bakıma kadar birçok faktöre bağlıdır ve bu faktörlerin her birinin bir maliyeti vardır (Şekil 9.4). Kaynaklar bu faktörlerden herhangi birine yönelik ihtiyaçları karşılamakta yetersiz kalırsa, altyapı hizmetlerinin kalitesinin düşmesi muhtemeldir. Bu nedenle, ülkelerin altyapı hizmetleri ve dayanıklılık açısından hedeflerini karşılamak için yeterli kaynak sağlamaları ve bu kaynakları çeşitli ihtiyaçlar arasında uygun bir şekilde dağıtmaları gerekir. Toplam harcama uygun olsa bile, varlıkların planlanması, tasarlanması veya bakımı için yetersiz kaynak ayrılması düşük kalite ve güvenilirliğe yol açacaktır.

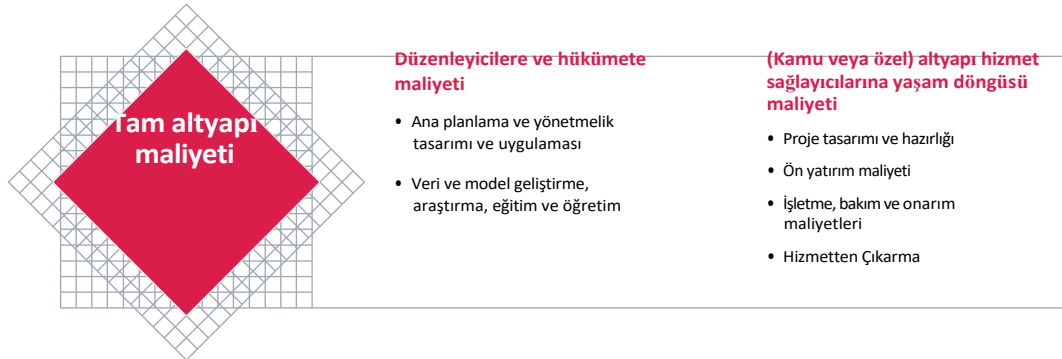
Yetersiz finansmana ve yetersiz personele sahip düzenleyici kurum ve kuruluşların etkin düzenlemeler tasarlaması ve uygulaması ya da altyapı sistemlerinin güvenilirliğini en üst düzeye çıkaracak ana planları oluşturması pek mümkün değildir. Bu nedenle altyapı düzenleyicileri için mevcut kaynakların artırılması dönüşümsel etkilere sahip olabilir. Bu etkiler arasında enerji ve su hizmetlerinin düzenlenmesinin iyileştirilmesi, karayolu kurumlarının kapasitesinin artırılması veya açık veri portalları ve varlık yönetim sistemlerinin oluşturulması yer alabilir. Bu nedenle, uygulayıcı kurumların uygun şekilde finanse edilmesi bir önceliktir.

Ayrıca, altyapı projelerinin tasarımı ve hazırlanması çok pahalıdır. Proje hazırlığının ilk aşamalarında kaynakların harekete geçirilmesi özellikle zordur. Sonuç olarak, hazırlık bütçeleri küçük olma eğilimindedir, bu da bir altyapı varlığının ömrü boyunca büyük tasarruflar sağlayabilecek olsalar bile, ihtiyaç duyulan sofistike analizlerin yapılmasını zorlaştırır.

Bakım finansmanı da genellikle zordur. İşletme ve bakıma yetersiz yatırım yapılması yaygındır, çünkü yeni yatırımları veya büyük bir rehabilitasyonu finanse etmek için kaynak toplamak, sürekli işletme ve bakım maliyetlerini karşılamaktan genellikle daha kolaydır. Bakım da yeni yatırımlara göre daha az görünürdür ve genellikle ertelenebilir, bu da onu bütçe kesintileri için kolay bir hedef haline getirir (Briceno, Estache ve Shafik 2004; Regan 1989). Uygun ve güvenilir bütçe tahsisleri ya da kamu-özel sektör ortaklıkları ve PBC'ler gibi yeterli bakım harcamalarını etkin bir şekilde önceden taahhüt eden sözleşmelerin kullanılması, iyi bir bakımın gerçekten yapılabilmesini sağlamak için gereklidir.

Mali kısıtlamalar, ülkeleri daha düşük ön maliyetli çözümlere itebilir, bu seçenekler daha yüksek yaşam döngüsü maliyetlerine veya önemli sosyal maliyetlere sahip olsa bile. Kırılgan altyapı sistemlerine sahip ülkeler genellikle bu altyapıyı onarmak ve bakımını yapmak için büyük miktarlarda harcama yapmakta, bu da sınırlı mali kaynakların zorluklarını daha da artırmaktadır.

ŞEKİL 9.4 Altyapının tam maliyeti birden fazla maliyet bileşeni içerir



Güvenilirliği arttırabilecek ve kırılganlığı azaltabilecek bir yatırımı finanse etmek için gerekli alan. Yüksek kırılganlık, yüksek bakım ve düşük yatırımdan oluşan bu kısır döngüden kurtulmak, harcamalarda geçici bir artış gerektirmektedir.

Ancak hem düşük ve orta gelirli ülkelerdeki hem de yüksek gelirli hükümetler, talebi karşılamak için gereken altyapı yatırımlarını finanse etmekte zaten zorlanmaktadır. Birçok altyapı sistemi, normal zamanlarda bile yetersiz elektrik üretim kapasitesi, güvenilirmez internet hizmetleri veya son derece sıkışık toplu taşıma ve şehir içi yollarla normal talebi karşılamakta zorlanmaktadır. Normal talebi karşılayamayan sistemler doğal olarak arzı azaltan herhangi bir şoka - örneğin bir elektrik santralinin veya iletim hattının arızalanması veya bir yolun kapanması - karşı oldukça savunmasızdır.

Hükümetlerin ekonomik ve mali açıdan uygulanabilir altyapı yatırımları için finansman sağlamakta zorlandığı durumlarda, bir seçenek de özel sektöre yönelmektir. Özel yatırımcılar, varlığın kendisi tarafından yaratılan gelecekteki nakit akışlarına (proje finansmanı) veya kamu hizmeti şirketleri söz konusu olduğunda kendi bilançolarına (kurumsal finansman) dayanarak sağlayabilirler. Her iki yaklaşım da hükümet bilançosu üzerindeki yükü azaltır - tamamen olmasa da, çünkü neredeyse tüm altyapı yatırımları hükümet için özel yatırımcıların riskleri üstlenemeyeceği veya üstlenmeyeceği koşullu yükümlülükler ve hatta sübvansiyonların gerekli olmaya devam ettiği durumlarda doğrudan yükümlülükler yaratır. Ayrıca, özel yatırımları çekmek ve bu yatırımcıların yüksek kaliteli, verimli ve dayanıklı altyapı sunmaya teşvik edilmelerini sağlamak da yönetim ve düzenleyici ortamın kalitesine bağlıdır.

Bu tavsiyelerin uygulanması altyapı sistemlerinin tasarımı, yönetimini ve bakımını iyileştirecek ve altyapı hizmetlerinin kalitesini ve sık yaşanan şoklara karşı dayanıklılığını arttıracaktır. Ancak, daha yoğun şoklara karşı dayanıklılık oluşturmak

şokları ve altyapı sistemlerinin değişen iklim koşullarına uyulanması ek engeller içerir ve ek eylemler gerektirir. Bunlar sonraki dört bölümün konusudur.

NOTLAR

1. Dünya Çapında Yönetişim Göstergeleri raporu (Dünya Bankası, t.y.) 200'den fazla ülke ve bölge için altı boyutta yönetim standartlarını tahmin etmektedir: 1) ses ve hesap verebilirlik, (2) siyasi istikrar ve vito- lamsın olmaması, (3) hükümetin etkinliği, (4) düzenleyici kalite, (5) hukukun üstünlüğü ve (6) yolsuzluğun kontrolü. Her bir ülke için bu yönetim göstergeleri, 30'dan fazla ayrı veri kaynağına dayalı olarak çok sayıda işletme, vatandaş ve uzmanla yapılan anketleri yansıtmaktadır.
2. Ayrıntılar için bakınız Bensch, Kluve ve Peters (2011); Khandker, Barnes ve Samad (2009); Kumar ve Rauniyar (2011); ve Lee, Miguel ve Wolfram (2016).
3. Ayrıntılar için bakınız Dinkelman (2011); Grogan ve Sadanand (2013); Lee, Miguel ve Wolfram (2016); Rud (2012); ve van de Walle ve diğerleri (2017).
4. Spesifik olarak, önceki bölümde açıklanan model, kişi başına düşen karayolu harcaması logu ile hükümetin etkinliği alt göstergesi etkileştirilerek genişletilmiştir. Bu süreç, ülkeler arasında anlamlı bir varyasyon yaratmak için gereklidir; ayrıntılar için Kornejew, Rentschler ve Hallegatte'ye (2019) bakınız.
5. Otoyollara ilişkin bir örnek için bkz. <https://www.astm.org/ABOUT/OverviewsforWeb2015/HighwaysOvrwvApril2018.pdf>.

REFERANSLAR

- Bensch, G., J. Kluve ve J. Peters. 2011. "Ruanda'da Kırsal Elektrifikasyonun Etkileri." *Gelişim Etkinliği Dergisi* 3 (4): 567-88. <https://doi.org/10.1080/19439342.2011.621025>.
- Brass, J. N., S. Carley, L. M. MacLean ve E. Baldwin. 2012. "Kalkınma için Güç: Gelişen Dünyada Dağıtık Üretim Projeleri Üzerine Bir İnceleme." *Annual Review of Environment and Resources* 37 (1): 107-36. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-051112-111930>.
- Briceno, C., A. Estache, ve N. T. Shafik. 2004. "Gelişmekte Olan Ülkelerde Altyapı Hizmetleri: Erişim, Kalite, Maliyetler ve Politika Reformu." *Politika Araştırma Çalışma Belgesi* 3468, Dünya Bankası, Washington, DC. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-3468>.

- Dinkelmann, T. 2011. "Kırsal Elektrifikasyonun İstihdam Üzerindeki Etkileri: Güney Afrika'dan Yeni Kanıtlar." *American Economic Review* 101 (7): 3078-108.
- Fay, M., S. Han, H. I. Lee, M. Mastruzzi, ve M. Cho. 2019. "Hitting the Trillion Mark: A Look at How Much Countries Are Spending on Infra- structure." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 8730, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Grogan, L., ve A. Sadanand. 2013. "Yoksul Ülkelerde Kırsal Elektrik ve İstihdam: Nikaragua'dan Bulgular." *Dünya Gelişimi* 43 (C): 252-65.
- Henning, T. F. P., J. Hughes ve A. Faiz. 2018. "Kritiklik ve Esnekliğin Performansa Dayalı Sözleşmelere Dahil Edilmesi." Teknik Rapor, Dünya Bankası, Washington, DC.
- İmami, A. ve B. Gericke. 2017. "Çıktı ve Performans Bazlı Yol Sözleşmeleri ve Tarımsal Üretim: Zambiya'dan Kanıtlar." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 8201, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Khandker, S. R., D. F. Barnes, ve H. A. Samad. 2009. "Kırsal Elektrifikasyonun Refah Etkileri: Bangladeş'ten Bir Vaka Çalışması." Dünya Bankası, Washington, DC. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-4859>.
- Kornejew, M., J. Rentschler ve S. Hallegatte. 2019. "İyi Harcanıyor: Yönetişim Altyapı Yatırımlarının Etkinliğini Nasıl Belirliyor?" Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Kumar, S., ve G. Rauniyar. 2011. "Elektrifikasyon Refahı Artırıyor mu? Bhutan Kırsalından Deneyisel Olmayan Kanıtlar." MPRA Paper 31482, Harvard University, Cambridge, MA; Asian Development Bank, Manila, 20 Şubat.
- Lancelot, E. 2010. "Karayolu Sektöründe Performansa Dayalı Sözleşmeler: Bakım ve Onarım Yönetiminde İyileştirilmiş Verimliliğe Doğru-Brezilya Deneyimi." Transport Paper TP-31, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Lee, K., E. Miguel ve C. Wolfram. 2016. "Kırsal Elektrifikasyon Talebi ve Maliyetleri Üzerine Deneyisel Kanıtlar." NBER Working Paper 22292, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Miyamoto Uluslararası. 2019. "Altyapı Direncini Artırmaya Yönelik Mühendislik Seçeneklerine Genel Bakış." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Kuzey Amerika Elektrik Güvenilirlik Konseyi. 2004. "14 Ağustos 2003 Elektrik Kesintisinin Teknik Analizi: Ne Oldu, Neden Oldu ve Ne Öğrendik?" Kuzey Amerika Elektrik Güvenilirlik Konseyi, Princeton, NJ.
- OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı). 2018. "Uluslararası Taşımacılık Forumu-OECD.Stat." OECD, Paris.
- Regan, E. V. 1989. "Holding Government Officials Accountable for Infrastructure Maintenance." *Proceedings of the Academy of Political Science* 37 (3): 180. <https://doi.org/10.2307/1173761>. Rentschler, J., M. Kornejew, S. Hallegatte, M. Obo-lensky, ve J. Braese. 2019. "Az Kullanılmış Potansiyel: Gelişmekte Olan Ülkelerde Güvenilir Olmayan Altyapının Ticari Maliyetleri." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington DC.
- Rozenberg, J. ve M. Fay. 2019. *Uçurumun Ötesinde: Ülkeler Gezegeni Korurken İhtiyaç Duydukları Altyapıyı Nasıl Karşılayabilir?* Washington, DC: Dünya Bankası.
- Rud, J. P. 2012. "Elektrik Sağlanması ve Endüstriyel Kalkınma: Hindistan'dan Kanıtlar." *Kalkınma Ekonomisi Dergisi* 97 (2): 352-67.
- Samad, H. A., S. R. Khandker, M. Asaduzzaman ve M. Yunus. 2013. "Güneş Enerjili Ev Sistemlerinin Faydaları: Bangladeş'ten Bir Analiz." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 6724, Dünya Bankası, Washington, DC.
- van de Walle, D., M. Ravallion, V. Mendiratta ve G. Koolwal. 2017. "Kırsal Hindistan'da Elektrifikasyondan Uzun Vadeli Kazançlar." *Dünya Bankası Ekonomik İnceleme* 31 (2): 385-411.
- WEF (Dünya Ekonomik Forumu). 2018. *Küresel Rekabet Edebilirlik Raporu 2017-2018*. Cologny: WEF. Dünya Bankası. 2018a. Lojistik Performans Endeksi. Washington, DC: Dünya Bankası.
- . 2018b. "BOOST Girişimi." Açık Bütçe portalı, Dünya Bankası, Washington, DC. <http://boost.worldbank.org/boost-initiative>.
- . Tarih yok. *Dünya Çapında Yönetişim Göstergeleri*. <http://info.worldbank.org/governance/wgi>.

Dayanıklılık için Kurumlar Oluşturun

10

ENGEL	ÖNERİ	EYLEMLER
Politik ekonomi zorlukları ve koordinasyon başarısızlıkları	Dayanıklılık için kurumlar oluşturun	2.1: Mevcut düzenleyici sistemi temel alarak dayanıklı altyapıya bütüncül bir hükümet yaklaşımının uygulanması 2.2: Kritik altyapının belirlenmesi ve kabul edilebilir ve tahammül edilemez risk seviyelerinin tanımlanması 2.3: Dayanıklı altyapıya eşit erişimin sağlanması

ENGEL: ÇOKLU EKONOMİ-POLİTİK ZORLUKLAR VE KOORDİNASYON BAŞARISIZLIKLARI DİRENÇLİLİK KONUSUNDA KAMU EYLEMLERİNİ ENGELLEMEDİR

Politika yapıcılarının daha dirençli altyapı sistemlerine yatırım yapma teşvikleri, bu tür yatırımların maliyet ve faydalarının görünürlüğündeki asimetri nedeniyle zayıflamaktadır. Felaketler manşetlere çıkar ve neyin yanlış gittiğine dair derinlemesine analizler üretir, ancak hiç hasara yol açmayan veya çok az hasara yol açan aşırı doğa olayları fazla ilgi çekmez. Altyapıya dayanıklılık katmanının faydalarını anlamak için (önceki politikalar veya önlemler sayesinde) kaçınılan krizleri tespit etmek gerekir ki bunu yapmak zordur ve halka anlatmak daha da zordur. Buna karşın, altyapıyı daha dirençli hale getirmenin maliyetini belirlemek ve buna itiraz etmek kolaydır. Finlandiya'da artan direnç

üretim sektöründeki güçlenme, elektrik dağıtım fiyatını bazı bölgelerde yüzde 30'a kadar yükseltmiş, bu durum kamuoyunda ve siyasette büyük tepkilere yol açmış ve Elektrik Piyasası Kanunu'nun yeniden düzenlenmesine neden olmuştur (OECD 2019).

Aktörler arasında koordinasyon eksikliği de bir zorluktur. Paydaşların eylemlerinin tutarlı ve sinerjik olmasını sağlamak için koordinasyona ihtiyaç vardır. Örneğin, ulusal düzeyde maliye bakanlığı tarafından düzenlenen bir kamu-özel sigorta programı, yerel düzeyde arazi kullanım planları ve bina normları gibi risk azaltma önlemleri dikkate alınmadan tasarlanamaz (genellikle yerel yetkililer tarafından yürütülen görevler). Elektrik kesintilerinin telekomünikasyon, su arıtma ve kentsel ulaşım sistemleri üzerinde ikincil etkileri olabilir ve özellikle kömürlü termik santraller olmak üzere elektrik üretim tesisleri tedarik için ulaşım sistemine bağımlı olabilir. Kunreuther ve Heal (2003) bu karşılıklı etkileşimi incelemektedir.

KUTU 10.1 Yeni bir tehlike: Siber felaketler ve siber saldırılar

Modern altyapı sistemleri bilgisayar sistemleri tarafından programlanmakta ve kontrol edilmektedir, bu da onları siber saldırılara karşı savunmasız hale getirmektedir. Aralık 2015'te büyük ölçekli bir elektrik şebekesi saldırısının 230.000 kişiyi elektriksiz bıraktığı Ukrayna örneğini ele alalım. Tipik bir şekilde, bilgisayar korsanları önce kontrol sistemlerine erişim sağladılar ve ardından bir saldırı başlatarak hizmetleri eski haline getirmek için hızlı düzeltme girişimlerini engellediler (Wagner 2016). Bu saldırıda, bilgisayar korsanları bir kimlik avı programı kullanarak kamu hizmetlerinin iş ağlarına erişim sağladılar. Sonunda bir çalışanın kontrol sistemi için kimlik bilgilerini elde etmeyi başardılar, bu da elektrik şebekelerini kontrol eden programları anlamalarını sağladı. Bir sonraki adım, operasyonel programların üzerine, operatörlerin tetiklenen devre kesicileri yeniden kapatmasını engelleyecek kötü niyetli sürümler yazmaktır. Bu şekilde, bilgisayar korsanları birden fazla kamu hizmetini ve trafo merkezini manipüle edebilmiş ve ardından tüm devre kesicileri aynı anda açabilmiştir (Zetter 2016).

Geçmişteki siber saldırılar çoğunlukla Bu nedenle elektrik sistemleri siber güvenlik çabalarının odağında yer almaktadır. Giderek daha fazla Nesnelerin İnterneti cihazı (akıllı sayaçlar gibi) ve dağıtılmış enerji kaynağı (küçük ölçekli batarya depolama sistemleri veya fotovoltaik sistemler gibi)

Kaynak: Eugene Tan.

elektrik şebekelerine entegre edilmektedir. Tüm bu cihazlar şebeke operasyonlarının aktif katılımcıları olduklarından, şebekeye yönelik siber saldırılar için savunmasız yeni erişim noktaları açmaktadırlar (Cleveland ve Lee 2013). Su ve ulaşım ağlarının kırılganlığı da akıllı ulaşım çözümlerinin yükselişi ve altyapı sistemlerinin giderek dijitalleşmesi ile artabilir. Örneğin Zou, Choobchian ve Rozenberg (2019), insanları ve malları sürücüsüz araçlar kullanarak hareket ettiren otonom mobilite sistemlerinin siber tehditlere karşı özellikle savunmasız olduğu konusunda uyarılmaktadır.

Genel olarak, akıllı sistemlerden elde edilen verimlilik kazanımlarını, yaratabilecekleri güvenlik açıklarına karşı tartmak önemlidir. Akıllı şebeke ve tüketici talep yanıtı teknolojileri, kamu hizmetlerinin elektrik yüklerini daha etkin bir şekilde dengelemesine olanak sağlayabilir, ancak bu faydalar şebekeye yönelik daha yüksek siber saldırı riskine karşı tartılmalıdır. Akıllı şebekelerin siber saldırılara karşı kırılganlığını araştıran ve giderek büyüyen bir literatür olmasına rağmen (Aloul ve ark. 2012), dengeler karmaşık olmaya devam etmektedir. Mevcut siber güvenlik önlemlerinin yetersizliği, akıllı şebeke ve tüketici talep yanıt sistemlerinden elde edilen verimlilik kazanımlarının, siber saldırılardan kaynaklanan risklerdeki artış nedeniyle tam olarak gerekçelendirilmediği anlamına gelebilir.

Bağımlılık teorik olarak, işbirliği mekanizmalarının yokluğunda, bireysel aktörlerin dayanıklılığa yatırım yapmamayı tercih edebileceğini .

Risk yönetimindeki en büyük zorluklardan biri, sinerjileri yakalamak ve bir kırılganlığı azaltmanın diğerini artırdığı durumlardan kaçınmak için doğal riskler ve iklim değişikliğinin ötesinde bile riskler ve tehditler arasında bakmaktır. Birçok çözüm, bir risk göz önünde bulundurulduğunda cazip görünse de diğer risklere karşı kırılganlığı artırmaktadır. Buna bir örnek olarak akıllı şebekelerin ve tüketici talep yönetiminin

elektrik kesintileri - her ikisi de siber saldırılara karşı kırılganlığı artırabilir (kutu 10.1). Tek bir risk göz önünde bulundurulduğunda bile, sık görülen olayın etkisinin azaltılması, daha nadir ve daha tehlikeli olaylara karşı kırılganlığın artmasına neden olabilir. Örneğin, setler sık sık meydana gelen selleri önlediğinde, insanlar yanlış bir şekilde sellerin artık imkansız olduğunu varsayarlar. Böyle yanlış bir izlenim, korunan alana daha fazla yatırım yapılmasına ve setlerin seviyesini aşan sellere karşı daha fazla kırılganlığa yol açabilir (Burby . 2001; Burby, Nelson ve Sanchez 2006).

Korumadaki bir artış, ortalama yıllık kayıplarda net bir artışa bile yol açabilir, çünkü ilave koruma, risk altındaki alanlarda çok daha büyük yatırımlara yol açabilir (Hallegatte 2017).

Kısa vadeli ve uzun vadeli riskler arasındaki belirli bir değiş tokuş " "tur - yani, kısa vadeli risk seviyesini azaltan ancak iklim değişikliğine karşı uzun vadeli kırılganlığı artıran önlemler. Buna örnek olarak, kuraklıkla başa çıkmak için yeraltı suyu pompalama ve sulamanın daha fazla kullanılması verilebilir, ki bu da uzun vadeli kırılganlıklara yol açabilir. *Keşfedilmemiş Sular: The New Economics of Water Scarcity and Variability* (Damania et al. 2017), kurak bölgelerde ve düşük gelirli ülkelerde sulama altyapısının varlığının, çiftçileri kuraklıklara karşı daha da hassas olan daha su yoğun mahsulleri benimsemeye teşvik ettiği için şokların tarımsal verim üzerindeki etkisini daha da kötüleştirebileceğini ortaya koymaktadır. Uyumsuzluğun önlenmesi, kısa vadeli riskleri azaltmaya yönelik tedbirlerin uzun vadeli etkilerinin sistematik olarak araştırılmasını gerektirir.

ÖNERİ 2: DİRENÇLİLİK İÇİN KURUMLARININ OLUŞTURULMASI

Bu politik ekonomi ve koordinasyon zorluklarının üstesinden gelmek için çözümler nelerdir? Bunlar arasında altyapı dayanıklılığını yönetecek kurumların oluşturulması ve aktörlerin eylemlerini koordine etmelerine yardımcı olabilecek vizyonun tanımlanması yer almaktadır.

Eylem 2.1: Mevcut düzenleyici sistemlere dayanarak altyapı dayanıklılığına yönelik bütüncül bir hükümet yaklaşımının uygulanması

Farklı ülkeler altyapı dayanıklılığı konusunda farklı yaklaşımlar benimsemektedir, ancak ortak ilkeler yaygın olarak uygulanmaktadır. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD 2019) tarafından yayınlanan *Kritik Altyapı Direnci için İyi Yönetişim*'de ayrıntılı olarak tartışılan bu ilkeler, risklerin yönetişimine ilişkin tipik tavsiyelerle uyumludur.⁽¹⁾

Uzmanlar arasında, hükümetlerin kritik altyapıların dayanıklılığını sağlamada kilit bir role sahip olduğu ve tüm hükümet yaklaşımını benimsemeleri gerektiği konusunda bir fikir birliği vardır. Bu yaklaşım, çok sayıda kritik sektörde altyapı hizmetleri sunumunu ve düzenlemeleri denetleyen sektörel bakanlık ve kurumların yanı sıra tehlike ve tehditlere karşı dayanıklılıktan sorumlu olanları da kapsamaktadır. Aynı zamanda yerel yönetimleri, özellikle de birçok ülkede içme suyu tedarikinden ve kentsel ulaşım ve taşımacılığın yönetiminden sorumlu olan belediyeleri de içerir.

Risk yönetiminin koordinasyonunu iyileştirmek için en yaygın çözüm, bilgi alışverişi, koordinasyon ve belki de risk yönetimi tedbirlerinin uygulanmasından sorumlu mevcut bir çok bakanlıklı kurumun (veya gerekiyorsa yeni bir kurumun) yerleştirilmesidir. Birçok ülkede afet risk yönetimi veya ulusal güvenlik konularının koordinasyonundan sorumlu kurumlar vardır ve bu kurumlar altyapı dayanıklılığıyla ilgili konuları da ele alabilirler. Örneğin Fransa'da başbakana bağlı Savunma ve Ulusal Güvenlik Genel Sekreterliği, çoklu tehlike yaklaşımını kullanarak sekiz bakanlık arasında kritik altyapı için dayanıklılık politikasını koordine etmektedir.

Kritik altyapıdan sorumlu kuruma bilgi toplamak, değerlendirme yapmak ve belirli eylemleri uygulamak ve diğerlerini yasaklamak için özel yetkiler verilebilir. Örneğin, ülkeyi sabotaj ve casusluktan korumayı amaçlayan yakın tarihli Avustralya Kritik Altyapı Güvenliği Yasası, kritik altyapı varlıklarının bir sicilinin oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Yasa ayrıca İçişleri Bakanlığı bakanına, ulusal güvenliğe herhangi bir riskin bir varlıkla ilişkili olup olmadığını belirlemek için bu varlıklar hakkında bilgi talep etme hakkı vermektedir. Bakan, "güvenliğe zarar verecek bir eylem veya ihmal riski" varsa belirli eylemleri uygulayabilir veya yasaklayabilir. Altyapı dayanıklılığından sorumlu bir kurumun uygun şekilde personel istihdam etmesi ve finanse edilmesi gerekmektedir.

Ancak, düşük kapasiteli ülkelerde öncelikli olması gereken sektörlerden sorumlu düzenleyici kurumların yerini alamaz ve almamalıdır (bkz. Bölüm 9). Çeşitli kararların veya düzenlemelerin sektörler arasında koordine edilmesi gerekir, ancak bunların tasarımı ve pratikte uygulanması, diğer düzenlemelerle tutarlılığı sağlamak ve çatışmaları önlemek için her bir sektör regülatörü tarafından daha iyi yürütülür. Pratikte uygulama, bir altyapı sektörünün düzenlenmesinin doğrudan hükümet tarafından mı, bağımsız bir kurum tarafından mı yoksa sözleşme yoluyla mı yürütüldüğüne bağlı değişecektir (Eberhard 2007).

Eylem 2.2: Kritik altyapının belirlenmesi ve kabul edilebilir ve tahammül edilemez risk seviyelerinin tanımlanması

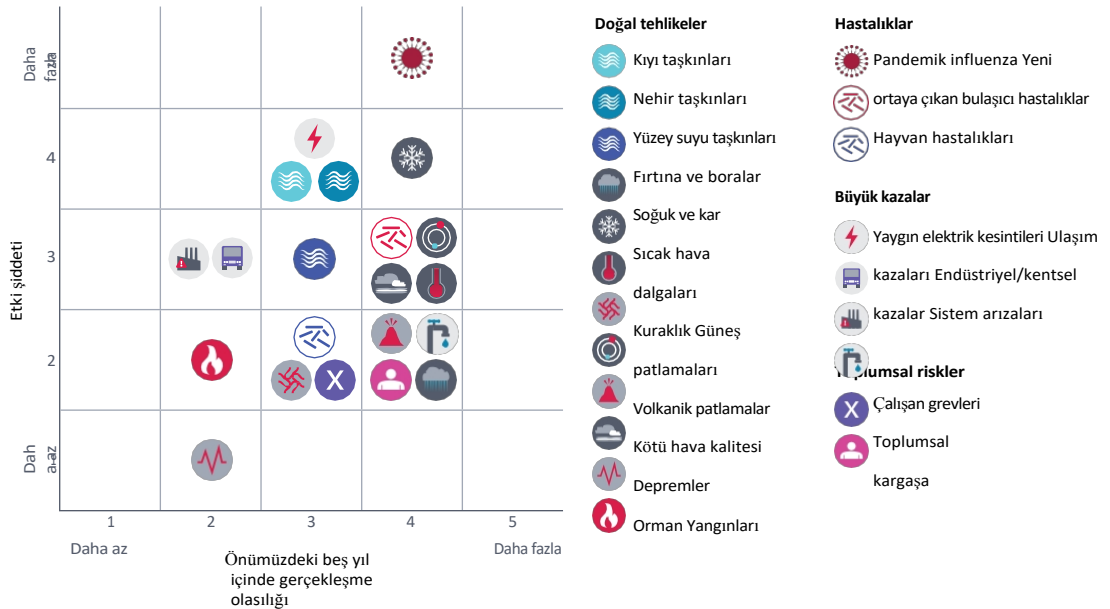
Kabul edilebilir bir maliyetle altyapı dayanıklılığı oluşturma görevi, kritik altyapının -yani "ekonominin işleyişi ve halkın refahı için temel hizmetleri sağlayan sistemler, varlıklar, tesisler ve ağların- belirlenmesiyle başlar.

tion" (OECD 2019, 47). Bu, kritik altyapı varlıklarının ve sistemlerinin kırılganlığının ve olası aksaklıkların sonuçlarının değerlendirilmesini gerektirir, böylece hükümet eylemleri önceliklendirebilir. Bölüm 7, bir altyapı ağındaki en önemli varlıkları belirlemek veya ağın dayanıklılığını artırmak için en çok işe yarayacak ek altyapıyı tanımlamak için kritiklik analizlerinin kullanımını göstermektedir.

Birleşik Krallık ve diğer birçok ülke, riskin türü ve kaynağı ne olursa olsun (doğal, teknolojik, terörist veya diğer) karşı karşıya oldukları temel riskleri değerlendirmek için düzenli ulusal risk değerlendirmeleri (Şekil 10.1) yapmaktadır. Değerlendirmeler benzer yaklaşımlara dayanmaktadır: risklerin tanımlanması, senaryoların oluşturulması, risklerin olasılığı veya akla yatkınlığı ve etkilerinin değerlendirilmesi ve ulusal bir risk matrisinin oluşturulmasının sağlanması.

Bir risk matrisi ana riskleri özetler ve bunları etki olasılıklarına ve ciddiyetlerine göre düzenler. Düzenli ulusal risk değerlendirmeleri, çeşitli kurumların risk yönetiminin kalitesini değerlendirmek için de kullanılabilir

ŞEKİL 10.1 Birleşik Krallık ulusal risk matrisi



Kaynak: Birleşik Krallık Kabine Ofisi 2017.

ve kuruluşları (yerel yönetimler ve onların arazi kullanım planları dahil) risk denetimleri ve kıyaslama yoluyla bilgilendirir. Sonuçlar her yıl ülkenin yasama organına raporlanarak politika yapıcıların kritik altyapı sorunları konusunda farkındalıkları artırılabilir.

Daha sonra, hükümetin potansiyel etki ve olasılığa dayalı olarak kabul edilebilir risk düzeyine ilişkin ortak bir vizyon tanımlaması ve afet risk yönetimi ve altyapı finansmanı için mevcut kaynakları belirlemesi gerekmektedir. Gerçekten de, sistemler arasındaki önemli karşılıklı bağımlılıklar nedeniyle, altyapı sisteminin çeşitli bileşenlerine tutarlı bir direnç düzeyi uygulamak daha uygun maliyetlidir. Su temini ya da ulaşım sistemi sık sık meydana gelen tehlikelerle baş edemiyorsa bir hükümetin elektrik sistemini yüksek düzeyde dayanıklı hale getirmek için büyük kaynaklar yatırması mantıklı olmayacaktır. Bunun yerine, etkileşim halinde olan sistemler için benzer bir dayanıklılık seviyesini hedeflemek daha etkilidir. Hedef bir dayanıklılık seviyesi kullanmak, çeşitli yatırımların getiri oranlarını eşitlemeye çalışmaktansa, yatırımları sektörler arasında verimli bir şekilde tahsis etmenin daha pratik bir yoludur.

Kabul edilebilir riskler genellikle sonuçları yönetilebilen veya uygun bir maliyetle önlenemeyen risklerdir. Bu riskler gerçekleştiğinde, bir altyapı sisteminin zarar görmesi ve hizmetlerinin kesintiye uğraması, bunun da ekonominin geri kalanı için sonuçlar doğurması beklenir. Örneğin, özellikle düşük gelirli ülkelerde üçüncül yollar için genellikle önemli bir artık riskin kabul edilmesi gerekir, çünkü uzunlukları bu yolların belirli bir noktadan sonra güçlendirilmesini ekonomik olmaktan çıkarır. Bu risklerin kabul edilebilir olması, göz ardı edilebilecekleri anlamına gelmez. Hükümetlerin, altyapı işletmecileri, hane halkları ve işletmeler için acil durum müdahalesi ve muhtemelen mali destek de dahil olmak üzere, kaçınılmazı mümkün olmayan afet ve aksaklıklara karşı hazırlıklı olması gerekir.

Buna karşılık, bir riskin gerçekleşme olasılığı ve potansiyel etkisi çok ve önleme maliyeti karşılanabilir düzeydeyse, bu risk *tahammül edilemez olarak kabul edilir*. Örneğin, büyük bir köprü veya tünel gibi büyük ulaşım altyapısı, fırtınalar veya orta şiddetteki depremler nedeniyle bozulmaya ve çökmeye karşı hassas olamaz çünkü bu tür olayların insani ve ekonomik etkileri kabul edilemez olacaktır. Eğer büyük bir otoyol yerel sel baskınları nedeniyle yılda birkaç kez kapanmak zorunda kalırsa, bu kesintilerin büyük bir ekonomik etkisi olacaktır. Bu kabul edilemez hassasiyetler, *beklenen asgari hizmet seviyesi* olarak da yeniden çerçevelendirilebilir.

Altyapı sistemleri için kabul edilebilir ve kabul edilemez risk tanımlarının dört önemli ilkeye bağlı kalması gerekir.

İlk olarak, bu risklerin tanımlanmasına yönelik yaklaşım açık ve katılımcı olmalı, bilim insanları, altyapı hizmet sağlayıcıları, altyapı hizmet kullanıcıları ve politika yapıcılar arasında yakın işbirliği ile karakterize edilmelidir. Bilim insanları ve diğer uzmanlar tek başlarına hangi risklerin kabul edilebilir olduğunu tanımlayamazlar; bunu yapacak meşruiyetten yoksundurlar. Politika yapıcılar da yapamaz; genellikle teknik uzmanlıktan yoksundurlar. Katılımcı bir yaklaşıma güvenmek, uygun verilerin ve kaygıların gereken şekilde dikkate alınmasını sağlar ve çeşitli bağımsız aktörlerin karar alma süreçlerine dayanak oluşturacak vizyon konusunda farkındalık yaratmaya ve bir fikir birliği oluşturmaya yardımcı olur.

İkinci olarak, risk almak bazen alınan riski haklı çıkaracak faydalar sağlar. Risk yönetimi kalkınmanın önünde bir engel haline gelmemelidir (Dünya Bankası 2013). Bazı kırsal bölgelerde suya yakınlık daha ucuz ulaşım imkanı sunmakta ve düzenli sel baskınları tarımsal verimliliği artırmaktadır (Loayza . 2012). İnsanlar, ihracata dayalı sanayilerdeki iş fırsatlarından faydalanmak için riskli kıyı bölgelerine yerleşebilir. Şehirler bazı tehditlere kırsal alanlardan daha fazla maruz kalsa bile iyi iş ve hizmetler insanları şehirlere çekebilir. İnovasyon büyümeyi sağlar, ancak neredeyse her zaman risk içerir. Risk alma, ekonomik büyümenin itici güçlerinden biridir.

ve suç teşkil edecek şekilde bastırılmamalıdır (Hallegatte 2017).

Üçüncü olarak, bu risklerin tanımları yerel bağlamı ve mevcut kaynaklarla karşılaştırıldığında dayanıklılığın maliyetini göz önünde bulundurmalıdır. Farklı gelir seviyelerindeki ülkelerin aynı dayanıklılık seviyesini karşılaması pek mümkün değildir ve tüm ülkeler kısa vadede aynı dayanıklılık seviyesini hedefleyemez. Ayrıca, farklı risklere maruz kalan ülkeler farklı dayanıklılık seviyelerine ulaşmayı hedefleyebilir; kasırgalardan düzenli olarak etkilenen küçük bir ada, kaynaklarının daha büyük bir kısmını ortalama bir ülkeye göre dayanıklılığa ayırabilir. Japonya ve Hollanda gibi yüksek derecede maruz kalan zengin ülkeler, aynı gelir düzeyindeki diğer ülkelere kıyasla selden korunma ve dayanıklılığı artırma girişimleri ve düzenlemeleri için çok daha büyük miktarlar harcamaktadır.

Dördüncü olarak, altyapı varlıkları için kabul edilebilir risk seviyelerinin tanımı geleceğe bakmalıdır. Ekonomik büyüme ve teknolojik birlikte kaynaklar, tercihler ve standartlar değişecek ve muhtemelen dayanıklılık için daha güçlü bir talebe ve daha düşük bir arıza riskine yol açacaktır. Bu değişiklikler uzun ömürlü altyapı tasarımı için bir zorluk teşkil edecektir. Bir alt yapı varlığının tasarlandığı ve inşa edildiği sırada kabul edilebilir bir risk seviyesi, 30 yıl sonra varlığın yalnızca yarı ömrünü tamamlayacağı zaman kabul edilemez hale gelebilir. Uzun ömürlü sistemlerin tasarımında, *pişmanlık potansiyeli* kritik bir ölçüttür ve bir varlığın mevcut durumun önerdiği noktanın ötesinde güçlendirilmesini haklı gösterebilir².

Eylem 2.3: Dayanıklı altyapıya eşit sağlanması

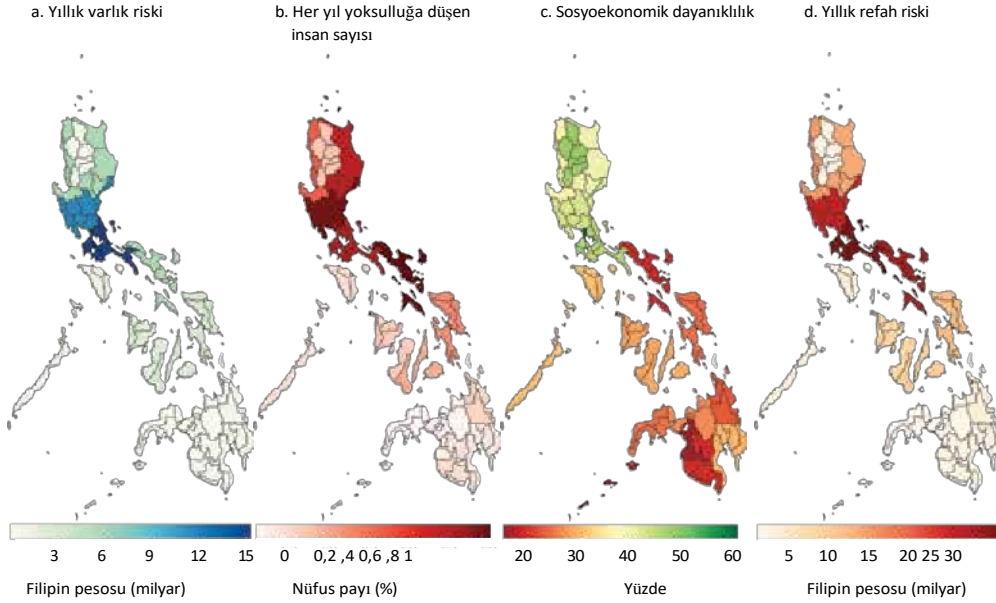
Dayanıklılıkla ilgili kararlar sadece ekonomik mülahazalarla alınamaz. Aslında, ekonomik kayıplar, altyapı kaynaklı olanlar da dahil olmak üzere afetlerin birçok etkisinin sadece bir kısmıdır. Bu nedenle, altyapı direncinin güçlendirilmesipotansiyel risklerin daha eksiksiz bir değerlendirmesi ile yönlendirilmelidir.

ve -özellikle hassas ve marjinal nüfus grupları için- aksaklıkların etkileri.

Her şeyden önce, potansiyel can kaybının herhangi bir risk analizine dahil edilmesi önemlidir. Elbette altyapı kesintileri, elektriklerle çalışan tıbbi cihazlara bağımlı olanlar veya tıbbi destekli doğuma acil erişime ihtiyaç duyan hamile kadınlar gibi bazı insanlar için hayati tehlike oluşturabilir (bkz. Bölüm 3). Hollanda'da, sel savunmaları (kıyı, göl ve nehirler boyunca) için standartları belirleyen 2015 tarihli Hollanda Su Yasası, can kaybını açıkça göz önünde bulundurmaktadır. Yeni taşkın savunma standardının başlangıç noktası, her vatandaşın aynı (asgari veya temel) koruma seviyesine güvenebilmesi gerektiğidir. Bu koruma seviyesi "yerel bireysel risk" olarak ifade edilir - yani belirli bir yerde sürekli olarak bulunan bir bireyin sel nedeniyle ölme ihtimali. Bu riskleri değerlendirmenin yasal dayanağı, hükümete "toprağın yaşanabilirliğini ve çevrenin korunmasını ve iyileştirilmesini sağlama" görevini yükleyen Hollanda Anayasası'nın 21. Maddesidir.

Ekonomik kayıplar aynı zamanda afetlerin yoksul insanlar üzerindeki etkisini de gizlemektedir (Hallegatte vd. 2017). Zenginlerin kaybedecek daha fazla varlıkları ve gelirleri olduğundan, ekonomik kayıpların değerlendirilmesinde onların çıkarları baskındır. Yalnızca potansiyel ekonomik kayıplar göz önünde bulundurulduğunda, altyapının dayanıklılığı ya da doğal riskleri azaltmaya yönelik yatırımlarla ilgili kararlar, bir ülkenin ya da şehrin en zengin bölgelerini tercih etme eğiliminde olacaktır. Yoksulların genellikle kaybedecek çok az şeyi olmasına rağmen, tüketimlerini sürdürürken ve altyapı kesintileriyle başa çıkarken gelir şoklarını yumuşatacak kaynak ve araçlardan yoksundurlar. Dolayısıyla, afetlerden sonra gıda, sağlık hizmetleri ve eğitim tüketiminden vazgeçme olasılıkları zenginlere göre daha yüksektir.

Dayanıklılığın nüfus genelinde adil bir şekilde dağıtılmasını sağlamak için bir seçenek, afetlerin ve altyapı arızalarının etkilerini, aşağıdaki unsurları hesaba katan bir ölçüt kullanarak ölçmektir

HARİTA 10.1 Filipinler'deki farklı doğal risk ölçümleri, müdahaleler için farklı öncelikleri vurgulamaktadır

Kaynak: Walsh ve Hallegatte 2019.

etkilenen nüfusun sosyoekonomik durumu (Hallegatte . 2017). Filipinler'de yakın zamanda yapılan bir analizde (1) geleneksel varlık kayıpları; (2) yoksulluk sayımı gibi yoksullukla ilgili ölçütler; (3) yoksul ve zengin haneler üzerindeki etkinin dengeli bir şekilde değerlendirilmesi için refah kayıpları ve (4) nüfusun varlık kayıplarıyla başa çıkma ve bu kayıpları telafi etme becerisini ölçen bir gösterge olan sosyoekonomik dayanıklılık kullanılarak bölgesel düzeyde afet risklerinin çok ölçütlü bir değerlendirmesi yapılmıştır (Walsh ve Hallegatte 2019).

Öncelikli müdahaleler - hem mekansal (nerede harekete geçilmeli?) hem de sektörel (nasıl harekete geçilmeli?)- afet şiddeti için hangi ölçütün kullanıldığına büyük ölçüde bağlıdır (harita 10.1). Filipinler'de, afet etkilerinin ana ölçütü varlık kayıpları ise, en önemli müdahaleler Manila bölgesinde gerçekleştirilecektir. Politika hedefleri yoksulluk insidansı ve refah kayıpları açısından ifade edilirse diğer bölgeler öncelikli hale gelir. Değerlendirmeler

Ulusal riskin ve kritik altyapının tanımlanmasının birden fazla politika hedefini hesaba katması ve bu nedenle varlık kayıplarının ötesine geçen bir dizi metrik kullanması gerekir.

Satın alınabilirlik sorunları, altyapı hizmetlerine evrensel erişim ve 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine ulaşılması için doğrudan bir tehdittir ve dayanıklılığı artırıcı yatırımlardan kaynaklanan yüksek maliyetler bu önemli politika hedeflerini olumsuz etkileyebilir. Bazı yerlerde elektriğin perakende satış fiyatı halihazırda yüksektir, bu da şebekeye bağlı olan ancak karşılayamayan bazı evlerin kalmasına neden olmaktadır. Diğer yerlerde altyapı hizmetleri, karşılanabilirliği sağlamak için büyük ölçüde sübvansede edilmektedir, ancak bu sübvansiyonlar, hizmet sağlayıcıların yeni yatırım yapma ve mevcut altyapı varlıklarını sürdürme kabiliyetleri üzerinde beklenmedik sonuçlar doğurabilir. Daha dayanıklı altyapı sistemlerine yönelik düzenlemeler ya da mali teşviklerin tetikleyeceği fiyatlardaki büyük artışlar bu sorunu büyütebilir

KUTU 10.2 Tarifelerin yapısı ve hedeflenen sübvansiyonlar, altyapı hizmetlerinin esnekliğinin erişim pahasına iyileştirilmesini sağlamaya yardımcı olabilir: Toplu taşıma örneği

Toplu taşıma, fiyat sübvansiyonlarının yaygın olduğu bir sektör olup, iş ve hizmetlere erişimi artırmanın pozitif dışsallığı ve toplu taşımanın trafik sıkışıklığı ve hava kalitesi açısından faydaları ile gerekçelendirilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde büyük toplu taşıma sistemlerinin ücretlerden elde ettiği ortalama gelir, toplam giderlerin yaklaşık yüzde 35'i kadardır; bu da işletme giderlerinin geri kalan yüzde 65'inin başka bir yerden karşılanması gerektiği anlamına gelmektedir.

Günümüzde gelişmiş hedefli sübvansiyon programları, modern elektronik ücret sistemlerine ve faydalanıcı nüfusun tanımlanması ve hedeflenmesine yönelik sofistike metodolojilere dayanabilmektedir. Özellikle akıllı kartların kullanımı, hükümetlerin arzdan ziyade talebi hedefleyen sübvansiyonlar yapılandırmasına olanak sağlamıştır. Akıllı kartlar kişiselleştirilebilir ve akıllı kart aracılığıyla sağlanan sübvansiyonlar farklı yapılarda olabilir. Örnekler arasında sabit oran

veya günün saati veya güzergah türü gibi bireysel yolculukların özelliklerine bağlı olarak farklı indirimler.

Şubat 2014'te Bogota "yoksul yanlısı" bir ulaşım sübvansiyon programını uygulamaya koymuştur. Program, Bogota'nın toplu taşıma sistemleri tarafından akıllı kartların aşamalı olarak benimsenmesine ve ülkenin yoksulluk hedefleme sistemini ve veri tabanını (Sistema Nacional de Selección de Beneficiarios veya SISBEN) kullanan diğer yoksulluk hedefleme girişimleri (şartlı nakit transferi programları gibi) ile ilgili ulusal deneyimlere dayanmaktadır. "SISBEN 1 ve 2 kullanıcıları" olarak tanımlanan faydalanıcılar, ayda 21 yolculukla sınırlandırılmış yüzde 40 indirimli bir ücret anlamına gelen bir toplu taşıma sübvansiyonu alabilmektedir. İyi hedeflenmiş sübvansiyonlar, en yoksulların erişimini tehdit etmeden, daha fazla maliyet geri kazanımı ile kentsel ulaşımı finanse etmeyi kolaylaştırır.

Kaynak: Mehndiratta, Rodriguez ve Ochoa 2014.

ve potansiyel olarak eleştiri ve muhalefet çekecektir. Ancak, bu raporun II. bölümünde tartışıldığı üzere, daha yüksek esneklik elde etmek için altyapı hizmet maliyetlerindeki artışın sınırlı olması ve dolayısıyla satın alınabilirlik ile maliyetin karşılanması arasındaki mevcut dengeyi kökten değiştirmemesi beklenmektedir. Sonuç olarak, toplu taşıma örneğinde olduğu gibi (kutu 10.2), bu dengeyi yönetmek için olağan tavsiyeler geçerli olacaktır.

NOTLAR

1. Bkz. örneğin, Renn (2008, 2017); Wiener ve Rogers (2002); ve Dünya Bankası (2013).
2. *Pişmanlığın* bir karar verme kriteri olarak kullanılması geleceğin planlanmasına yardımcı olabilir (bkz. Bölüm 12).

REFERANSLAR

Aloul, F., A. R. Al-Ali, R. Al-Dalky, M. Al-Mardini ve W. El-Hajj. 2012. "Akıllı Şebeke Güvenliği: Tehditler, Zafiyetler ve Çözümler." *Uluslararası Akıllı Şebekeler ve Temiz Enerji Dergisi* 1 (1): 1-6.

Burby, R. J., A. C. Nelson, D. Parker ve J. Hand-mer. 2001. "Kentsel Çevreleme Politikası ve Doğal Tehlikelere Maruz Kalma: Bir Bağlantı Var mı?" *Journal of Environmental Planning and Management* 44 (4): 475–90. <https://doi.org/10.1080/09640560120060911>.

Burby, R. J., A. C. Nelson, ve T. W. Sanchez. 2006. "Sorunları ve Planlamanın Vaatleri." *Afet Sonrası Kentsel Mekanların Yeniden İnşası* içinde: *Lessons from Hurricane Katrina* içinde, 47-65. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.

Cleveland, F., ve A. Lee. 2013. "DER Sistemleri için Siber Güvenlik." Electric Power Research Institute, National Electric Sector Cybersecurity Organization Resource, Palo Alto, CA.

Damania, R., S. Desbureaux, M. Hyland, A. Islam, S. Moore, A.-S. Rodella, J. Russ ve E. Zaveri. 2017. *Keşfedilmemiş Sular: Su Kıtlığı ve Değişkenliğinin Yeni Ekonomisi*. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1179-1>.

Eberhard, A. 2007. "Gelişmekte Olan Ülkelerde Altyapı Düzenlemeleri: Hibrit ve Geçiş Modellerinin İncelenmesi." Çalışma Belgesi 4,

- Dünya Bankası, Washington, DC. <http://documents.worldbank.org/curated/en/528801468176332574/Infrastructure-regulation-in-developing-ülkeler-bir-araştırma-of-hibrit-ve-geçişli-modeller>.
- Hallegatte, S. 2017. "Kalkınma, Ekonomik Büyüme ve Doğal Risk Arasındaki Bağın Normatif Bir Araştırması." *Afet Ekonomisi ve İklim Değişikliği* 1 (1): 5-31. <https://doi.org/10.1007/s41885-017-0006-1>.
- Hallegatte, S., A. Vogt-Schilb, M. Bangalore ve J. Rozenberg. 2017. *Kırılmaz: Doğal Afetler Karşısında Yoksulların Dayanıklılığının Artırılması*. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1003-9>.
- Kunreuther, H., ve G. Heal. 2003. "Birbirine Bağlı Güvenlik." *Risk ve Belirsizlik Dergisi* 26 (2-3): 231-49. <https://doi.org/10.1023/A:1024119208153>.
- Loayza, N. V., E. Olaberria, J. Rigolini, ve L. Christiaensen. 2012. "Doğal Afetler ve Büyüme: Ortalamaların Ötesine Geçmek." *Dünya Kalkınma* 40 (7): 1317-36. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.03.002>.
- Mehndiratta, S. R., C. Rodriguez, ve C. Ochoa. 2014. "Toplu Taşımada Hedefli Sübvansiyonlar: Satın Alınabilirlik ile Finansal Sürdürülebilirliği Birleştirmek." Dünya Bankası, Washington, DC.
- OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı). 2019. *Kritik Altyapı Direnci için İyi Yönetişim*. OECD Risk Yönetimi Uygulamaları İncelemesi. Paris: OECD.
- Renn, O. 2008. "Risk Yönetişimi Üzerine Beyaz Kitap: Bütünleştirici Bir Çerçeveye Doğru." *Küresel Risk Yönetişimi* içinde, O. Renn ve K. D. Walker tarafından düzenlenmiştir, 3-73. Stuttgart: Springer. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-6799-0_1.
- . 2017. *Risk Yönetişimi: Karmaşık Bir Dünyada Belirsizlikle Başa Çıkmak*. Londra: Routledge.
- Birleşik Krallık Kabine Ofisi. 2017. "Birleşik Krallık Sivil Acil Durumlar Ulusal Risk Regülatörü." Birleşik Krallık Kabine Ofisi, Londra.
- Wagner, D. 2016. "Kritik Altyapılara Yönelik Siber Saldırı Tehdidi." Uluslararası Risk Yönetimi Enstitüsü, Dallas.
- Walsh, B. ve S. Hallegatte. 2019. "Filipinler'de Doğal Risklerin Ölçülmesi." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 8723, Dünya Bankası, Washington, DC. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-8723>.
- Wiener, J. B. ve M. D. Rogers. 2002. "Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'da Önlemlerin Karşılaştırılması." *Risk Araştırmaları Dergisi* 5 (4): 317-49. <https://doi.org/10.1080/13669870210153684>.
- Dünya Bankası. 2013. *Dünya Kalkınma Raporu 2014: Risk ve Fırsat-Kalkınma için Riski Yönetmek*. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-9903-3>.
- Zetter, K. 2016. "Ukrayna'nın Elektrik Şebekesinin Kurnazca, Benzeri Görülmemiş Bir Şekilde Hacklenmesi." *Wired*, 3 Mart.
- Zou, B., P. Choobchian ve J. Rozenberg. 2019. "Otonom Hareketlilik Sistemleri ve Siber Direnç: Tehditler, Güvenlik Açıkları ve Olası Direnç Artırıcı Stratejiler." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.

Dayanıklılık için Düzenlemeler ve Teşvikler Oluşturun

11

ENGEL	ÖNERİ	EYLEMLER
Dayanıklılığı artırmaya yönelik teşviklerin eksikliği	Esneklik için düzenlemeler ve teşvikler oluşturun	3.1: Ana planlarda, standartlarda ve dayanıklılık hedeflerinin dikkate alınması ve iklim değişikliğini hesaba katacak şekilde düzenli olarak ayarlanması 3.2: Esnek altyapı hizmetlerini teşvik etmek üzere hizmet sağlayıcılar için mali teşvikler oluşturulması 3.3: Altyapı düzenlemelerinin risk odaklı arazi kullanım planlarıyla tutarlı olmasını sağlamak ve gelişmeyi daha güvenli alanlara yönlendirmek

ENGEL: ALTYAPI SAĞLAYICILARININ EKSİKLİĞİ

KESİNTİLERDEN KAÇINMAYA VE KULLANICILARIN DAYANIKLILIĞINI GÜÇLENDİRMEYE YÖNELİK TEŞVİKLER

İdeal olarak, altyapı hizmetlerinin sağlayıcıları ve altyapı varlıklarını tasarlayan, inşa eden, işleten ve bakımını yapan kuruluşlar altyapı kesintilerinin tüm maliyetini üstlenecektir. Bu, sel ve fırtına gibi doğal şoklardan sonra ihtiyaç duyulan onarım ve ek bakım maliyetlerinin yanı sıra altyapı hizmetleri kullanıcıları için kesintilerin tüm maliyetinin karşılanmasını da içerecektir. Böylece hizmet sağlayıcılar, doğal tehlikeler de dahil olmak üzere kesintileri en aza indirmek için gereken teşviklere sahip olacaktır.

Ancak gerçekler farklıdır. Aşağıdaki vakaları ele alalım; bu vakalar, altyapı maliyetlerinin tamamı arasında bir uçurum olduğunu vurgulamaktadır

rupsiyonlar ve hizmet sağlayıcıların karşılaştığı teşvikler (tablo 11.1):

- Sabit bir bütçe ile çalışan bir karayolu ajansı için, bakım ve onarım maliyetlerini en aza indirecek şekilde yol inşa etmek için bir teşvik vardır, ancak işletmeler ve tedarik zincirleri üzerindeki etki gibi ulaşım aksaklıklarının tam maliyetini hesaba katmak için hiçbir teşvik yoktur.
- Bir ücretli yol kamu-özel ortaklığı (PPP) işletmecisi veya özel bir enerji üretim tesisi sahibi için, esnekliği dahil etmek için tipik olarak daha güçlü teşvikler vardır (nihai karar kesin sözleşme yapısına bağlı olsa da). Sadece onarım ve bakım maliyetlerini en aza indirmek değil, aynı zamanda varlık kullanılmadığında gelir kayıplarını da önlemek isterler. Öyle olsa bile, katlanılan maliyet gerçek etkiden daha azdır. Çünkü

TABLO 11.1 Dayanıklılık için teşviklerin varlığına (ve yokluğuna) ilişkin örnekler

Varlık tasarımı, inşası, bakımı ve işletilmesinde içselleştirilmesi gereken maliyetler	Altyapı varlıklarının esnekliği	Esneklik altyapı hizmetleri	Altyapı kullanıcılarının esnekliği	
	Doğal tehlikeler nedeniyle afet sonrası onarım maliyetleri (ve artan bakım)	Kesintiler sırasında gelir kaybı (varlığın için kullanıcı ücretleri kullanıldığında)	Altyapı kullanıcıları (veya diğer sistemleri) için refah veya gelir kayıpları	Altyapı varlıklarının insanların ve firmaların maruziyeti üzerindeki etkisi
				riske atmak
Bir kamu yol kurumu tarafından inşa edilen ve bakımı yapılan kırsal yol	□	X	X	X
Kamu-özel ortaklığı yoluyla özel bir aktör tarafından inşa edilen ve işletilen ücretli yol	□	□	X	X
Özel bir firma tarafından sahip olunan ve işletilen güneş enerjisi planı	□	□	X	X
Yakındaki yolların ve aşağı havzadaki su tesislerinin heyelan riskini azaltmak için yeniden ağaçlandırılabilen arazi	X	X	X	X

Not: □=varlığı; X= yokluğu.

Örneğin, 1 kilovat saatlik bir elektrik kesintisinin sosyal maliyeti, kesintiden kaynaklanan gelir kaybından en az yüzde 80 daha yüksektir (bkz. bölüm 3).

Daha da kötüsü, altyapı sahiplerinin veya işletmecilerinin, altyapının diğer insanların ve firmaların riske maruz kalmalarını nasıl etkileyeceğini veya altyapı aksaklıklarını yönetme kabiliyetlerini hesaba katmaları için hiçbir teşvik yoktur (tablo 11.1). Örneğin, bir karayolu kurumu taşkın yatağı üzerine bir yol inşa ederek yolun taşkınlarla başa çıkabilmesini sağlayabilir, ancak yolun yeni yerleşim yerlerini, işletmeleri ve yatırımları çekeceğini dikkate almayabilir. Yolun kendisi dirençli olsa da, toplumun ve geçim kaynaklarını ve ekonomik faaliyetlerini yeni altyapı etrafında inşa edenlerin direncini azaltabilir. Risk bilincine sahip arazi kullanım planlaması olmadan, altyapı sağlayıcılarının bu riskleri fark etmesi pek olası değildir. Fark etseler bile, riskli mekânsal gelişimin uzun vadeli maliyetlerine katlanmaları olası değildir. Ayrıca, doğaya dayalı çözümler ve yeşil altyapı, altyapı hizmetlerinin maliyetini verimli bir şekilde azaltabilir ve dayanıklılığı artırabilirken, ekosistemleri korumak veya restore etmek için genellikle çok az teşvik vardır.

Bir başka sorun da, bütçe ve kon- trüktürel düzenlemelerin yaşam döngüsü maliyetlerini ve afetle ilgili kayıpları en aza indirmeye yönelik teşviki daha da azaltabilmesidir. Örneğin, bir kamu karayolu kurumunda yatırım ve bakım bütçeleri ayrı olabilir, bu da daha düşük bakım ve onarım maliyetlerinin daha yüksek yatırım telafi etmesini zorlaştırır. Olağan bütçeleme süreçleri de bir engeldir, çünkü daha düşük bakım ve onarım maliyetlerinin faydalarının gerçekleşmesi, çok yıllık bütçelemenin bile zaman ufkunun çok ötesinde, on yıllar alabilir. Bir başka örnek de, bir varlığın inşa eden ya da işleten özel yüklenicinin o varlığın sahibi olmadığı ve dolayısıyla bir felaketten kaynaklanan onarım maliyetlerine maruz kalmayacağı tedarik ve sözleşme modelleridir. Böyle bir durum standart tedarikte veya "yap, devret, işlet" modelini izleyen KÖİ'lerde ortaya çıkabilir. Özel yüklenicinin varlığın sahibi olduğu durumlarda bile ("yap, işlet, devret" modellerinde olduğu gibi), varlığın devlete devri genellikle varlığın kullanım ömrünün bitiminden çok önce gerçekleşmektedir. Daha uzun süreli imtiyazların mümkün olduğu durumlarda bile (örneğin Fransa'daki Tours-Bordeaux yüksek hızlı tren hattı 50 yıllık bir imtiyaz sözleşmesi kapsamında inşa edilmiştir), özel yüklenici modelinde gözlemlenen yüksek iskonto oranı

sektör, uzun vadeli doğal tehlike ve iklim değişikliği risklerinin karar alma süreçleri üzerinde minimum etkiye sahip olacağı anlamına gelmektedir.

Ayrıca, bir afet meydana geldiğinde hükümetin geçici destek sağlayacağı beklentisi, harekete geçme güdülerini azaltabilir. Bir afet sonrasında hükümetler genellikle insanlara, firmalara ve altyapı sahiplerine ve işletmecilerine destek sağlar. Ancak afetlerden sonra kamu yardımı olasılığı bile ahlaki tehlike yaratarak risk yönetimini ve sigorta satın alımını caydırabilir ve bu ahlaki tehlike kaçınılmazdır. Krizler sırasında ve sonrasında destek sağlamak hükümetlerin ana görevlerinden biridir ve özellikle temel hizmetler (elektrik, su ve ulaşım gibi) tehlikeyken, sırf ahlaki tehlikeyden kaçınmak için afetten etkilenen bir bölgeden desteklerini çekmelerini beklemek gerçekçi değildir.

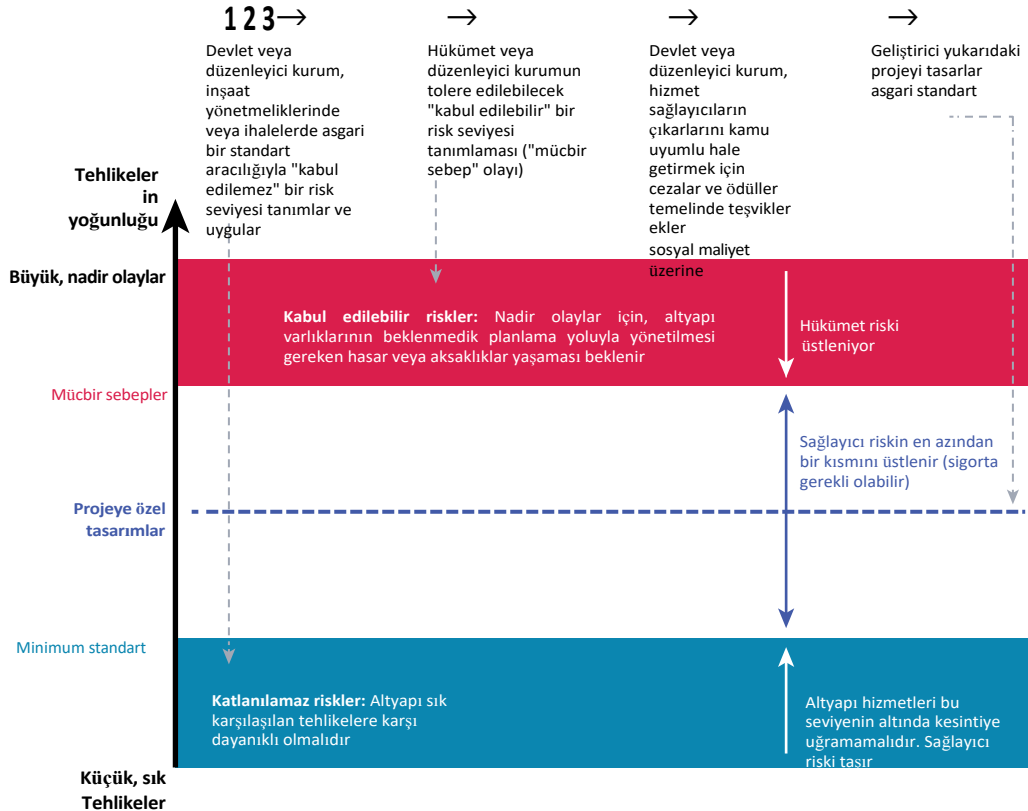
stake. Hükümetler her zaman bu altyapı sistemlerinin geri kazanımını destekleyecek ve kolaylaştıracaktır ve bu gerçeğin kabul edilmesi ve düzenleme ve teşviklerin tasarımında dikkate alınması gerekmektedir.

ÖNERİ 3: ESNEKLİĞİ DÜZENLEMELERE VE TEŞVİKLERE DAHİL EDİN

Kesintileri önlemek ve kullanıcıların direncini güçlendirmek için teşvik eksikliğinden kaynaklanan zorluklarla başa çıkmak için çözümler nelerdir? Cevap, şekil 11.1'de gösterildiği gibi, hükümetlerin altyapı hizmet sağlayıcılarının çıkarlarını kamu yararı ile uyumlu hale getirmek için tutarlı bir dizi düzenleme ve mali teşvik tasarlamasında yatmaktadır.

Bu nasıl yapılır? İlk olarak, her bir tehlike ve altyapı sistemi için, hükümetler veya düzenleyici

ŞEKİL 11.1 Altyapı hizmet sağlayıcıları için doğru dayanıklılık teşviklerinin oluşturulması, tutarlı bir dizi düzenleme ve mali teşvik gerektirir



törler asgari bir direnç standardı, yani altyapı varlıklarının herhangi bir hasar veya kesintiye uğramaması gereken bir tehlike yoğunluğu tanımlamalıdır. Örneğin, tüm yollar 20 yıllık dönüş periyoduna sahip bir yağış olayıyla başa çıkabilmelidir. İkinci olarak, mücbir sebep veya kabul edilebilir risk seviyesini, yani altyapı arızalarının tolere edilmesi gereken seviyeyi tanımlamaları gerekir. Bu seviyenin ötesinde, doğal bir tehlikeden kaynaklanan risk genellikle kamu sektörü tarafından desteklenir. Bu seviyenin altında, riskin en azından kısmı genellikle altyapı varlığının sahibi veya işletmecisi tarafından desteklenir. Üçüncü olarak, altyapı varlığı sahibinin ya da işletmecisinin çıkarlarını kamu çıkarlarıyla hale getirmek için doğru teşvikleri yaratmaları gerekir. Bu, örneğin altyapı işletmecisinin aksaklıklar için, bu aksaklıkların sosyal maliyetine göre ayarlanmış bir tutarda cezalandırılmasıyla sağlanabilir. Bu düzenlemelere, teşviklere ve risk dağılımlarına dayanarak, proje geliştiricileri ve varlık sahipleri stratejilerini, varlıklarının istenen esneklik seviyesini ve uygun bir tasarımı belirleyebilirler.

Eylem 3.1: Ana planlarda, standartlarda ve yönetmeliklerde dayanıklılık hedeflerini göz önünde bulundurun ve bunları iklim değişikliğini hesaba katacak şekilde düzenli olarak ayarlayın Altyapı hizmetlerinden sorumlu kurumlar, yatırım programlarını ve mali ihtiyaçlarını **belirlemek** için genellikle beş yıllık bir döngüde düzenli ana planlama çalışmaları yürütürler. Bu ana planlama çalışmaları, sistemlerinin çeşitli doğal tehlikelere ve iklim değişikliğine karşı kırılganlığını azaltmak için mevcut planların ve seçeneklerin dayanıklılığını açıkça göz önünde bulundurmalıdır.

Standartlar ve yönetmelikler iklim koşullarını, jeofiziksel tehlikeleri, iklim değişikliğini ve diğer çevresel ve sosyoekonomik eğilimleri dikkate almalıdır. Dayanıklılıkla ilgili standartlar birçok şekilde ifade edilebilir; bir yandan basitlik ve uygulanabilirlik, diğer yandan özgüllük ve uyum arasında ödünleşim söz konusudur.

diğer yandan yetenek. Yol menfezlerinin dayanması gereken yağış miktarı (milimetre cinsinden) gibi altyapıya uygulanan çok spesifik standartların uygulanması ve yürürlüğe konması kolaydır, ancak bunlar bağlama özgü değildir ve yerel olarak uygunsuz olabilir. Altyapı varlıklarının yerel tehlikelerle başa çıkabilmesini sağlamak için, her bölge ve geniş varlık kategorileri için standartlar geliştirilebilir - örneğin, birincil ve ikincil ve üçüncül yollar. Dağlık bir bölgedeki tüm ana yolların belirli bir yağış miktarıyla başa çıkabilmesi gerekebilir. Daha da iyisi, standart varlığa ve konuma özel olabilir. Örneğin, yolların belirli bir dönüş olaylara dayanması istenebilir ve kesin seviye yolun kritikliğine göre belirlenebilir.

İklim değişikliği ve diğer uzun vadeli çevresel eğilimler nedeniyle standartların ve yönetmeliklerin düzenli olarak revize edilmesi gerekmektedir (kutu 11.1). Vallejo ve Mullan'a (2017) göre, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkelerinin yaklaşık üçte biri, iklim değişikliğine uyumu hesaba katmak için en az bir zorunlu ulusal altyapı standardını revize etmektedir, ancak düşük ve orta gelirli ülkelerde benzer süreçler eksiktir. Örneğin İsveç, 2008 yılında yol drenaj standardını güncellemiş ve iklim değişikliği nedeniyle gelecekte beklenen yağış artışıyla başa çıkmak için bir iklim güvenlik faktörü getirmiştir. Benzer şekilde Avrupa Komisyonu, Centre Européen de Normalisation'iklim değişikliğini özellikle ulaşım ve enerji altyapısı için Avrupa inşaat mühendisliği teknik standartlarına (Eurocodes) dahil etme yetkisi vermiştir (European Commission 2014). Birçok ulusal standart kuruluşu, altyapı için iklim değişikliği ve dayanıklılık hususlarını içeren risk yönetimi kılavuzları hazırlamıştır (British Standards Institution 2011; Council of Standards Australia 2013; U.S. National Institute of Standards and Technology 2015). Ve

KUTU 11.1 İklim değişikliğiyle birlikte, standartların ne zaman ve nerede revize edilmesi gerekir?

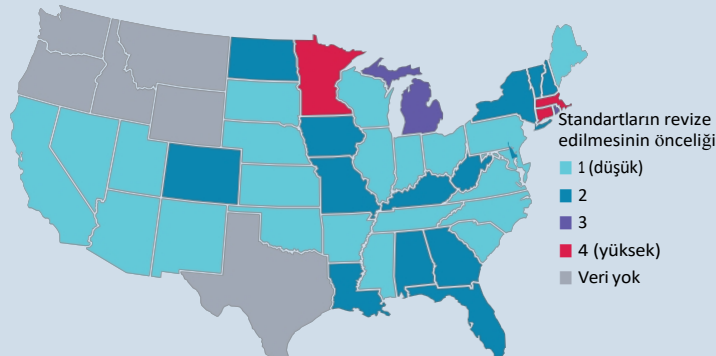
Amerika Birleşik Devletleri'nde yağmur suyu altyapısı, yağış sıklığına ilişkin hükümet belgeleri kullanılarak tasarlanmakta ve eyaletlerin risk ve maliyetleri dengeleyen Ulaştırma Bakanlığı (DOT) yönergeleri tarafından bilgilendirilmektedir. Bununla birlikte, hem hükümetin yağış belgeleri hem de eyaletlerin DOT yönergeleri seyrek olarak güncellenmekte, bu da yağış modellerinin zaman içinde değiştiği bölgelerdeki riskleri artırmaktadır. Lopez-Cantu ve Samaras (2018, 48 bitişik ABD eyaleti ve Columbia Bölgesi için YOT tasarım kılavuzlarını gözden geçirmiş ve benzer karayolları ve altyapı türleri için önerilen geri dönüş süresi standartlarının tasarımında büyük farklılıklar bulmuştur.

Çeşitli tasarım kılavuzlarında kullanılan yağış modelleri ve yoğunlukları zaman içinde değişmektedir, bu da yağış sıklığı belgelerinin en son güncellemesinden önce kurulan yağmursuyu altyapısının mevcut ve gelecekteki iklim koşulları için yetersiz kalabileceğini göstermektedir. Lopez-Cantu ve Samaras (2018), her bir karayolu ve altyapı türü için eyaletlerin DOT tasarım fırtına değerlerini karşılaştırarak

Her eyaletin gerekliliklerinin göreceli sıklığını değerlendirmek için her iklim bölgesi. Bu endeks değerleri, yağış sıklığı tahminlerinde gözlenen değişim ve her eyaletin tasarım el kitabının yayınlanma tarihi kullanılarak, bu araştırma, zaman içinde başlangıçta amaçlanan tasarım performansını korumak için yağmur suyu standartlarının revizyonuna öncelik vermesi gereken eyaletleri belirlemektedir (25 yıllık dönüş periyodu olayı için B11.1.1 haritasına bakınız). Tüm dönüş periyotları dikkate alındığında, sekiz eyaletin yağmursuyu standartlarının derhal revize edilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Buna ek olarak, bu eyaletler mevcut altyapının gözlemlenen yağış artışlarını yönetmek için ek uyarlanabilir kapasiteye ihtiyaç duyup duymadığını değerlendirmektedir.

İklim değişikliği senaryosu altında 2050 yılına bakıldığında, böyle bir revizyonun önceliği tüm eyaletler için daha acil hale gelmektedir. Standartların sıklığını artırmanın altyapı maliyeti ile gelecekteki hasarların beklenen maliyetini karşılaştıran yerel değerlendirmeler gerekli olsa da, yağmur suyu standartlarını gözlemlenen yağış artışlarını kapsayacak şekilde revize etmek pişmanlık duyulmayacak bir seçenektir.

HARİTA B11.1.1 Bazı ABD eyaletlerinde yağmur suyu altyapı standartlarının revize edilmesi aciliyet arz etmektedir



Kaynak: Lopez-Cantu ve Samaras 2018.

Not: Harita, 25 yıllık dönüş periyodunda gözlemlenen değişikliklere göre, yağmur suyu altyapı standartlarını revize etmek için her bir eyalete verilen önceliği (1 en düşük, 4 en yüksek) göstermektedir. Ocak 2018 itibarıyla, gri renkteki eyaletler Ulusal Okyanus ve Atmosfer Örgütü'nün Atlas 14 yağış sıklığı tarafından kapsanmamıştır ve bu nedenle analize dahil edilmemiştir.

2015 yılında Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO), kırılganlık değerlendirmesi, uyum planlaması ve uyum izleme ve değerlendirmesine yönelik standartlar geliştirmek üzere Uyum Görev Gücü'nü oluşturmuştur (ISO 2015).

Dayanıklılıkla ilgili düzenlemeler, gözlemlenen performans kullanılarak sonuç göstergelerine de dayandırılabilir. Örneğin, elektrik dağıtım şirketlerinin elektrik kesintilerini yılda belirli bir saatin altına indirmeleri gerekebilir. Fransa'da elektrik dağıtım şirketi, elektrik kesintilerini yılda ortalama bir uzun kesinti (üç dakikadan uzun) ve beş kısa kesinti ile sınırlandırmayı taahhüt etmektedir. Sonuç temelli düzenlemelerin temel avantajı, risk değerlendirmesini altyapı operatörlerine bırakmaları ve iklim değişikliğine göre otomatik olarak ayarlanmalarıdır. Ancak, bu tür gözlemlenen sonuçlar nadir görülen şoklara (100 yıllık geri dönüş periyoduna sahip bir kasırga gibi) uygulanamaz çünkü böyle bir olay düzenli olarak gözlemlenemez. İnşaat kodlarına dayanan girdi tabanlı veya süreç tabanlı yaklaşımlar, istisnai olaylara uygulanabilecek tek yaklaşımlardır.

Bazen altyapı hizmetleri kullanıcılarının kesintileri yönetebilmelerini sağlamak, tüm kesintileri önlemekten daha kolaydır (bkz. Bölüm 8). Sonuç olarak, düzenlemeler sadece destekleyicilere değil, altyapı hizmetlerinin belirli kullanıcılarına da uygulanabilir. Örneğin, hastanelerin belirli bir süre boyunca elektrik ve su kesintileriyle başa çıkabilmeleri için jeneratörlere ve su depolarına yatırım yapmaları gerekebilir, böylece önlenmesi çok pahalı olacak altyapı kesintilerinin azaltılabilir.

Firmalar ayrıca altyapı kesintilerinin maliyetini azaltmak için iş sürekliliği planlarını (BCP'ler) benimseyebilirler. Örneğin, Japonya'nın sanayi dayanıklılığına yönelik politika ve kurumsal çerçevesi olan Temel Afet Müdahale Planı, şirketlerin afet meydana geldiğinde oynamaları beklenen rolü tanımlarını, bir doğal afetten kaynaklanan kendi risklerini anlamalarını ve risk yönetimi uygulamalarını gerektirmektedir.

ve şokların sonuçlarını en aza indirmek için bir BCP geliştirmelidir. 2012 Japonya Yeniden Canlandırma Stratejisi, 2020 yılına kadar büyük firmaların yüzde 100'ü ve küçük ve orta ölçekli işletmelerin yüzde 50'si için BCP oluşturma hedefleri koymaktadır.

Hane halkları, altyapı kesintileriyle başa çıkabilmek için daha hazırlıklı olmak adına çok şey yapabilir. Temel afet malzeme kitleri yaygın olarak bulunmaktadır ve Kızıl Haç gibi çoğu afet yönetim kurumu ve kuruluşu rehberlik sağlamaktadır.¹ Geleneksel öneriler arasında su, konserve gıda (manuel konserve açacağı ile birlikte), ekstra piller, mumlar, evcil hayvan malzemeleri ve önemli kişisel belgelerin kopyaları (pasaportlar, tapular, banka hesap bilgileri ve sigorta sözleşmeleri gibi) gibi acil durum malzemelerinin 72 saatlik rezervlerinin bulundurulması yer almaktadır. Savunmasız kişi ve grupların (engelli veya kronik hastalığı olanlar, yaşlılar ve küçük çocuklar gibi) da hesaba katılması gereken özel ihtiyaçları vardır (reçeteli ilaçlar ve bebek maması ve dia- pers dahil). İyi donanımlı haneler, kamu hizmetlerine, kurumlara ve hükümetlere, insanların sağlığı ve refahı üzerindeki en kötü etkiyi önlerken, hizmetleri eski haline getirmeleri için daha fazla alan sağlar.

Eylem 3.2: Esnek altyapı hizmetlerini teşvik etmek üzere hizmet sağlayıcılar için mali teşvikler oluşturulması

Kanun ve yönetmeliklerin ortak bir sınırı, düzenleyicilerin ve hükümetlerin dayanıklılık oluşturmak için tüm seçeneklerin maliyetleri ve faydaları hakkında ihtiyaç duydukları tüm bilgilere sahip olmayabilmeleridir. Bu sınır ekonomik ve finansal teşviklerle aşılabılır. Özellikle iki seçenek yaygındır: (1) altyapı hizmet sağlayıcıları için ödüller ve cezalar, onları *kuralların ötesine geçmeye* ve dayanıklılık oluşturmak için daha fazla fırsat yakalamaya itmek ve (2) doğaya dayalı çözümleri teşvik etmek için ekosistem hizmeti planları için ödeme yapmak.

Ödüller ve cezalar, hizmet sağlayıcıları, dayanıklılığı artırmak için zorunlu çözümlerin ötesinde uygun maliyetli çözümler uygulamaya motive edebilir

(Pardina ve Schiro 2018). Avustralya Enerji Düzenleyicisi, elektrik sağlayıcılarını güvenilirlik ve esneklik de dahil olmak üzere hizmetlerinin kalitesini iyileştirmeye teşvik etmek için Hizmet Tarifesi Performans Teşvik Programını (STPIS) oluşturmuştur (Pardina ve Schiro 2018). STPIS'in amacı, sağlayıcıların hizmet kalitesi pahasına maliyet düşüşleri elde etmelerini önlemektir. STPIS tarafından dağıtılan cezalar ve ödüller, tüketicilerin iyileştirilmiş hizmet için ne kadar ödeme yapmaya istekli olduklarına göre kalibre edilir. Bu düzenleme, dağıtıcıların verimli fiyat ve fiyat dışı sonuçlara yönelik teşviklerini tüketicilerin uzun vadeli çıkarları ile uyumlu hale getirmektedir (Austrian Energy Regulator 2014).

Benzer şekilde, Finlandiya'da Elektrik Piyasası Kanunu'nun 2013 revizyonu, operatörlerin 2028 yılı sonuna kadar uyması gereken hava tehlikelerine karşı zorunlu dayanıklılık hedefleri belirlemektedir (OECD 2019). Kabul edilebilir en uzun kesinti süresinin kentsel alanlarda altı saat, kırsal alanlarda ise 36 saat olduğunu belirtmektedir. Uygulama, hizmet sağlayıcıları asgari arz güvenliği seviyelerinden daha yüksek seviyelere ulaşmaya teşvik eden ekonomik teşviklerle sağlanmaktadır. Uzun bir kesinti durumunda elektrik dağıtım operatörleri tarafından müşterilerine ödenen tazminat, kesinti 12 günü aştığında yıllık ortalama elektrik ücretinin yüzde 200'üne kadar (en fazla € 2,000) ulaşmaktadır. Yeni program ilk olarak Ocak 2018'de Finlandiya'nın kuzeyinde 40.000 kişiyi elektriksiz bırakan kış fırtınası sırasında devreye sokuldu. Sonuç olarak 10,000 müşteri toplamda € 5 milyon tazminat almıştır.

Ancak mali teşviklerin uygulanması zordur (PPP'lerle ilgili kutu 11.2'ye bakınız). İlk olarak, dayanıklılık için mali bir teşvikin durumu iyileştirmek için tam olarak kalibre edilmesi gerekmesinde, ödül veya cezanın değerini kalibre etmek veri eksikliği nedeniyle zor olabilir. İkincisi, bu tür araçlar ancak altyapı operatörleri yanıt verme kapasitesine sahipse etkili olacaktır (bkz. Bölüm 12).

Örneğin, enerji sektörünün mali açıdan uygun olmadığı birçok ülkede (Kojima ve Trimble 2016), mali cezalar kamu hizmetleri için mevcut zorlukları daha da kötüleştirebilir ve altyapı sistemlerinin daha iyi tasarlanmasını veya bakımını desteklemeyebilir.

Bir diğer araç ise, dayanıklılığı artırmaya yönelik doğa temelli çözümleri teşvik etmek için kullanılabilecek ekosistem hizmetleri için ödeme (PES) programlarıdır. Bu planlar, ekosistem hizmetlerinden yararlananların ekosistemin korunması veya yeniden yapılandırılması için ödedikleri bir kullanıcı ücreti gerektirir (Browder ve ark. 2019). Ücret, altyapı hizmetlerinin maliyetini azaltan veya dayanıklılığını artıran doğa temelli çözümlere uygulanabilir ve ödeme özel hizmet ücretlerinden, hükümet gelirlerinden veya özel fonlardan kaynaklanabilir.

Altyapı hizmet sağlayıcıları, düzenleyicilerin onayıyla, doğaya dayalı çözümleri desteklemek için ayrı bir ücret oluşturabilir. ABD'deki bazı su hizmetleri, havza koruma önlemlerine yeniden yatırım yapılan "havza koruma ücretlerine" sahiptir. Brezilya'da su kullanıcıları, yerel havza komitelerinin bakımı ve ağaçlandırma için kullandığı yerel su şirketine federal olarak zorunlu kılınan bir ücret ödemektedir.

Belirli bir ücret mümkün değilse, hükümet gelirleri (veya diğer sübvansiyonların yeniden tahsisi) doğa temelli çözümleri finanse etmek için ayrılabilir. 1990'larda Kosta Rika'nın enerji arzı, hidroelektrik rezervuarlarının siltasyonunu hızlandıran sürdürülemez tarım uygulamaları nedeniyle tehdit altındaydı. Yakıt ve su vergilerinden elde edilen gelirler ile çok uluslu bağışçılardan alınan hibe ve kredileri kullanan hükümet, arazi sahiplerine orman arazilerini restore etmeleri ve korumaları için teşvikler veren bir PES programı oluşturdu (Blackman ve Woodward 2010). Sonuç olarak, siltasyon azalmakta ve ülkenin elektrik enerjisi üretim altyapısının korunmasına yardımcı olmaktadır.

Ayrıca, doğaya dayalı çözümler, uygulamalarının önündeki bazı engellerin kaldırılmasıyla teşvik edilebilir. Engellerden biri, çoğu altyapının görevinin

KUTU 11.2 Kamu-özel sektör ortaklıkları ve bunların mücbir sebep hükümleri

Hükümetler, afet direncinin KÖİ projelerine dahil edilmesini sağlamak için yasal bir çerçeve ve kurumsal yapı geliştirmelidir. Birçok hükümetin bir afet riski çerçevesi ve bir KÖİ çerçevesi vardır, ancak bu iki çerçeve nadiren etkileşim halindedir. KÖİ'lerin iyi geliştiği ve doğal tehlikelerin iyi yönetildiği Japonya'da bile, KÖİ'lere dayanıklılığın dahil edilmesine yönelik kılavuzlar mevcuttur, ancak bunlar zorunlu değildir.

İşletmecilerin esnekliği varlıklarına dahil etmeleri için teşvikler sözleşme türüne bağlıdır; "yap, işlet, devret" modelleri "yap, devret, işlet" modellerine göre daha güçlü bir teşvik yaratır. Ancak sözleşmeler, riskleri özel sektörden kamu sektörüne aktaran aşırı geniş mücbir sebep maddeleri ile zayıflatılabilir. Çok geniş olduklarında, mücbir sebep maddeleri aktörlerin bir altyapı varlığını düşük olasılıklı riskleri hesaba katacak şekilde inşa etme ve işletme teşviklerini azaltır. Örneğin, birçok mücbir sebep maddesi "doğal afetleri (yangınlar, patlamalar, deprem, kuraklıklar, gelgit dalgaları ve seller gibi)" içermektedir. Mücbir sebep hükümleri, KÖİ'lerin makul bir maliyetle kurulması için gereklidir ve dayanıklılık teşvikleri üzerindeki olumsuz etkiyi en aza indirecek şekilde tasarlanabilirler. Çözümlerden biri, sözleşmenin mücbir sebeplerin sayısallaştırılması bir tanımını içermesidir.

Kaynak: Dünya Bankası 2019.

Her bir olay kategorisi için mücbir sebep ve mücbir sebebin sadece aşırı durumlarda uygulanabilir olarak tanımlanması. İdeal olarak, bir olaydan sonra üçüncü bir taraf, olayın geri dönüş süresinin veya yoğunluğunun mücbir sebep maddesini tetiklemek için yeterli olup olmadığına karar verecektir. Sözleşme daha sonra hem kaçırılan gelirler hem de restorasyon maliyetleri açısından riskin dağılımını belirleyebilir ve özel operatörün her zaman maliyetin önemli bir kısmını üstlenmesini sağlayabilir. Zorunlu veya gönüllü sigorta aynı zamanda altyapı hizmetlerinin sürdürülebilirliğini de sağlayabilir - özel işletmeciyi kayıplara karşı korurken kamu sektörü için maliyeti en aza indirir ve daha dirençli varlıklar ve sistemler inşa etme teşvikini sürdürür.

Ancak KÖİ'lerin tasarımında, KÖİ piyasasının olgunluğu, özel sektör oyuncularının risk toleransı ve emtia fiyat şoklarına karşı kırılganlık gibi diğer risk faktörleri de dahil olmak üzere bağlama özgü birçok faktörün dikkate alınması gerekmektedir. Bu faktörler, özel operatörlere ne kadar risk aktarılabilirliğini belirleyecek ve hükümetler için dayanıklılığı teşvik etmek ile özel sektör finansmanını harekete geçirmek arasında ödünleşim yaratacaktır. Özel sektör doğal tehlikelerden kaynaklanan riskleri üstlenemediğinde, güçlü inşaat yönetmelikleri ve ihale kuralları gibi alternatif araçların kullanılması daha da önemli hale gelmektedir.

hizmet düzenleyicileri ve operatörleri genellikle sert altyapı sistemlerini içerir, ancak bu sistemleri destekleyen çevre ve ekosistemleri içermez. Örneğin, su idareleri genellikle hane halklarına ve firmalara yüksek kaliteli ve güvenilir su sağlamak için gereken boru, pompa ve arıtma istasyonları sistemlerinden sorumludur, ancak kaliteli su sağlanması için çok önemli olan yukarı havza ekosistemleri konusunda harekete geçme yetkileri yoktur. İkinci bir engel ise, su kaynaklarının korunmasına yönelik teşviklerin

Ekosistemlerin ve sağladıkları hizmetlerin korunması genellikle su, tarım, enerji veya konut sektörlerindeki sübvansiyonlarla azaltılmaktadır. Örneğin, bazı tarımsal sübvansiyonlar, ormanlar ve sulak alanlar pahasına çiftçiliğin genişletilmesini desteklemektedir. Konut edinme imkanlarını iyileştirmek ya da ekonomik faaliyet ve istihdam yaratmak amacıyla inşaatla yönelik vergi teşvikleri de benzer şekilde sellerin azaltılmasında kilit rol oynayan doğal alanlar pahasına kentsel yayılmaya yol açabilir (Brueckner ve Kim 2003).

Eylem 3.3: Altyapı düzenlemelerinin riske duyarlı arazi kullanım planlarıyla tutarlı olmasını sağlamak ve gelişimi daha güvenli alanlara yönlendirmek Altyapı düzenleyicileri veya işletmecileri, eylemlerinin kullanıcıların dayanıklılığı üzerindeki etkilerini hesaba katmak için çok az teşvike sahiptir. Yeni altyapının doğal tehlikelere maruziyeti ve kırılganlığı artırmamasını sağlamak için, altyapı düzenlemeleri riske duyarlı arazi kullanımı ve kentleşme planlarıyla uyumlu getirilmelidir. Altyapı yerleştirme tercihleri, yeni bir altyapı varlığının çekeceği kamu ve özel yatırımları ve bunların dayanıklılık üzerindeki etkilerini dikkate almalıdır. Örneğin, sel yatağına yapılacak yeni bir yol, yolun kendisi olası tüm doğal afetlerle başa çıkabilecek şekilde tasarlanmış olsa bile, sele eğilimli bu bölgeye dayanıklı konut inşa edemeyecek insanları çekecekse kötü bir fikir olabilir. Bu tür sonuçları önceden tahmin etmek için, altyapı risk değerlendirmeleri sadece altyapı varlığının kendisini değil, teşvik edilen yatırımları da dikkate almalıdır.

Daha da iyisi, altyapı yerleştirme seçenekleri arazi kullanım planlamasını uygulamak ve düşük riskli mekansal gelişimi teşvik etmek için kullanılabilir. Aslında, altyapı yatırımları evrim geçiren mekansal modellerin gelişimine aktif olarak rehberlik edebilir ve bu nedenle arazi kullanımı ve bölgesel planlamaya dahil edilmelidirler. Fiji, Nadi örneğini ele alalım; burada güvenli ve iş ve hizmetlere iyi bağlanmış arazilere gelecekteki kalkınma için öncelik verilebilir (bkz. Bölüm 8). Ulaşım, su ve sanitasyon ve elektrik altyapısına yapılacak erken yatırımlarla insanlar ve müteahhitler bu öncelikli araziye çekilebilir. Basit iletişim daha sonra kentleşmenin daha güvenli alanlara doğru yönlendirilmesine yardımcı olabilir. Tunus'ta, hükümetin altyapı genişletmelerini nerede planladığını gösteren basit planların geniş çaplı dağıtımı, kentsel gelişmeyi yönlendirmeye yardımcı olmuştur (Lozano-Gracia ve Garcia Lozano 2018).

Altyapı yatırımları arazinin erişilebilirliğini veya içerdiği olanakları iyileştirerek araziye daha cazip hale getirdiğinden, arazi değerlerinde de bir artışa yol açmaktadır. Bu artış, vergi araçları veya özel ücretler yoluyla "yakalanabilir" ve altyapı gelişimi için kullanılabilir. *Arazi değeri yakalama* finansmanı, kamu müdahaleleri veya yatırımları yoluyla yaratılan ve özel aktörlere tahakkuk eden değerlerin bir kısmının veya tamamının kamu sektörü tarafından geri kazanıldığı ve kamu mallarını finanse etmek için kullanıldığı bir süreçtir (Huxley 2009). Bu tür bir finansman, dayanıklılığı artıran altyapı sistemlerini finanse edebilir ve altyapı hizmeti sağlayıcıları için toplumun dayanıklılığını artırmaya yönelik bir teşvik yaratabilir.

NOT

1. Örneğin, <https://www.redcross.org/get-help> adresindeki Kızıl Haç acil durum tedarik kitine bakınız. /acil durumlar için nasıl hazırlanılır/survival-kit-supplies.html.

REFERANSLAR

- Avustralya Enerji Düzenleyicisi. 2014. "Daha İyi Düzenleme Reform Paketine Genel Bakış." Avustralya Enerji , Melbourne. <https://www.aer.gov.au>.
- Blackman, A., ve R. T. Woodward. 2010. "Ulusal Çevre Hizmetleri için Ödemeler Programında Kullanıcı Finansmanı: Costa Rican Hydro- power." *Ekolojik Ekonomi* 69 (8): 1626-38.
- İngiliz Standartları Enstitüsü. 2011. "İklim Değişikliğine Uyum-İklim Risklerine ISO 9001, ISO 14001, BS 25999 ve BS 31100 Kullanarak Uyum Sağlama." İngiliz Standartları Enstitüsü, Londra.
- Browder, G., S. Ozment, I. Rehberger Bescos, T. Gartner, ve G.-M. Lange. 2019. *Yeşil ve Grinin Bütünleştirilmesi: Yeni Nesil Altyapının Oluşturulması*. Washington, DC: Dünya Bankası ve Dünya Kaynakları Enstitüsü.
- Brueckner, J. K. ve H.-A. Kim. 2003. "Kentsel Yayılma ve Emlak Vergisi." *Uluslararası Vergi ve Kamu Maliyesi* 10 (1): 5-23. <https://doi.org/10.1023/A:1022260512147>.
- Avustralya Standartlar Konseyi. 2013. "Avustralya Standartları: Yerleşim Yerleri ve Altyapı için İklim Değişikliğine Uyum: Risk Tabanlı Bir

- Yaklaşım." AS 5334-2013, Council of Standards Australia, Sydney. <https://infostore.saiglobal.com/store/details.aspx?ProductID=1631218>.
- Avrupa Komisyonu. 2014. "Avrupa Standardizasyon Kuruluşlarına Standardizasyon Talebinde Bulunulmasına Karar Verilmesine İlişkin 28.5.2014 tarihli Komisyon Uygulama Kararı." Avrupa Komisyonu, Brüksel www.etsi.org/images/files/ECMandates/M526.pdf.
- Huxley, J. 2009. "Değer Yakalama Finansmanı: Kentsel Gelişimin Kendi Yolunu Ödemesini Sağlamak." Urban Land Institute, Washington, DC.
- ISO (Uluslararası Standartlar Organizasyonu). 2015. "İklim Değişikliği ile Mücadele için Pratik Araçlar." ISO, Cenevre. www.iso.org/iso/climatechange_2015.pdf.
- Kojima, M., ve C. Trimble. 2016. "Enerjiyi Afrika için Uygun Fiyatlı ve Kamu Hizmetleri için Uygulanabilir Hale Getirmek." Dünya Bankası, Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25091>.
- Lopez-Cantu, T., ve C. Samaras. 2018. "Yağmursuyu Standartlarının Zamansal ve Mekânsal Değerlendirmesi Amerika Birleşik Devletleri Genelindeki Riskleri ve Öncelikleri Ortaya Koyuyor." *Çevre Araştırma Mektupları* 13 (7): 074006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac696>.
- Lozano-Gracia, N. ve M. Garcia Lozano. 2018. "Haiti Şehirleri: Yarını Göz Önünde Bulundurarak Bugün İçin Eylemler." Dünya Bankası, Washington, DC.
- OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı). 2019. *Kritik Altyapı Direnci için İyi Yönetişim*. OECD Risk Yönetimi Uygulamaları İncelemesi. Paris: OECD.
- Pardina, M. R., ve J. Schiro. 2018. "Gelişmekte Olan Dünyada Enerji Hizmetlerinin Ekonomik Düzenlemesinin Değerlendirilmesi: Bir Literatür İncelemesi." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 8461, Dünya Bankası, Washington, DC. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-8461>.
- ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü. 2015. *Binalar ve Altyapı Sistemleri için Toplumsal Dayanıklılık Planlama Kılavuzu*. Ciltler. I ve II. Washington, DC: ABD Ticaret Bakanlığı. www.nist.gov/el/resilience/guide.cfm.
- Vallejo, L. ve M. Mullan. 2017. "İklim Dirençli Altyapı: Politikaları Doğru Yapmak." OECD Environment Working Paper 121, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/02f74d61-en>.
- Dünya Bankası. 2019. "Dirençli Altyapı Kamu-Özel Sektör Ortaklıkları (PPP'ler)- Sözleşmeler ve Satın Alma Teknik Dosyası." Dünya Bankası, Washington, DC.

Karar Verme Sürecini İyileştirin

12

ENGEL	ÖNERİ	EYLEMLER
Doğal tehlikeler ve iklim değişikliğinin yeterince dikkate	Karar verme sürecini iyileştirin	4.1: Serbestçe erişilebilen doğal tehlike ve iklim değişikliği verilerine yatırım yapılması 4.2: Sağlam kararlar alın ve pişmanlık ve yıkıcı başarısızlık potansiyelini en aza indirin 4.3: Veri ve modelleri kullanmak özel sektörün bilgi birikimini harekete geçirmek için gerekli becerilerin oluşturulması

ENGEL: KAMU VE ÖZEL SEKTÖR AKTÖRLERİNDE VERİ, MODEL VE KAPASİTE EKSİKLİĞİ VAR

Şimdiye kadar, bu raporun III. bölümünde verilen üç tavsiye, altyapı sistemlerinin dayanıklılığını arttırmak için standartlara ve düzenlemelere, planlara ve mali teşviklere olan ihtiyacı vurgulamıştır (bkz. 9-11. bölümler). Ancak doğal tehlikeleri ve iklim değişikliğini bu düzenlemelere, planlara ve teşviklere dahil etmek büyük bir zorluktur. Doğal tehlike ve iklim değişikliği verileri ve modellerinin yokluğunda, iyi niyetli operatörler dayanıklılığı artıramaz ve düzenleyiciler akıllı, verimli düzenlemeler ve teşvikler oluşturamaz. Bu nedenle, dirençli altyapı politikaları paketi, paydaşların doğru veri ve modellere erişimini sağlayacak yatırımları içermelidir.

araçları ve kararların alınma şeklindeki iyileştirmeleri desteklemek.

Büyük "veri darboğazları" daha dirençli altyapı tasarımına engel olmaktadır. Buna bir örnek, belirli bir alanın topografyasını sağlayan bir veri seti olan yüksek çözünürlüklü dijital yükseklik modelidir (DEM). Bu tür veriler, hidrolojik ve sel modelleri ve arazi kayması duyarlılık analizi de dahil olmak üzere birçok tehlike modeli ve değerlendirmesinin temelini oluşturur. Bu veriler genellikle uçağa yerleştirilen bir LIDAR kullanılarak oluşturulmaktadır. Yakın zamanda, Dünya Bankası ve Kızıl Haç işbirliğiyle Darüsselam'da olduğu gibi, insansız hava araçları kullanılarak daha düşük maliyetle SYM'ler üretilmiştir; ancak geniş bir alanın haritalanması gerektiğinde bu yaklaşımın sınırları vardır.

gelirli ülkelerde, bu tür veriler düşük ve orta gelirli ülkelerde genellikle mevcut değildir, bu da gerekli sel ve heyelan tehlike haritalarının oluşturulmasını imkansız hale getirmektedir. SYM'ye yapılacak birkaç milyon dolarlık yatırım, milyarlarca dolarlık dayanıklı altyapının tasarımının iyileştirilmesine yardımcı olacaktır.

Veri darboğazına bir başka örnek de uzun zaman serilerine ait hidrometeorolojik verilerin eksikliğidir. Bu verilere altyapı tasarımı için ihtiyaç duyulmaktadır, ancak veriler hiç toplanmadığı, hiç dijital ortama aktarılmadığı ya da sadece çok yüksek fiyatlarla erişilebildiği için mevcut olmayabilir. ve insansız hava araçları kullanılarak yapılan uzaktan algılama ve bilgi işlem alanındaki ilerlemeler, çevre koşullarının izlenmesini ve modellenmesini daha kolay ve ucuz hale getirmiştir. Ancak bu yeni araçlar, birçok düşük gelirli ülkede hala eksik olan iyi bakımlı hava ve su izleme istasyonları ve veri işleme ağlarının yerini tam olarak alamaz. Bu durum kısmen dünyanın pek çok yerinde ulusal hidrometeoroloji hizmetlerinin düşük kapasite ve kaynak eksikliğinden kaynaklanmaktadır (Rogers ve Tsirkunov 2013).

İklim değişikliği ve arazi kullanımının yapay hale getirilmesinden toprak bozulmasına kadar diğer uzun vadeli eğilimler nedeniyle, tarihsel veriler artık gelecekteki riskler için yetersiz tahminlerde bulunmaktadır. Birçok çalışma, altyapı tasarımı ve yönetiminin geleceğin geçmişe benzeyeceğini varsayamayacağını göstermiştir (McCarl, Villavicencio ve Wu 2008; Milly . 2008). Günümüzde uygun risk değerlendirmesi, mevcut birçok iklim modelini kullanarak iklim değişikliğinin etkilerini de içermelidir. Ancak, iklim modellerinin çıktıları tarihsel iklim gözlemlerinden çok farklıdır (Hallegatte 2009; Kalra ve ark. 2014) ve bunları kullanmak bu sonuçlardaki belirsizliği hesaba katmayı gerektirir.

Doğal tehlikeler ve iklim değişikliğine ilişkin veriler yeterli değildir. Ayrıca kullanıcıların kesintileri nasıl yönettiğine dair verilere de ihtiyaç vardır. Yapılarda belirlenebilecek asgari esneklik seviyesi

tion codes and standards, for example, depends on what the users of infrastructure services can easily handle. Elektrik veya su kesintileri için tazminat sistemlerinin getirilmesi (Finlandiya'da elektrik dağıtım şirketlerinin kesintiler için kullanıcılara tazminat ödemesi gerektiği gibi), bu kesintilerin ekonomik maliyetinin tahmin edilmesini gerektirir. Bu bilgi de altyapı kullanıcılarından veri toplamanın yanı sıra kesintilerin hane halklarının günlük yaşamlarını ve işletmelerin üretkenlik ve etkinliğini nasıl etkilediğini anlamaya dayanır. Ancak bu bilgi özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde çok yetersizdir ve kullanıcıların ihtiyaçlarını daha iyi haritalamak ve anlamak için çok daha sistematik hane halkı ve işletme anketlerine ihtiyaç vardır (bkz. bölüm 2 ve 3).

ÖNERİ 4: KARAR VERME SÜRECİNİ İYİLEŞTİRİN

Doğal tehlikelerin ve iklim değişikliğinin yeterince dikkate alınmamasına neden olan yetersiz veri, model, beceri ve yetkinliklerin yol açtığı bu zorluklarla başa çıkmak için çözümler nelerdir? Yeni teknolojilerin de yardımıyla bu konularda serbestçe erişilebilen verilere yatırım yapmanın yanı sıra, bu verileri uygun bir şekilde kullanmak, büyük belirsizlikler karşısında sağlam kararlar belirlemek ve pişmanlık ve yıkıcı başarısızlık potansiyelini en aza indirmek önemlidir. Aynı zamanda, hükümetler veri ve modelleri oluşturmak ve kullanmak için gereken becerileri geliştirmeli ve özel sektörün bilgi birikimini harekete geçirmelidir.

Eylem 4.1: Serbestçe erişilebilen doğal tehlike ve iklim değişikliği verilerine yatırım yapın Veri ve modellere yapılan yatırımlar, milyarlarca dolarlık uzun ömürlü altyapı varlıklarının tasarımını iyileştirerek son derece yüksek yatırım getirileri sağlayabilir. Bölüm 6'da geliştirilen senaryolar, yatırımların en çok maruz kalan ve en kritik varlıklara yönelik olması halinde altyapının güçlendirilmesinin çok daha ucuza mal olacağını göstermektedir. Yatırımları hedefleme yeteneği

maliyetin 10'a bölünerek 120 milyar ila 670 milyar dolardan 11 milyar ila 65 milyar dolara düşürülebileceği tahmin edilmektedir. Bu bulgu, kesin tehlike bilgilerinin değerinin, bu verileri ve modelleme sonuçlarını üretmenin maliyetinden çok daha yüksek olduğunu göstermektedir. Diğer çalışmalar, tehlike verilerine ve öngörü kapasitelerine yatırım yapmanın çok uygun maliyetli olduğu sonucuna varmıştır (Halle- gatte 2012; Rogers ve Tsirkunov 2013; WMO vd. 2015).

Veri darboğazlarına yapılacak spesifik yatırımlar dönüşümsel olabilir ve büyük faydalar sağlayabilir. Örneğin, bir SYM üretmenin maliyeti, uçakla kurulan bir LIDAR ile metrekaşe başına 120 ila 200 dolar arasında değişirken, diğer seçenekler (stereo fotoğrafçılık gibi) metrekaşe başına 30 ila 100 dolar arasında değişmektedir. Düşük ve orta gelirli ülkelerdeki tüm kentsel alanlar için SYM üretmenin maliyeti

Toplamda 50 milyon dolar ile 400 milyon dolar arasında bu veriler, tüm yeni altyapı varlıkları için derinlemesine bir risk değerlendirmesi yapılmasını mümkün kılacak ve bu süreçte yılda yüz milyarlarca dolarlık yatırıma bilgi sağlayacaktır. Daha iyi tasarlanmış altyapı sistemlerine ek olarak, bu veriler riske dayalı arazi kullanımı ve şehirleşme planlamasına da olanak tanıyarak büyük faydalar . Veriler ücretsiz olarak temin edilebilirse, özel sektör aktörlerinin bunları tüm ekonomi için risk yönetimini iyileştirmek üzere yenilikçi şekillerde kullanması beklenebilir. Genel olarak, elde edilecek faydalar, veri toplama ve işlemeye yönelik yeni teknolojiler sayesinde sürekli olarak azalan bu verileri üretme ve dağıtma maliyetinden en az bir kat daha büyük olacaktır (kutu 12.1).

Veri mevcudiyetini iyileştirmek için bazı kuruluşlar "veri kurtarma" -özellikle hidrometeorolojik verilerin kağıt tabanlı kayıtlarının dijitalleştirilmesi- çalışmalarına girişmiştir (WMO 2016). Geçmiş verilere ek olarak, hava tahmini ve erken uyarı sistemleri aşırı hava olaylarının öngörülmesinde ve bunların altyapı sistemleri üzerindeki etkilerinin azaltılmasında kilit bir rol oynayabilir.

temler. Örneğin, enerji santralleri genellikle bir kasırga gelmeden önce kesintiye uğrayarak hasar ve olay potansiyelini en aza indirir. Sandy Kasırgası 2012'de New York'u vurmadan önce, Metropolitan Transit Authority trenlerini sele maruz kalan bölgelerin dışına taşıyarak ekipman üzerindeki etkiyi en aza indirmiş ve fırtınadan sonra hizmetleri nispeten hızlı bir şekilde yeniden kurmasını sağlamıştır.

Verilerin faydalı olabilmesi için karar alıcılar tarafından kullanılabilir olması gerekir. Tehlike ve risk verilerine erişimi iyileştirmeye yönelik çok sayıda girişim, karar alma iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır; örneğin, dünyanın her yerinde tehlikeye maruz kalmanın basit bir tahminini ve daha derinlemesine değerlendirmeler yapmak için gerekli temel verilere bir bağlantı sağlayan Küresel Afet Azaltma ve İyileştirme Tesisi (GFDRR) ThinkHazard! platformu gibi.

Ayrıca, bu verilerin mümkün olduğunca fazla fayda sağlamasını temin etmek için hükümet ve akademik araştırmalar genelinde açık veri politikalarının benimsenmesine yönelik çağrılar giderek artmaktadır. Açık veri lisansı, hükümette şeffaflığı, verimliliği ve katılımı; bilimin akran denetimini ve genel olarak karar verme sürecinde verilerin daha yaygın ve etkili kullanımını destekler. GFDRR'nin Dirençlilik için Açık Veri Girişimi (OpenDRI) 2011 yılından bu yana afet ve iklim riski değerlendirmesi ile ilgili olarak bu konular üzerinde çalışmaktadır. OpenDRI, Sri Lanka Afet Risk Bilgi Platformu gibi veri paylaşım platformlarını başlatmak için ulusal hükümetler, üniversiteler ve toplum temelli kuruluşlarla ortaklık kurmuştur. Amaç, afet risk değerlendirmesi için topluluk haritalama projelerini desteklemek ve karmaşık risk bilgilerini çeşitli paydaşlara iletmek için araçlar oluşturmaktır. GFDRR (2016) afet risk yönetimine açık veri yaklaşımlarının uygulanmasında kullanılacak temel ilkelerin bir listesini derlemiştir.

Bu verilerin karar alma sürecini etkilemesini ve desteklemesini sağlamak için, altyapının tasarımını ve bakımını iyileştirmek için çok faydalı olan varlık yönetimi sistemleri

KUTU 12.1 Yeni teknolojiler veri toplama ve işlemeyi kolaylaştırıyor

Uydu görüntüleri ve görüntü işleme. Günümüzde kentsel gelişim, ulaşım ağları ve enerji üretim tesisleri uydu görüntülerinin sonradan işlenmesi yoluyla haritalanabilmektedir. Örneğin, Graesser ve diğerleri (2012) Caracas, Kabil, Kandahar ve La Paz'daki kayıt dışı yerleşimleri haritalandırmak için uydu görüntülerini ve makine öğrenimini kullanarak altyapı hizmetlerinin zayıf olduğu alanların belirlenmesine yardımcı olmuş ve yatırımların önceliklendirilmesini desteklemiştir. Bununla birlikte, elektrik şebekesinin haritalanmasına yönelik algoritmaların performansının nispeten düşük olması gibi zorluklar devam etmektedir. ^a Afet sonrası durumlarda, hava ve uydu görüntüleri de hasarın hızlı bir şekilde değerlendirilmesi ve acil durum eylemlerine öncelik verilmesi için kullanılabilir (GFDRR 2019).

Kitle Kaynak Kullanımı. Bu terim, internetin ve mobil telefonların veri toplama görevlerinin dışarıdan halka verilmesini kolaylaştırdığı yolları tanımlamaktadır. Kitle kaynak kullanımı, geleneksel yaklaşımlara göre potansiyel olarak daha düşük maliyetlerle gerçek zamanlı olarak büyük miktarda veri toplamak için kullanılabilir (UNISDR 2017). Bu raporun I. ve II. bölümlerinde ele alınan risk değerlendirmelerinde kapsamlı bir şekilde kullanılan OpenStreetMap, kitle kaynak kullanımı ile oluşturulan açık veri tabanlarının en bilinen örneklerinden , ancak tek örnek değildir. Darüsselem'da Ramani Huria topluluk haritaları sele eğilimli alanları belirliyor. Proje, 2015 yılında başlatılmış olup, öğrencileri ve topluluk üyelerini detaylı veri tabanı oluşturmak üzere eğitmektedir.

a. Bkz. <https://code.fb.com/connectivity/electrical-grid-mapping/>.

Her bir topluluğun sel haritasını çıkarmakta ve sele en açık 21 bölgenin topluluk haritalarını içeren bir atlas yayınlamaktadır (Dünya Bankası 2018).

Sosyal ağ analizleri. Sosyal medya verileri zengin bilgi içerir, ancak buradaki zorluk, büyük veri hacmini yönetmek ve karar verme için yararlı olanları çıkarmaktır. Örneğin FloodTags, sel acil durumlarının yerini belirleyerek sel sonrası acil durum yönetimini desteklemek için Twitter bilgilerini, doğal dil işleme ve haritalama araçlarını kullanmaktadır. Bu araç Kızıl Haç tarafından Filipinler'de pilot olarak uygulanmıştır. Bu yaklaşımlar doğrudan veri toplamanın yerini almayacak olsa da, bir krize ilişkin yararlı tamamlayıcı bilgiler sağlar ve eylemi yönlendirmeye yardımcı olur.

Geleneksel anketler. Bu anketler veri toplamada ve altyapı hizmetlerinin önemini ve aksamalarını anlamada önemli bir rol oynamaya devam etmektedir. Bu raporun I. Bölümünde, altyapı kesintilerinin maliyeti hakkında bilgi sağlayan çok sayıda iş veya hane halkı anketi örneği verilmektedir. Bu anketler, altyapı hizmet sağlayıcıları için doğru teşviklerin tasarlanmasına destek . Örneğin, hizmet kesintileri yönetmelikleri aştığında uygun ceza miktarının belirlenmesine veya performans inşaat yönetmeliğinin ötesine geçtiğinde ödüllerin belirlenmesine yardımcı olurlar.

varlıklar (bkz. bölüm 9) iklim değişikliği ve doğal afet risklerini karar alma süreçlerine dahil edecek şekilde kolayca geliştirilebilir. Özellikle, kaydedilen veriler her bir varlığın çeşitli tehlikelere maruziyetini içerebilir ve bu da bakım faaliyetlerinin önceliklendirilmesini sağlayabilir. Örneğin, sık sık sel baskınlarına maruz kalan menfezlerin atıklardan arındırılmasına öncelik verilebilir ve bu sayede kırılganlıkları azaltılabilir.

ve nihayetinde şiddetli yağışlardan sonra onarım maliyetleri.

Verilerin geniş çapta erişilebilir hale getirilmesi önemli zorluklarla karşı karşıyadır. Bunlardan biri, altyapı hizmetlerinin bireysel kullanıcıları hakkında veri toplanmasının mahremiyet sorunları doğurabileceğidir. Veri toplamanın mekansal çözünürlüğü arttıkça ve akıllı telefonlar gibi cihazlar bireysel verileri topladıkça, risk bilgilerini birbirine bağlamak mümkün hale gelecektir.

belirli bireylerle ilişkilendirilmesi. Endişeler arasında bu verilerin risk yönetiminin ötesinde amaçlar için kullanılması da yer almaktadır (örneğin, reklamları hedeflemek için). Ayrıca, sele maruz kalma verileri de sorun yaratabilir, zira hane halkları evlerinin sel bölgesinde olması halinde gerekli süreç ve tazminat olmaksızın sele maruz kalmaktan korkmaktadır. Risk yönetiminin verimliliği ile mahremiyet kaygıları arasındaki dengenin ciddiyetle ele alınması ve her türlü veri toplama ve dağıtımının, verilerin nasıl kullanılabilmesine ilişkin açık ve iyi uygulanan düzenlemelerle birlikte yapılması gerekmektedir.

Bir diğer zorluk da verilere erişim ile güvenlik hususlarını dengeleme ihtiyacıdır. Kritik altyapıyı ve ağların güçlendirilmesine yönelik öncelikleri belirlemek için ihtiyaç duyulan veriler, bu ağlara yönelik en zarar verici saldırıları planlamak için ihtiyaç duyulan verilerle aynıdır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki 11 Eylül saldırılarından bu yana, bu düşünceler pek çok ülkede pek çok verinin kamusal alandan kaldırılmasına yol açmıştır. Risk yönetimi ve kritik altyapıdan sorumlu kamu kurumlarının rollerinden biri, hangi verilerin kamuya açık hale getirilebileceğini, hangi verilerin altyapı hizmet sağlayıcıları arasında paylaşılabileceğini ve bunların kullanımı ve yayılması konusunda bazı koşullar getirilebileceğini ve hangi verilerin uzmanlaşmış kurumlar dışında paylaşılamayacak kadar hassas kabul edilmesi gerektiğini belirlemektir. Bu hususlar meşru olsa ve gerçek ödünleşimler yaratsa da ulusal güvenlik, verilere erişimi kısıtlamak için genel bir bahane olarak kullanılmamalıdır. En iyi uygulamalar, verilere açık erişimi varsayılan durum haline getirmeyi ve çok hassas olduğu kanıtlanan verilere erişimi kısıtlamak için katı süreçler oluşturmayı önermektedir.

Eylem 4.2: Sağlam kararlar alın ve pişmanlık ve yıkıcı başarısızlık potansiyelini en aza indirin

Mevcut veri ve yöntemlerin kalitesi ne olursa olsun, varlıkların uzun ömürlü olması ve geleceğe ilişkin derin belirsizlik, altyapı risk yönetiminde sağlıklı karar vermenin zorluklarını daha da artırmaktadır.² Geçmiş kanıtlar

ve mevcut araştırmalar, geleceği tahmin etme yeteneğinin en iyi ihtimalle sınırlı olduğunu göstermektedir (Kahneman 2011; Silver 2012). Bir kararın tarafları genellikle birbiriyle rekabet eden önceliklere, inançlara ve tercihlere sahiptir. Bu koşullar, bir kararın tarafları (1) geleceği şekillendiren kilit süreçleri tanımlayan modelleri; (2) bu modellerdeki kilit değişkenlerin ve parametrelerin olasılık dağılımını veya (3) alternatif sonuçların değerini bilmediğinde veya üzerinde anlaşılmadığında ortaya çıkan derin bir belirsizlik yaratır (Lempert, Popper ve Bankes 2003).

Kesin olan şey, iklim değişikliğinin bir dizi belirsizlikle boğuştuğu ve bu belirsizliklerin iklim değişikliğinin etkilerinin doğası, zamanlaması, sıklığı, yoğunluğu ve yerinin tahmin edilmesini engellediğidir. Deniz seviyelerinin gelecekteki yükselişi ile sıcaklık, yağış ve diğer iklim faktörleri hakkındaki belirsizlik, karar vericilerin yakın vadeli tercihleri üzerinde muazzam etkilere sahiptir. Örnek olarak, havaalanları gibi kilit altyapıların nereye yerleştirileceği, kıyı bölgelerinin selden nasıl korunacağı ve su güvenliğinin nasıl sağlanacağı verilebilir.

Ancak tek sorun iklimle ilgili belirsizlik değildir; sosyoekonomik değişiklikler, siyasi faktörler, yıkıcı yeni teknolojiler ve davranış değişiklikleri de altyapıyla ilgili karar alma süreçlerini etkileyen büyük belirsizlikler yaratmaktadır. Örneğin, elektrikli arabaların gelecekteki performansı ve maliyeti veya sürücüsüz araçların mevcudiyeti şehirlerin gelişimini önemli ölçüde etkileyebilir. Bu teknolojilerin potansiyeli hala tartışılmakta olduğundan, şehir planlamacıları ve geliştiriciler de bu belirsizliklerle karşı karşıyadır.

Böylesine derin bir belirsizliğin varlığında, en düşük maliyet yaklaşımları veya maliyet-fayda analizleri gibi geleneksel yöntemler tercih edilen altyapı tasarımına işaret edememektedir. Geleneksel yöntemler, tüm olası senaryoları göz önünde bulundurmaya ve bunların olasılıklarını bilmeyi gerektiren bir optimum eğilimindedir. Derin belirsizlik durumlarında, olasılık

Gelecek senaryolarının yeteneklerini tahmin etmek zordur ve bu zorluk genellikle anlaşmazlığa yol açar. Anlaşmazlık ve derin belirsizlikle karşı karşıya kalan geleneksel karar alma yaklaşımları, önyargı ve tıkanıklığa karşı savunmasızdır. Ayrıca, belirli bir varsayım kümesi için en uygun olan ancak diğer altında kötü performans gösteren, hatta felaketle sonuçlanan kırılğan kararlara ulaşmaya karşı da savunmasızdırlar. "En uygun" çözümü aramanın alternatifi, sağlam bir karar aramaktır; bu karar, herhangi bir durumda en uygun olmasa da çok gelecekle, tercihler ve dünya görüşleri arasında iyi performans gösteren bir karardır. Daha sağlam seçenekler arayışında sağlam karar verme, karar ağaçları ve uyarlanabilir yollar gibi yeni yöntemler geliştirilmiştir (Haasnoot ve ark. 2013; Lempert ve Groves 2010; Ray ve Brown 2015). Bu yöntemler bazen "metin öncelikli" (Ranger ve ark. 2010) veya "üzerinde anlaşılan" (agree-on) olarak da adlandırılmaktadır.

kararlar" (Kalra ve ark. 2014).

Bu yöntemler, hangi koşulların daha fazla veya daha az olası olduğuna dair bir karar veya anlaşma gerektirmeden, mevcut seçenekleri çok çeşitli makul koşullar altında stres testine tabi tutarak başlar. Karar seçeneklerini, düşük olasılıklı ancak yüksek sonuçlu olaylar da dahil olmak üzere birçok farklı varsayım kümesi altında tekrar tekrar değerlendirirler.

Bu süreç, kararlar üzerinde uzlaşmayı teşvik eder ve derin belirsizliğin yönetilmesine yardımcı olabilir. Bu şekilde yapılan analizler, karar vericilerin önemli soruları tartışmasına yardımcı olur:

- Bir seçeneğin kötü performans gösterdiği koşullar, farklı bir seçeneğin tercih edilmesine neden olacak kadar olası mıdır?
- Sağlamlık ve örneğin maliyet arasında ne gibi ödünleşimler yapılmalıdır?
- Sürprizlere karşı korunmak için bir projeye güvenlik marjları eklemek mümkün müdür?
- Gelecekte beklenmedik değişikliklere yanıt vermek için en fazla esnekliği hangi seçenekler sunuyor?

- Gelecekte pişmanlık duyma potansiyeli nedir?
- Arıza durumunda ne yapılmalıdır?

Sağlam çözümlerin seçilmesi genellikle pişmanlık potansiyelini en aza indiren seçeneklerin seçilmesiyle başarılabilir. Burada pişmanlık, belirli bir kararın - örneğin finansal performans açısından - elde edeceği sonuç ile en iyi kararın elde edebileceği sonuç arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Örneğin, köprünün ömrü boyunca böyle güçlü bir deprem meydana gelmezse, güçlü bir depreme direnmek için bir köprüyü güçlendirmekten pişmanlık duyulur. Benzer şekilde, güçlü bir deprem meydana gelir ve köprü yıkılırsa, köprüyü güçlendirmemiş olmaktan pişmanlık duyulur.

Bu ölçüt ve yaklaşım, altyapı varlıklarının güçlendirilmesinin maliyet ve faydalarına ilişkin belirsizliğin incelendiği 6. bölümde kullanılmakta olup, bu tür bir güçlendirmenin önemli bir pişmanlığa yol açma olasılığı oldukça düşük olan sağlam bir eylem olduğunu göstermektedir. Bu yaklaşım, Afrika'da hidroelektrik enerjiye yapılacak yatırımlar için en iyi tasarımı belirleme çabalarına (Cervigni . 2015) ve Kolombo'daki sulak alanları koruma çabalarını değerlendirmeye de uygulanmıştır (kutu 12.2). Buna ek olarak, stres testlerinin sonuçları, kesintilere hazırlanmak ve süreklilik planları oluşturmak için bir başlangıç noktası olarak hizmet edebilecek "başarısızlık senaryoları" oluşturmak için kullanılabilir.

Eylem 4.3: Veri ve modelleri kullanmak için gerekli becerilerin oluşturulması ve özel sektörün bilgi birikiminin harekete geçirilmesi

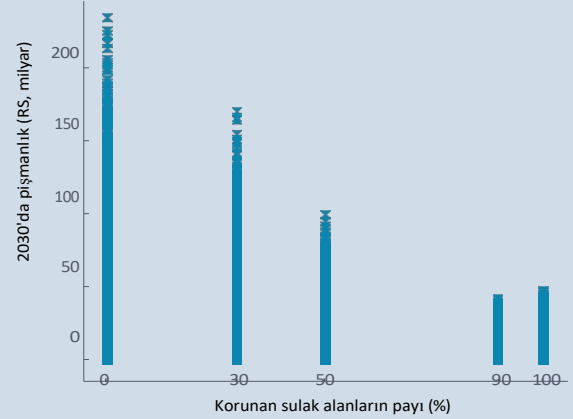
Tüm aktörlerin verilere ve yöntemlere erişimi olsa bile, bunları uygun şekilde kullanmak her zaman mevcut olmayan beceri ve yetkinlikler gerektirir. Bir hükümet, kamu hizmeti kurumu ya da ajans için, bu verileri sağlam bir karar alma çerçevesinde uygun şekilde kullanma becerileri geliştirmeden tehlike ve iklim değişikliği verilerinin üretimini dışarıdan temin etmenin, dayanıklılıkta önemli iyileşmelere yol açması pek olası değildir.

KUTU 12.2 Kolombo'da sulak alanların korunması pişmanlık riskini en aza indirir

İklim değişikliği ve kentsel gelişimle ilgili büyük belirsizliklerin ortasında yapılan Colombo selleri üzerine bir çalışma, sulak alanların korunmasına yönelik çeşitli seçenekleri değerlendirmektedir (Browder vd. 2019). Çalışma, özellikle karar vericilerin 2030 yılında ne kadar pişmanlık yaşayacağına bakmakta ve gerçekleşen risk seviyesi ile mümkün olan en iyi sonucu karşılaştırmaktadır.

Çalışma, tüm koruma seviyelerinin sıfır pişmanlığa yol açabileceğini ortaya koymaktadır. Başka bir deyişle, yüzde 0 ile 100 arasında bir ölçekte ölçülen her koruma seviyesi için, seviyenin en uygun olduğu en az bir senaryo vardır (şekil B12.2.1). Ancak sulak alanların küçük bir kısmı korunur ve geri kalanı geliştirilirse, pişmanlık potansiyeli yüksektir: yağış ve nehir akışında büyük bir artış, yüksek nüfus artışı ve yüksek bina kırılganlığı olan senaryolarda, sulak alanların geliştirilmesi önemli sel kayıplarına yol açacaktır. Sulak alanların yeniden oluşturulması zor ve maliyetli olduğundan, bu kayıplar büyük ölçüde geri döndürülemez olacak ve yüksek pişmanlıkla sonuçlanacaktır. Buna karşın, sulak alanların korunması yüksek pişmanlığa yol açmaz çünkü bu seçeneğin ana maliyeti sulak alanların geliştirilmemesinin fırsat maliyetidir ve bu da sellerin maliyetinden daha az belirsizdir. Çünkü korumak

ŞEKİL B12.2.1 Kolombo'nun sulak alanlarının büyük bir kısmının korunması 2030'da pişmanlık potansiyelini en aza indirir



Kaynak: Browder ve ark. 2019.

Sulak alanlar tersine çevrilebilir bir çözümdür, eğer karar vericiler 2030 yılına kadar pişmanlık yaşamaktan kaçınmak istiyorlarsa, şimdilik Colombo'nun kentsel sulak alanlarını korumayı tercih edebilir, iklim ve kentleşmenin nasıl gelişeceği hakkında daha fazla bilgi bekleyebilir ve bir veya iki on yıl içinde konumlarını yeniden gözden geçirebilirler.

Bu, kalifiye mühendislerin az olduğu düşük gelirli ve düşük kapasiteli bir ortamda büyük bir zorluktur (şekil 12.1). Ancak bu durum, genellikle su veya ulaşım altyapısının yönetiminden sorumlu olan yerel yönetimler ve belediyelerde de yaygın bir zorluktur. Zengin ülkelerde bile küçük şehirler uzman personel istihdam edecek kaynaklara sahip değildir ve dışarıdan danışmanlara ve hizmet sağlayıcılara ya da ulusal veya bölgesel ajansların desteğine güvenmek zorundadır.

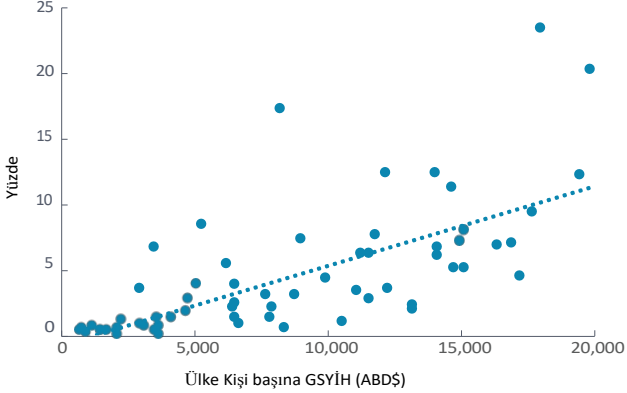
Tüm ölçeklerdeki altyapı sektörleri, yerel danışmanlık ve mühendislik firmaları ile üniversiteler, düşünce kuruluşları ve araştırma bulunan diğer uzmanlık merkezlerinin destek ve uzmanlığından faydalanmaktadır. Üniversiteler ve araştırma merkezleri

nsanları doğru beceriler konusunda eğiterek, yeni yöntemler geliştirerek ya da bunları yerel bağlama uyarlayarak ve politika ve karar tavsiyelerde bulunarak önemli bir rol oynayabilir. Bu destek sadece altyapı hizmetleri tedarikçileri için değil, aynı zamanda altyapı kesintilerine hazırlanabilecek ve maliyetlerini en aza indirebilecek - örneğin iş sürekliliği planları ile - kullanıcılar için de gereklidir.

Kamu sektörü uzmanlığının yetersiz olduğu durumlarda, danışman olarak veya doğrudan alım ya da kamu-özel sektör ortaklıkları (PPP'ler) yoluyla özel sektörü devreye sokmak bir çözüm olabilir. Hem yerli hem de uluslararası firmalar yenilikçi çözümleri uygulama kapasitesine ve bilgi birikimine sahip olabilir. Bu kapasite özellikle

ŞEKİL 12.1 Birçok düşük ve orta gelirli ülkenin teknik yükseköğretime kayıt oranını artırması gerekmektedir

2016'da yükseköğretimde mühendislik, imalat ve inşaat alanlarına kayıtlı öğrencilerin payı



Kaynak: Dünya Bankası personeli, Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü İstatistik Enstitüsü verilerine dayanmaktadır.

finans, telekomünikasyon ve siber güvenlikle ilgili olanlar gibi çoğunlukla özel sektörde geliştirilen ve özel sektör tarafından uygulanan yeni teknolojilerin harekete önemlidir. Ancak, kültür ve çalışma alışkanlıklarındaki farklılıklar, mahremiyet ve ticari gizlilikle ilgili konular ve özellikle kamu kurumlarının sınırlı kapasiteye sahip olduğu durumlarda özel aktörlerin ele geçirme ve rant kollama davranışları riskleri nedeniyle kamu ve özel sektörler arasında işbirliği kurmak genellikle zordur.

Uzun vadeli planlamayı destekleyen uzmanlar, etiketlerin ve sertifikaların kullanılmasından fayda sağlayacaktır. İklim değişikliği ve düşük olasılıklı olaylara karşı dayanıklılık alanlarında, müşteriler ve kullanıcılar çeşitli mühendislik ve danışmanlık firmalarının performansını kolayca gözlemleyemezler. İklim değişikliğine uyum konusundaki bir tavsiyenin (örneğin, bir yolun inşası için) etkinliği, varlık inşa edildikten onlarca yıl sonrasına kadar belli olmayacaktır. Altyapının dayanıklılığı, şiddetli hava koşulları veya bir test edilene kadar gözlemlenemez. Bir köprünün onlarca yıl boyunca beklendiği gibi performans göstermesi, bir köprünün

tasarım hatası, daha güçlü bir fırtına sırasında çökmesine yol açmayacaktır.

Performansın kolayca ölçülüp doğrulanmadığı durumlarda, etiketler ve sertifikalar belirli bir sektörün müşterilerine belirli bir düzeyde koruma . Bu tür etiketler öz düzenleme yoluyla (örneğin meslek örgütlerinin etiketi oluşturması gibi) ya da kamu sektörü tarafından (örneğin inşaat bakanlığının belirli görevleri yerine getirebilecek yetkinlikteki şirketleri sertifikalandırması gibi) sağlanabilir. Ancak bu tür bir sertifikasyonun tasarlanması zordur. Eğer çok katı olursa, sertifikasyon süreci kolaylıkla inovasyonu yavaşlatabilir, yeni oyuncular için giriş engelleri yaratabilir ve rekabeti azaltabilir. Eğer çok gevşek olursa, bir etiket ya da sertifika düşük kaliteli oyuncuların, hatta sahtekarların oyuna girmesine yardımcı olabilir.

NOTLAR

1. Bkz. <https://drones.fsd.ch/wp-content/uploads/2016/03/Case-Studies-Dar-es-Salaam-Final2-1617045.pdf>.
2. Bu bölüm Kalra ve diğerlerinden (2014) uyarlanmıştır.

REFERANSLAR

- Browder, G., S. Ozment, I. Rehberger Bescos, T. Gartner, ve G.-M. Lange. 2019. *Yeşil ve Grinin Bütünleştirilmesi: Yeni Nesil Altyapının Oluşturulması*. Washington, DC: Dünya Bankası ve Dünya Kaynakları Enstitüsü.
- Cervigni, R., R. Liden, J. E. Neumann, ve K. M. Strzepek, eds. 2015. *Afrika'nın Altyapısının İklim Direncinin Artırılması: Enerji ve Su Sektörleri*. Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0466-3>.
- GFDRR (Afet Azaltma ve İyileştirme Küresel Fonu). 2016. "Open Data for Resilience Initiative." GFDRR, Washington, DC.
- . 2019. "Afet Risk Yönetimi için Makine Öğrenimi." GFDRR, Washington, DC.
- Graesser, J., A. Cheriadat, R. R. Vatsavai, V. Chandola, J. Long ve E. Bright. 2012. "Kentsel Peyzajda Resmi ve Gayri Resmi Komşulukların Görüntü Tabanlı Karakterizasyonu." *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 5 (4): 1164-76.
- Haasnoot, M., J. H. Kwakkel, W. E. Walker, ve J. ter Maat. 2013. "Dinamik Uyarlanabilir Politika

- Yollar: Son Derece Belirsiz Bir Dünya İçin Sağlam Kararlar Oluşturmaya Yönelik Bir Yöntem." *Global Environmental Change* 23 (2): 485-98.
- Hallegatte, S. 2009. "Belirsiz Bir İklim Değişikliğine Uyum Stratejileri." *Küresel Çevresel Değişim* 19 (2): 240-47. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.12.003>.
- . 2012. "Gelişmekte Olan Ülkelerde Afet Kayıplarını Azaltmak için Maliyet-Etkin Bir Çözüm: Hidro-Meteorolojik Hizmetler, Erken Uyarı ve Tahliye." *Politika Araştırma Çalışma Belgesi* 6058, Dünya Bankası, Washington, DC. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-6058>.
- Kahneman, D. 2011. *Hızlı ve Yavaş Düşünme*. New York: Farrar, Strauss ve Giroux.
- Kalra, N., S. Hallegatte, R. Lempert, C. Brown, A. Fozzard, S. Gill ve A. Shah. 2014. "Sağlam Kararlar Üzerinde Anlaşmak: Derin Belirsizlik Altında Karar Verme için Yeni Süreçler." *Politika Araştırma Çalışma Belgesi* 6906, Dünya Bankası, Washington, DC. <https://doi.org/doi:10.1596/1813-9450-6906>.
- Lempert, R. J., ve D. G. Groves. 2010. "Identifying and Evaluating Robust Adaptive Policy Responses to Climate Change for Water Management Agencies in the American West." *Technological Forecasting and Social Change* 77 (6): 960-74.
- Lempert, R. J., S. W. Popper, ve S. C. Bankes. 2003. *Gelecek Yüz Yılı Şekillendirmek: Nicel, Uzun Vadeli Politika Analizi için Yeni Yöntemler*. Santa Monica, CA: RAND Corporation.
- McCarl, B. A., X. Villavicencio, ve X. Wu. 2008. "İklim Değişikliği ve Gelecek Analizi: İstasyon-rite Ölüyor mu?" *American Journal of Agricultural Economics* 90 (5): 1241-47. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2008.01211.x>.
- Milly, P. C. D., J. Betancourt, M. Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewicz, D. P. Lettenmaier ve R. J. Stouffer. 2008. "Durağanlık Öldü: Su Yönetimi Ne Olacak?" *Science* 319 (5863): 573-74. <https://doi.org/10.1126/science.1151915>.
- Ranger, N., A. Milner, S. Dietz, S. Frankhauser, A. Lopez ve G. Ruta. 2010. "Birleşik Krallık'ta adaptasyon: Bir Karar Verme Süreci." İklim Değişikliği Ekonomisi ve Politikası Merkezi, Leeds Üniversitesi; Grantham İklim Değişikliği ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Londra.
- Ray, P. A. ve C. M. Brown. 2015. *Su Kaynakları Planlaması ve Proje Tasarımında Müşteri Belirsizliği ile Yüzleşme: Karar Ağacı Çerçevesi*. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0477-9>.
- Rogers, D., ve V. Tsirkunov. 2013. *Hava Durumu ve Müşteri Esnekliği: Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Hizmetleri Aracılığıyla Etkili Hazırlık*. Cilt 62. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0026-9>.
- Silver, N. 2012. *Sinyal ve Gürültü: Neden Bu Kadar Çok Tahmin Başarısız Oluyor - Ama Bazıları Olmuyor*. New York: Penguin Press.
- UNISDR (Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi). 2017. "Kelimelerden Eyleme Kılavuz Çizgileri: Ulusal Afet Risk Değerlendirmesi-UNISDR." UNISDR, Cenevre. <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/52828>.
- WMO (Dünya Meteoroloji Örgütü). 2016. "İklim Verilerinin Kurtarılması için En İyi Uygulamalara İlişkin Kılavuz." WHO, Cenevre. <https://public.wmo.int/tr/resources/library/guidelines-best-practices-iklim-veri-kurtarma>.
- WMO (Dünya Meteoroloji Örgütü), Dünya Bankası Grubu, GFDRR (Afet Azaltma ve İyileştirme Küresel Çerçevesi) ve USAID (ABD Uluslararası Kalkınma Ajansı). 2015. "Hava Durumu ve İklim Değer Vermek: Meteorolojik ve Hidrolojik Hizmetlerin Ekonomik Değerlendirmesi." WMO, Cenevre. <https://public.wmo.int/tr/resources/library/valuing-weather-ve-iklim-ekonomik-değerlendirmesi-meteorolojik-ve-hidrolojik>.
- Dünya Bankası. 2018. "Ramani Huria: Darüsselam'da Sel Direnci Atlası." Çalışma Belgesi 125586, Dünya Bankası, Washington, DC. <http://documents.worldbank.org/curated/en/200421524092301920/Ramani-Huria-the-atlas-of-flood-resilience-in-Dar-es-Salaam>.

ENGEL	ÖNERİ	EYLEMLER
Satın alınabilirlik ve finansman kısıtları	Finansman sağlayın	5.1: Risk değerlendirmelerinin ana planlara ve erken proje tasarımına dahil edilmesi için yeterli finansman sağlanması 5.2: Devlet çapında bir mali koruma stratejisi ve acil durum planları geliştirilmesi 5.3: Yatırımcıları ve karar vericileri daha iyi bilgilendirmek için şeffaflığın teşvik edilmesi

ENGEL:
ALTYAPI SEKTÖRÜ ÖDENEBİLİRLİKLE
KARŞI KARŞIYA
VE FİNANSMAN KISITLARI

Altyapının dayanıklılığını artırmaya yönelik çabalar, hükümet veya düzenleyiciler tarafından üstlenilen maliyet veya altyapı hizmetleri sağlayıcıları tarafından üstlenilen maliyet de dahil olmak üzere tam maliyetinin çeşitli bileşenlerini artırabilir (bkz. Şekil 9.4).

Bazı durumlarda, bir altyapı varlığının daha dayanıklı hale getirilmesi, yaşam döngüsü maliyetinde mutlak bir artışa ve dolayısıyla *ödeme* güçlüklerine yol açar. Örneğin, bir deprem sırasında can kaybını önlemek için okulların yapısal olarak güçlendirilmesi gerektiğinde, çözümler ya finansmanda bir artış (daha yüksek vergiler, daha yüksek kullanıcı ücretleri veya daha büyük bölgesel veya uluslararası transferler gibi) ya da esneklik ve dayanıklılık arasında bir değiş tokuş içerebilir.

altyapı hizmetlerinin miktarı (daha az sayıda ama daha güçlü okullar gibi).

Ancak çoğu zaman, bir projeyi daha dayanıklı hale getirmek projenin yaşam döngüsü artırmaz, ancak tasarım maliyetini, inşaat maliyetini veya bakım maliyetini artırarak *finansman* sorununu ortaya çıkarır. Eğer yaşam döngüsü maliyeti mevcut kaynaklarla yönetilebiliyorsa, o zaman yapılması gereken, iyi bir tasarım için erken proje aşamalarına, dayanıklı altyapı için gereken önemli ön yatırımlara ve iyi bir bakım için düzenli kaynak akışına kaynak tahsis etmektir.

ÖNERİ 5: FİNANSMANININ SAĞLANMASI

Karşılabilirlik ve finansman zorluklarının ele alınmasına yardımcı olabilecek gerekli tedbirler nelerdir?

kısıtlamalar var mı? Bu bölümde üç temel eylem vurgulanmaktadır: risk değerlendirmelerini ana planlara ve erken proje tasarımına dahil etmek için yeterli finansman ihtiyacı; önlenemeyen afetlerden kurtulmaya yardımcı olmak için hükümet çapında bir mali koruma stratejisine duyulan ihtiyaç; ve yatırımcıların ve karar vericilerin en iyi ve en dirençli projeleri seçmek için ihtiyaç duydukları bilgilere sahip olmalarını sağlamak için altyapı yatırımlarının daha fazla şeffaflığına duyulan ihtiyaç.

Eylem 5.1: Risk değerlendirmelerinin ana planlara ve erken proje tasarımına dahil edilmesi için yeterli finansman sağlanması

Düzenleyici kurumların bütçeleri genellikle sınırlıdır, bu da doğru kanun ve yönetmelikleri tasarlamalarını veya bunları uygulamalarını zorlaştırmaktadır (bkz. bölüm 9). Ayrıca, ana planlama çalışmaları, dayanıklılık için sistem düzeyindeki seçenekleri yakalamak için kritik öneme sahiptir (bkz. bölüm 7), ancak bu çalışmalar genellikle tam teşekküllü bir risk değerlendirmesi yapmak için gerekli kaynaklardan yoksundur.

Benzer şekilde, bir altyapı varlığı projesinin ilk hazırlık aşamasında bütçeler küçük olma eğilimindedir, bu da ihtiyaç duyulan sofistike risk ve dayanıklılık analizlerinin (bölüm 12'de önerilenler gibi) yapılmasını zorlaştırır - bir altyapı varlığının ömrü boyunca büyük tasarruflar sağlayabilecek olsalar bile. Projeler daha olgunlaştığında ve finansmana erişim daha kolay olduğunda, daha fazla kaynak kullanılabilir hale gelir. Ancak bu aşamada çoğu stratejik karar çoktan verilmiştir ve örneğin bir varlığın yerini ve hatta bir projenin niteliğini değiştirmek de dahil olmak üzere dayanıklılığı artırmak için düşük maliyetli seçeneklerin çoğu artık mevcut değildir. Bu nedenle, proje tasarımının erken aşamalarında risk analizinin dahil edilmesi için gereken finansman ve teknik desteğin sağlanması son derece uygun maliyetli olabilir.

Hükümetler veya uluslararası kuruluşlar, uygun verilerin üretilmesini finanse ederek ve özel kaynak ayırarak nispeten sınırlı kaynaklarla dönüşümsel bir etki yaratabilir

Master planlama çalışmaları ve erken altyapı proje geliştirme süreçlerini bilgilendirmek için risk değerlendirmesi. Bu nedenle afet ve iklim riski değerlendirmesi, iklim değişikliği finansmanının kullanımı için öncelikli olarak belirlenen alanlardan biridir (Dünya Bankası 2018) ve Afet Azaltma ve İyileştirme Küresel Fonu'nun (GFDRR) 2018-21 stratejisinin ana odak noktalarından biridir.

Özel kuruluşlar ve proje hazırlama tesisleri, risk değerlendirmesinin ana planlamaya, düzenleme tasarımına ve altyapı projelerinin erken aşamalarına dahil edilmesini destekleyebilir. Örneğin, hükümetler, çok taraflı kalkınma bankaları, özel sektör yatırımcıları ve finansörlerden oluşan bir ortaklık olan Küresel Altyapı Tesisi, karmaşık altyapı projelerinin hazırlanması, yapılandırılması ve uygulanmasını desteklemektedir. Özellikle, yatırımların önceliklendirilmesi ve "ön fizibilite" analizi yoluyla bir proje konseptinin test edilmesi için ön çalışmaları desteklemektedir. Ayrıca, gerektiğinde, bir projenin mali yapısında uzun vadeli özel sermayenin başarılı bir şekilde geliştirilmesini veya katılımını sağlamak için gerekli yasal, düzenleyici ve kurumsal reformları da destekler. Bu girişimlerin, bir ön fizibilite çalışmasında dayanıklılığın dikkate alınması veya kamu-özel sektör ortaklıklarının geliştirilmesinde iklim ve afet riskinin dikkate alınmasını sağlayacak yasal ve düzenleyici ortamın geliştirilmesi gibi dayanıklılıkla ilgili bazı yönleri olabilir.

Eylem 5.2: Doğal tehlikeler için hükümet çapında bir mali koruma stratejisi ve acil durum planları geliştirilmesi

Bu rapor, önlenemeyen olayların yönetilebilmesi için altyapı varlık işletmecilerinin olaylara hızlı bir şekilde müdahale etme kapasitesine sahip olması gerektiğini tespit etmiştir (bkz. Bölüm 9). Ancak doğal tehlikelerin neden olduğu kesintilerin kendine has özellikleri vardır: sistem arızasından kaynaklananlara kıyasla daha büyük olma, daha uzun sürme ve daha maliyetli olma eğilimindedirler. Örneğin, Türkiye'de tehlikeye bağlı elektrik kesintileri

Avrupa'daki kesintiler doğal olmayan nedenlerden kıyasla dört kat daha uzun sürmektedir. Bangladeş'te neredeyse her gün elektrik kesintileri yaşanırken, tropikal bir kasırga ülkedeki en büyük kesintiye neden olmuş ve bu sırada 26 elektrik santralinin tamamı durdurulmuştur. Benzer şekilde, araba kazalarına bağlı trafik sıkışıklığı dünyadaki tüm ülkelerde günlük bir olayken, bir deprem aynı anda yüzlerce köprüye zarar verebilir.

Tehlikeyle bağlantılı varlık kayıplarını ve aksaklıkları yönetmek için ülkelerin belirli acil durum planları ve finansal koruma stratejisi içeren ek araçlara ihtiyacı vardır. Ülkelerin böyle bir strateji oluşturmalarına yardımcı olacak kaynaklar, ülkeleri daha dirençli hale getirebilir ve bu konu uluslararası toplumun giderek daha fazla ilgisini çekmektedir. Örneğin, Küresel Risk Finansman Kolaylığı (GRiF) yakın zamanda kurulmuş bir finansman mekanizması olup, farklı sektörlerde riske dayalı finansal planlamanın geliştirilmesini ve kritik kamu hizmetlerinin (elektrik, trans-port ve su gibi) devamlılığını desteklemektedir.

Bir afet altyapıya zarar verdiğinde, hem arz tarafında (kurtarma, onarım ve yeniden inşa için) hem de talep tarafında (kullanıcıların aksaklıkları yönetmesine yardımcı olmak için) aksaklıkları yönetmek için kaynaklara ihtiyaç duyulur. Afet sonrası ihtiyaçların genellikle iki aşaması vardır: iyileştirme ve yeniden inşa. İyileştirme aşaması, nispeten sınırlı kaynakların acilen gerekli olduğu bir afeti takip eden haftalar ve ayları ifade eder. Bu aşamada zamanlama kritik önem taşır. Yeniden inşa aşaması, alt yapı ve binaların onarıldığı veya yeniden inşa edildiği daha uzun bir dönemi ifade eder. Bu aşama genellikle büyük fon finansman ihtiyaçlarını içerir, ancak geleneksel fon ve finansman mekanizmalarının harekete geçirilebilmesi için daha az aciliyete sahiptir.

Ancak mali kaynakların mevcudiyeti hikayenin sadece yarısıdır. Bir hükümetin afet sonrası toparlanma ve yeniden yapılanmayı destekleme kapasitesi, büyük ölçüde bu kaynakları ihtiyaç duyulan yerlere ulaştırma becerisine bağlıdır

gereklidir. Bunu yapmak için hükümetlerin bir afet yaşanmadan önce doğru araçlar, kurumlar ve kapasiteler ile hazırlıklı olması gerekir. Hızlı toparlanma ve yeniden inşayı sağlayabilecek önlemler arasında (1) toparlanma ve yeniden inşa çabalarının koordinasyonunun etkili olmasını ve sorumlulukların devlet kurumları arasında net bir şekilde paylaştırılmasını sağlamak için sürekli planlar; (2) finansmanın hemen kullanılabilir olmasını ve bütçe prosedürleri tarafından geciktirilmemesini sağlamak için şarta bağlı kredi hatları veya sigorta ürünleri gibi şarta bağlı finansal düzenlemeler; (3) tedariki hızlandırmak için önceden hazırlanmış sözleşmeler - örneğin, yeniden inşayı kolaylaştırmak için enkazın mümkün olan en kısa sürede kaldırılmasını sağlamak; ve (4) kurtarma ve yeniden inşa için gereken personel ve ekipman maliyetini paylaşmak için uluslararası işbirliği.

Hükümetler genellikle altyapı iyileştirme ve yeniden yapılandırma çalışmalarının çoğunu finanse eder. Bu aşamalarda likiditeyi üç şekilde sağlayabilirler: (1) yeterli yedek akçe bulundurarak, (2) şarta bağlı kredi kolaylıkları sağlayarak veya (3) sigorta planları kullanarak veya risk transferi yaparak. Hükümetler bu finansal araçları farklı risk türlerini kapsayan farklı araçlarla "risk katmanları" boyunca yapılandırabilir (Şekil 13.1). Meksika ve Filipinler gibi ülkeler, katmanlı bir afet riski finansman stratejisi kullanarak kendilerini çok çeşitli beklenmedik durumlara karşı hazırlamışlardır. Rezerv fonlar düşük maliyetli, yüksek olasılıklı olayları yönetmek için kullanılırken, koşullu finansman ve ülke riski transfer araçları yüksek maliyetli, düşük olasılıklı olaylar için kullanılmaktadır (Ghesquiere ve Mahul 2007; Mahul ve Ghesquiere 2010; Dünya Bankası 2017).

Bazen altyapı varlıkları, ister özel ister kamu kuruluşu olsun, doğrudan sahipleri veya işletmecileri tarafından sigortalanabilir. Örneğin Kenya hükümeti, elektrik alım anlaşmalarında zorunlu afet risk sigortası kapsamı şartlarını uygulamaya koymuştur. Sigorta, onarım ve yeniden yapılandırmanın finanse edilmesine yardımcı olur.

ŞEKİL 13.1 Ülkelerin katmanlı bir risk finansmanı stratejisine ihtiyacı var

Kaynak: Dünya Bankası 2017.

Not: IDB = Inter-American Development Bank; JICA = Japan International Cooperation Agency; IDA = International Development Association.

ve aynı zamanda altyapı varlık sahipleri ve işletmecileri için daha dirençli varlıklar için daha düşük prim ödemek amacıyla riskleri azaltmaya yönelik güçlü bir teşvik yaratır. Genelde bir sigorta poliçesi, sigorta ödemesinin bir koşulu olarak uygun bakımın yapılmasını gerektirir; bu da hükümetleri altyapının bakımını düzgün bir şekilde yapmaya ve afet risklerini azaltmaya teşvik etmelidir. Sigortanın uygulanabilirliği ve arzu edilebilirliği, yerel sigorta piyasalarının olgunluğuna, küresel reasürans piyasalarına veya diğer sermaye piyasası araçlarına erişimin mümkün olup olmadığına ve maliyet hususlarına bağlıdır.

Finansal araçların seçimi sadece işlevselliklerine göre değil, aynı zamanda maliyetlerine ve ödeme hızlarına göre de belirlenir. Tablo

13.1 farklı finansal risk araçları için gösterge niteliğinde bir maliyet çarpanı sunmaktadır. Maliyet çarpanı, bir finansal ürünün maliyetinin (bir sigorta ürününün primi veya şarta bağlı bir borçlanma imkanının maliyetinin beklenen net bugünkü değeri gibi), kullanım ömrü boyunca beklenen ödemeye oranı olarak tanımlanır. Oranın 2 olması, finansal ürünün toplam maliyetinin uzun bir boyunca beklenen ödemenin iki katı olacağını gösterir.

Fonların elde edilme hızı, altta yatan yasal ve idari süreçler tarafından belirlenir (Mahul ve Ghesquiere 2010). Bununla birlikte, maliyet çarpanları ve fon ödeme hızı, tehlikenin türüne, ödemenin sıklığına veya ülkedeki kurumsal ve yönetim kapasitesine bağlı olarak vaka bazında değişiklik gösterebilir.

Diğer önemli hususlar arasında kaynakların şeffaflığı ve öngörülebilirliği yer almaktadır (Clarke ve Dercon 2016). Endeks sigorta ürünleri ve ölçülebilir göstergelere dayalı risk transfer mekanizmaları gibi kural temelli araçlar hükümetlere, teknik kurumlara, yerel yönetimlere, firmalara ve hane halklarına öngörülebilir miktarda destek sağlar ve kendi müdahalelerini tasarımlarına olanak tanır (kendi sigorta sözleşmelerini yapmak gibi). Hükümet perspektifinden bakıldığında, kurala dayalı araçlar afet sonrası kaynakların nasıl harekete geçirileceği ve kullanılacağı konusunda disiplin oluşturulmasına da yardımcı olur.

Koşullu finansman, kullanıcıların altyapı kesintileriyle başa çıkmalarına ve bu kesintileri atlatmalarına da yardımcı olabilir. Gerçekten de, bu raporda vurgulandığı üzere, yeniden inşa maliyetleri, altyapı

TABLO 13.1 Maliyet çarpanları risk yönetimine yönelik finansal araçlar arasında farklılık göstermektedir

Enstrüman	Gösterge niteliğindeki maliyet çarpanı	Ödeme (aylar)	Potansiyel olarak mevcut fon miktarı
Eski finansman			
Donör desteği (insani yardım)	0-1	1-6	Belirsiz
Donör desteği (kurtarma ve yeniden yapılandırma)	0-2	4-9	Belirsiz
Bütçe yeniden tahsisleri	1-2	0-9	Küçük
Yurtiçi kredi (tahvil ihraçları)	1-2	3-9	Orta
Dış kredi (örn. acil durum kredileri, tahvil ihracı)	1-2	3-6	Büyük
Ex ante finansman			
Bütçe Beklenmedik Durumları	1-2	0-2	Küçük
Rezervler	1-2	0-1	Küçük
Şarta bağlı kredi	1-2	0-1	Orta
Parametrik sigorta	1.3 ve üzeri	0-2	Büyük
Alternatif risk transferi (örneğin, kedi bonoları, hava durumu türevleri)	1,5 ve üzeri	1-6	Büyük
Geleneksel (tazminata dayalı) sigorta	1,5 ve üzeri	2-12	Büyük

Kaynak: Mahul ve Ghesquiere 2010.

esneklik eksikliğinin tam maliyetinin bir kısmı. Büyük kesintilerden sonra küçük firmalar müşterilerini ve satışlarını kaybedecek, haneler şişe suyu ve pil almak için daha fazla harcama yapmak zorunda kalacak ya da üyelerinin işe gidememesi nedeniyle gelir kaybına uğrayacaktır. Altyapı kesintilerinden etkilenen firmalar ve hane halkları, doğal tehlikelerin doğrudan vurduğu alanlardan uzakta bulunabilir ve afet sonrası desteğin dağıtımı, afetin kendisinden çok daha geniş bir mekansal alanı kapsamak zorunda kalabilir (Colon, Hallegatte ve Rozen-berg 2019; Rentschler vd. 2019).

Bazı ülkelerde altyapı hizmetlerini düzenleyen yönetmelikler, kesintilerden etkilenen kullanıcılara -özellikle de elektrik, telekomünikasyon ve su sektörlerinde- tazminat ödenmesini öngörmektedir. Tazminat sisteminin olmadığı durumlarda devlet, konutların yeniden inşası ve varlıkların yenilenmesi konusunda yardımcı olduğu gibi, altyapı kesintilerini yönetmeleri için de firmalara ve hane yardımcı olmak isteyebilir. Hanehalkları (ve hanehalklarının bireysel işletmeleri) için tipik araçlar şunları içerir

Mevcut sistemler tarafından kapsanmayan kişiler için afet sonrası geçici transferlerle desteklenen uyarlanabilir sosyal koruma sistemi (Hallegatte vd. 2017). Resmi sektörlerdeki firmalar genellikle vergi indirimleri, geçici transferler veya sübvansiyonlu krediler yoluyla desteklenebilir. Örneğin, 2007 yılında Japonya'daki Shizuoka Eyaleti Kredi Garanti Birliği, küçük ve orta ölçekli işletmeler için afet sonrası bir garanti programı geliştirmiştir. Program aracılığıyla, iş sürekliliği planları olan küçük ve orta ölçekli firmalar afet sonrası kredi garantisi için ön başvuruda bulunabilmekte ve bir işletme afet sonrasında borçlanırsa garanti ücretinden feragat edilmektedir. Genellikle kayıt dışı sektördeki küçük işletmeler, yasal ve teknik engeller karşısında desteklenmesi en zor olanlardır ve bazen geçici eylemler gerekli olabilir.

Eylem 5.3: Yatırımcıları ve karar vericileri daha iyi bilgilendirmek için şeffaflığın teşvik edilmesi

Finansmanın daha dirençli altyapı projelerine sağlamanın bir yolu da

yatırımcıların projelerin içerdiği riskler hakkında bilgi sahibi olmalarını sağlamak. Böylece daha dirençli olanları tercih edebilirler. Böyle bir yaklaşım, her projenin çeşitli tehlikelere ve kırılganlığı konusunda şu anda mevcut olmayan bir şekilde şeffaflık gerektirir.

Varlıklara yapılan yatırımlara bağlı fiziksel risklerin şeffaflığını artırmak için çok sayıda uluslararası, bölgesel ve ulusal girişim tasarlanmıştır. Örnekler arasında, işletmelerin (ve onlara yatırım yapan finansal aktörlerin) fiziksel riskleri ve bunların nasıl yönetildiğini raporlamasını tavsiye eden İklimle İlgili Finansal Açıklama Görev Gücü (TCFD) yer almaktadır. Fiziksel risklerin açıklanmasını standartlaştırmanın zorluklarının farkında olan Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası ve İklim Adaptasyonu Küresel Mükemmeliyet Merkezi, çeşitli senaryolar kullanarak iklimle ilgili risklerin ileriye dönük değerlendirmelerini yapma ihtiyacını vurgulayan bir çalışma başlattı. "Fiziksel İklim Riski ve Fırsatlarına İlişkin TCFD Kılavuzunun Geliştirilmesi" başlıklı çalışma, firmaların ve finans kuruluşlarının varlıklarının doğal tehlikelere maruziyeti hakkında raporlama yapmalarını ve bunları nasıl yönettiklerine ilişkin niteliksel bilgiler sunmalarını, böylece iklim riskinin kurumsal performans ve kredi riskleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesini kolaylaştırmalarını önermektedir.

Altyapı yatırımcılarının karar alma süreçlerinde çevresel sürdürülebilirliğin dikkate (Bennon ve Sharma 2018), özellikle çevresel, sosyal ve yönetim (ESG) ilkelerinin benimsenmesi veya sorumlu yatırım yaklaşımı yoluyla giderek daha fazla yer almaktadır. Birleşmiş Milletler destekli Sorumlu Yatırım İlkeleri Programı 2.000'den fazla kuruluş (varlık sahipleri, yatırım yöneticileri ve diğer finansal hizmet sağlayıcıları dahil) tarafından onaylanmıştır. Altyapı sermaye yatırımları ÇSY ilkelerinin dikkate alınmasına öncülük etmiş olsa da, sabit gelir alanı da ÇSY ilkelerini içermeye başlamaktadır - örneğin, yeşil tahviller ve sosyal

tahviller. Callan Institute'a göre, kararlarında ESG faktörlerini dikkate alan ABD'li kurumsal yatırımcıların sayısı 2013 ile 2018 yılları arasında neredeyse iki katına çıkarak yüzde 22'den yüzde 40'a yükseldi, ancak ESG değerlendirmelerinde dayanıklılığın dahil edilmesi sınırlı kalmaya devam ediyor.

ESG merceği kullanılarak altyapının sürdürülebilirliğini ölçmek için birçok gösterge bulunmaktadır (kutu 13.1). Bununla birlikte, dayanıklılık da performansın önemli bir itici gücüdür. Yatırımcıları ve karar vericileri bilgilendiren araçlar için bir zorluk, performans boyutunun (doğal riskler ve iklim değişikliği bir finansal ürünün getirisini nasıl etkileyecek?) ve ÇSY boyutlarının (bir finansal ürün ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğe nasıl katkıda bulunacak?) nasıl belirleneceğidir.

Bu boyutları belirlemek ve mevcut ölçüm sistemlerini tamamlamak için Dünya Bankası Grubu, yatırımcıları ve karar vericileri projelerinin dayanıklılık özellikleri hakkında daha iyi bilgilendirmeyi amaçlayan bir *dayanıklılık derecelendirme sistemi* geliştirmeyi taahhüt etmektedir. Bu derecelendirme sistemi yeni bilgi ya da veri yaratmayacaktır. Bunun yerine, proje belgelerinde halihazırda mevcut olan son derece teknik bilgileri, mühendislik geçmişi olmayan kişilerin kullanabileceği basit bir derecelendirmeye dönüştürecektir. Projeleri iki dayanıklılık boyutuna derecelendirecektir:

- *Boyut 1: Yatırımların ve projelerin dayanıklılığı.* Bu boyut, bir projenin iklim ve afet risklerini ne ölçüde dikkate aldığını ölçmektedir. A+'dan D'ye kadar notlarla ifade edilen derecelendirme, bir projenin finansal, çevresel ve sosyal performans düşüklüğünü önleme kabiliyetine duyulan güveni karakterize eder. Örneğin yüksek bir derecelendirme, bir yatırımın beklenen getiri oranının doğal tehlikelerin veya iklim değişikliğinin yatırım üzerindeki olası olumsuz etkilerini hesaba kattığına dair daha yüksek bir güveni ifade eder. Düşük bir derecelendirme ile ve diğer her şey eşit olduğunda, beklenen getiri oranına ulaşılması pek olası değildir ve

KUTU 13.1 Altyapının sürdürülebilirliğini ölçmek için birçok gösterge geliştirilmiştir

Günümüzde, sürdürülebilir altyapıya yönelik çeşitli standartlar, dayanıklılıkla ilgili hususları veya en azından dayanıklılıkla ilgili yönetim boyutlarını içermektedir. Aşağıda bu standartlardan beşinin bir özeti yer almaktadır:

- *Sürdürülebilir ve Dayanıklı Altyapı Standardı (SuRe)*, İsviçre'deki Küresel Altyapı Basel Vakfı tarafından bir Fransız yatırım bankası olan Natixis ile işbirliği içinde geliştirilen bir proje sertifikasyon standardıdır:
 - o SuRe'nin maliyeti sertifikasyonu için ile arasındadır.
 - o Projenin büyüklüğüne ve gelişim aşamasına bağlı olarak 30.000 ila 60.000 \$.
 - o Sertifikasyon 14 temada 61 kriter . "Dayanıklılık planlaması" ile ilgili kriter, projenin yaşam döngüsü için bir kırılganlık değerlendirmesi yapılmasını, dayanıklılık önlemlerinin raporlanmasını ve projeye bir risk izleme sisteminin dahil edilmesini gerektirmektedir. Ayrıca acil durum müdahalesine hazırlık ve tedarik zinciri hassasiyetlerine ilişkin bileşenleri de içermektedir.
- *Envision*, Sürdürülebilir Altyapı Enstitüsü ve Harvard Üniversitesi'ndeki Zofnass Sürdürülebilir Altyapı Programı tarafından ortaklaşa geliştirilen bir derecelendirme sistemidir:
 - o Projeler, 11.000 ila 56.000 \$ arasında değişen ücretlerle doğrulamayı tercih edebilir.
 - o Derecelendirme sistemi beş kategoride 60 sürdürülebilirlik kriteri veya kredisi içermektedir: yaşam kalitesi, liderlik, kaynak tahsisi, doğal dünya ve iklim ve risk.
 - o İklim ve risk kategorisi, dayanıklılıkla ilgili birçok alt göstergelyi içermektedir: kapsamlı bir etki değerlendirmesi ve uyum planlarının geliştirilmesi; iklim değişikliği gibi uzun vadeli eğilimlerin dikkate alınması; uzun vadeli uyum için hazırlık; ve kısa vadeli tehditlerin ve ısı adası etkilerinin yönetimi.

- *İnşaat Mühendisliği Çevresel Kalite Değerlendirme ve Ödülleri (CEEQUAL) programı*, çok küçük projeler için 6.500 \$'dan az, büyük projeler için 58.000 \$'dan fazla değişen ücretlerle 2003 yılında başlatılan bir değerlendirme programıdır:
 - o Program, bir projenin çevre yönetimi ve etkilerine ilişkin dokuz kategoriyi değerlendirmektedir.
 - o Her kategori, farklı yönetim uygulamalarına ve performans göstergelerine uygulanabilen bir dizi puanlı sorudan oluşmaktadır.
 - o Program, iklim koşullarında beklenen değişikliklerin dikkate alınması ve bunlara yanıt verilmesiyle ilgili basit sorular içermektedir.
- *Uluslararası Finans Kurumu (IFC) Performans Standartları (ve Ekvator Prensipleri)*, IFC tarafından finanse edilen projeler için Dünya Bankası Grubu'nun çevre, sağlık ve güvenlik proje kılavuzlarından türetilen sekiz performans standardı içeren bir metodolojidir:
 - o İlk standart "Çevresel ve Sosyal Risklerin ve Etkilerin Değerlendirilmesi ve Yönetimi" ile ilgilidir ve acil durum yönetimine ilişkin gereklilikleri içermektedir.
 - o Performans standartları, projeye yönelik riskleri derinlemesine araştırmadan projenin yarattığı riske odaklanır.
- *GRESB (ESG Benchmark for Real Assets) Infrastructure*, varlık sahipleri, fon yöneticileri, yükleniciler ve varlık yöneticileri için proje düzeyinde ve portföy düzeyinde bir değerlendirme aracıdır:
 - o Toplanan veriler arasında sürdürülebilirlik planlamasına ilişkin yönetim uygulama göstergeleri, sekiz kategoride çevresel performans göstergeleri ve proje performans ölçütleri yer almaktadır.
 - o Dayanıklılık modülü, yıkıcı olaylara ve iklim değişikliği gibi uzun vadeli eğilimlere karşı hazırlığa odaklanır.

Kaynak: Bennon ve Sharma 2018.

afetler ve iklim değişikliğini hesaba katmak için ayarlanması gerekir. Bu metrik, projenin başarısız olma ihtimalinin olup olmadığı hakkında değil, başarısızlık riskinin (duruma göre düşük veya yüksek olabilir) projeyi gerekçelendiren ekonomik veya mali analizde dikkate alınıp alınmadığı hakkında bilgi sağlar. Sonuç olarak, başarısızlık riski yüksek olan bir proje, bu riskin analizde hesaba katılması koşuluyla yüksek puan alabilir. Başarısızlık olmaması durumunda potansiyel getiriler son derece yüksekse, bu riske rağmen proje aslında cazip olabilir.

- *Boyut 2: Yatırımlar ve projeler yoluyla dayanıklılık oluşturma.* Hedeflenen yatırımlar veya yatırımların belirli bileşenleri genellikle faydalanıcıların dayanıklılığını arttırmak amacıyla tasarlanır. Şehirlerdeki fırtına dalgalarını veya şiddetli yağışları yönetmek için gereken bir deniz duvarı veya drenaj sistemi ya da izole bir köyü pazarlara bağlayan ve gıda güvenliğini artıran yeni bir yol buna örnek olarak verilebilir. Dolayısıyla bu tür yatırımlar, mevcut ve gelecekteki risklere karşı daha fazla dayanıklılığa doğru ilerlemeyi destekler. Bu boyut ile birinci boyut arasındaki ayrım önemlidir: tüm projelerin dirençli olması gerekse de, tüm projeler daha geniş bir topluluğun veya ülkenin direncini artırmayı amaçlamaz. Dolayısıyla ikinci boyut, iklimle dirençli kalkınma ve uzun vadeli dirençli kalkınma yolları için kilit öneme sahip yatırımların önceliklendirilmesine ve teşvik edilmesine yardımcı olmaktadır. Harf notlarıyla da ifade edilen bu kategoriye ilişkin derecelendirme koşulları, ilkinde kıyasla daha az tekniktir ve diğer hususlar eşit olmak üzere, yararlanıcılara ve ilgili kırılganlıklara bağlıdır.

Bu iki boyutlu derecelendirme sisteminin amacı, özel sektör veya kamu sektörü tarafından yapılan her bir yatırımın doğal afet ve iklim değişikliği risklerini dikkate almasını, kendi dayanıklılığını ve beklenen faydayı sağlama kabiliyetini incelemesini sağlamaktır.

uyum ve kar. Aynı zamanda toplumlar ve ekonomiler üzerindeki daha geniş etkileri de hesaba katar. Bu araç, yatırımcıların en iyi projeleri seçmelerine yardımcı olmayı ve daha üretken ve dirençli bir geleceğe katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Böyle bir dirençli derecelendirme sistemi yaygın bir uygulama haline gelirse, yatırımcıların yeni altyapı projelerinin doğal tehlikeleri ve iklim değişikliğini nasıl hesaba kattığı konusunda asgari bir standart getirmelerine olanak sağlayabilir. Daha dirençli toplumları desteklemeye yönelik üst düzey taahhütlerin reel ekonomide uygulama ve tasarım değişikliklerine dönüştürülmesine yardımcı olacaktır. Ve böyle bir sistem hükümetlerin bütçe süreçlerine dahil edilirse, altyapı yatırımlarının büyük çoğunluğunu temsil eden kamu harcamalarını da etkileyebilir ve daha dirençli altyapı sistemlerine doğru geniş bir geçişi destekleyebilir.

Özel ve kamu yatırımlarının dayanıklılığına ilişkin daha fazla şeffaflık, bu raporda sunulan diğer tavsiyelerin uygulanması için de güçlü bir teşvik sağlayacak ve daha önce vurgulanan ekonomi politik zorlukların yönetilmesine yardımcı olacaktır. Günümüzde, altyapı işletmecilerine doğru tehlike ve iklim değişikliği verilerini sağlayan ya da inşaat yönetmeliklerini ve altyapı sektörü düzenlemelerini düzenli olarak güncelleyen bir hükümet için çok az ödül söz . Altyapı projelerinin dayanıklılığı konusunda daha fazla şeffaflık, bir ülkede gerçekleşen yatırımların derecelendirmesini iyileştirerek bu eylemlere görünürlük kazandıracaktır. Bir araya getirildiği takdirde, yeni yatırımların dayanıklılığına ilişkin ülke düzeyinde bir ölçüt oluşturulmasına bile yardımcı olabilir.

Bu sinerjiler, bu raporda yapılan tavsiyeler arasında var olan çok sayıdaki sinerjinin sadece bir kısmıdır. Gerçekten de tek bir müdahale tüm altyapı sistemlerini dirençli hale getiremez. Bunun yerine, hükümetlerin kamu hizmetleri, yatırımcılar, iş dernekleri ve vatandaş örgütleri gibi tüm paydaşlarla ortaklaşa tutarlı bir strateji tanımlaması ve uygulaması gerekecektir.

daha dirençli altyapı sistemlerinin önündeki birçok engel. Bunu yapmak zor ve zaman alacak olsa da, bu rapor bunu yapmanın ve gecikmeden yapmanın potansiyel faydalarını vurgulamaktadır. Bu raporda önceden sunulan analize göre, eylemsiz geçen her on yıl dünyaya trilyonlarca dolara mal olabilir.

REFERANSLAR

- Bennon, M., ve R. Sharma. 2018. "Uygulamanın Durumu: Altyapı Yatırımcıları için Sürdürülebilirlik Standartları." *SSRN Elektronik Dergi*, Ekim. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3292469>.
- Clarke, D. J., ve S. Dercon. 2016. "Sıkıcı Felaketler mi? Önceden Planlama Nasıl Fark Yaratır?" Dünya Bankası, Washington, DC. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Colon, C., S. Hallegatte ve J. Rozenberg. 2019. "Tanzanya Birleşik Cumhuriyeti'nde Ulaşım ve Tedarik Zinciri Esnekliği." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Ghesquiere, F., ve O. Mahul. 2007. "Gelişmekte Olan Ülkeler için Egemen Doğal Afet Sigortası: Afet Riski Finansmanında Bir Paradigma Değişikliği." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 4345, Dünya Bankası, Washington, DC. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-4345>.
- Hallegatte, S., A. Vogt-Schilb, M. Bangalore ve J. Rozenberg. 2017. *Kırılmaz: Doğal Afetler Karşısında Yoksulların Dayanıklılığının Artırılması*. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1003-9>.
- Mahul, O., ve F. Ghesquiere. 2010. "Devletin Doğal Afetlere Karşı Mali Koruması: A Primer." Politika Araştırma Çalışma Belgesi 5429, Dünya Bankası, Washington, DC. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-5429>.
- Rentschler, J., M. Kornejew, S. Hallegatte, M. Obolensky, ve J. Braese. 2019. "Az Kullanılmış Potansiyel: The Business Costs of Unreliable Infrastructure in Developing Countries." Bu rapor için arka plan belgesi, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Dünya Bankası. 2017. *Sovereign Catastrophe Risk Pools*. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/28311>.
- . 2018. *İklim Eylemini Maksimize Etmek için İklim Finansmanının Stratejik Kullanımı*. Dünya Bankası, Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30475>.



EK

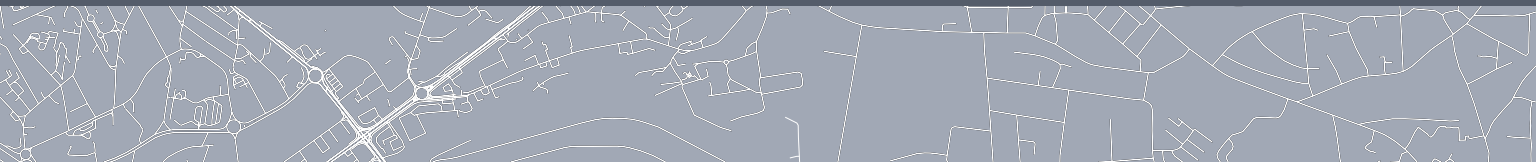
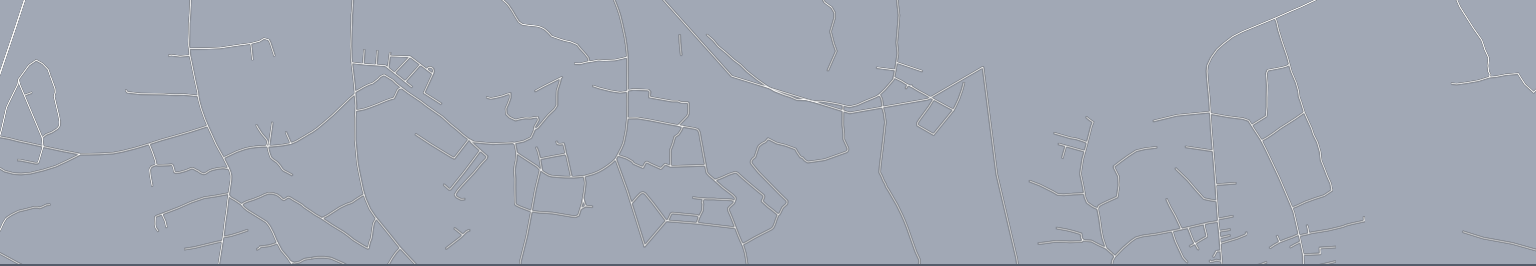
A

Altyapı Varlıklarının Dayanıklılığını Artırmak için Mühendislik Seçenekleri

Tu ekteki tablolar, sağlanan tahminlerin kaynakları da dahil olmak üzere her bir seçenek hakkında daha fazla bilgi sağlayan Miyamoto International'dan (2019) uyarlanmıştır.

Birçok hücredeki veriler geçmiş deneyimlere ve mühendislik yargılarına dayanmaktadır. Verilerin temsili bir örnek teşkil etmesi amaçlanmıştır. Gerçek iyileştirmeler, bu iyileştirmelerden elde edilen faydalar,

ve bu tür iyileştirmelerin maliyetleri belirli uygulamalara, saha koşullarına ve diğer değişkenlere bağlıdır. Aksi belirtilmedikçe, iyileştirme maliyetleri tipik olarak yeni ünitelerin inşası sırasında uygulanan iyileştirmeler içindir. Çoğu uygulama için retro fitting iyileştirmelerinin maliyetleri benzerdir. Daha fazla ayrıntı için bkz. Miyamoto International (2019).



TABLO A.1 Enerji sektöründe altyapı varlıklarının dayanıklılığını artırmak için mühendislik seçenekleri

Tip	Doğal tehlike		Bileşen	Kritik sistem/bileşen		Hasar olasılığı		Artan maliyet (aşağıdakiler dahil kalite kontrol)
	Tehlike	Yoğunluk		Mühendislik iyileştirmesi	Kalite iyileştirme	Temel	İyileştirildi	
Termal enerji santralleri (kömür, doğal gaz, petrol)	EQ hareketi	Mw 7 PGA	Eşyalar ve bunların ekleri	Sismik bileşen ve ankraj	İnşaat denetimi, test etmek	0.25	0.02	0.20
	Sıvılaşma	0.4g	Substrat	Zemin iyileştirme Derin temel	Jeoteknik rapor ve testler	0.30	NS	0.20
	Rüzgar	ND	Bina yapıları yığınları	Sert destekli yapılar Helezonik strake	Kaynak kalite kontrolü, muayene, test	0.40	0.1	0.10
	Sel	2 ila 3 ft. su baskını	Bütün tesis	Taşkın duvarı, palplanş	Su geçirmez olduğundan emin olun inşaat, denetim	0.05	NS	0.02
Hidroelektrik santralleri	EQ hareketi	Mw 7 PGA 0.4g	Geçit, kaldırma bağlantıları, emme kuleleri	Daha güçlü olaylar için tasarım yapın, uygun ankraj ve sismik bileşenler kullanın	İnşaat sırasında denetim, periyodik denetim	0.7	0.4	0.2
	Sıvılaşma				N/A			
	Rüzgar				N/A			
	Sel	Büyük yağmur fırtınaları, 200 ila 500 yıllık sel	Dolusavaklar, baraj kretinin taşması	Artırılmış dolusavak kapasitesi	Düzgün ıslatma, su altı denetimi	0.1	0.05	0.03
Güneş enerjisi çiftlikleri	EQ hareketi	Mw 7 PGA 0.4g	Destek yapısı	Yeterli ankraj, uygun tasarım ve destekleme	Muayene, bakım	0.1	0.02	0.05
	Sıvılaşma				N/A			
	Rüzgar	100 mph	Yükseltme desteği	Platform için uygun ankraj desteği	Test edilen bileşenlerin kullanıldığından emin olun, rastgele örnekleme yapın	0.2	0.08	0.15
	Sel	ND	Direk temeli	Oyulma endişesi varsa, riprap kullanın	Periyodik bakım	NS	NS	NS
Rüzgar çiftlikleri	EQ hareketi	PGA 1.0g (büyük etkinlik)	Monopol	Sismik olarak sağlam ünite kullanın	Bakım, üretici test ve sertifikalarının alınması	0.1	0.08	0.05
	Sıvılaşma	ND	Monopol temel	Derin temeller kullanın	Kurulum sırasında denetim	0.2	NS	0.3
	Rüzgar	Tasarım rüzgarı 70 ila 100 mph	Bıçak	Bıçak konfigürasyonunu optimize edin Daha yüksek yorulma ömrüne sahip malzeme kullanın Tasarımda muhafazakarlık	Periyodik muayene, kanatlarda veya bağlantılarda herhangi bir çatlak bağlacını rapor edin	0.2	0.1	0.05
	Sel	N/A						

(Tablo sonraki sayfada devam etmektedir)

TABLO A.1 Enerji sektöründe altyapı varlıklarının dayanıklılığını artırmak için mühendislik seçenekleri (devam)

Tip	Doğal tehlike		Bileşen	Kritik sistem/bileşen		Hasar Olasılık		Artımlı maliyet (dahil kalite kontrol)
	Tehlike	Yoğunluk		Mühendislik iyileştirmesi	Kalite iyileştirme	Temel	İyileştirildi	
Nükleer enerji santralleri	EQ hareketi	Büyük etkinlikler	Ana yapılar, iç bileşenler	Ana binanın sismik izolasyonu, Esnek bağlantılar Sismik olarak derecelendirilmiş bileşenler; borular, kablo rafları, vb.	Test, denetim, inşaat dokümantasyonu	0.3	0.02	0.05
	Sıvılaşma				NA			
	Rüzgar				NA			
	Sel	Büyük etkinlikler	Reaktör zemini, soğutma kuleleri, binalar	Geliştirilmiş set yapımı, aşırı olay taşkın tasarımı	Kapatma tatbikatları, jeoteknik, hidrolojik ve inşaat belgeleri dahil olmak üzere belge incelemesi	0.1	0.07	0.05
Trafo merkezleri	EQ hareketi	Mw 7 PGA 0.4g	Burçlar, anahtarlar, devre kesiciler	Bileşen ankrajı, sismik bileşenlerin kullanımı	Tüm test belgelerini gözden geçirin, yedekliliği ve yedekleri sağlayın	0.8	0.3	0.1
	Sıvılaştırma	Mw 7 PGD 300 mm	Anahtarlar, yükseltilmiş bileşenler	Derin temel	Jeoteknik rapor, kazık yükü testi	0.6	NS	0.2
	Rüzgar	Tasarım rüzgarı 100 mph	Yükseltilmiş bileşenleri	Daha sağlam bileşenler	Test, denetim	0.3	0.1	0.2
	Sel	2 ila 3 ft. su baskını	Transformatörler, binalar, yere monte ekipmanlar	Elevate bileşenleri	İnşaat raporlarını, denetimleri gözden geçirin	0.1	NS	0.1
İletim EQ hareketi ve dağıtım hatları	EQ hareketi	Mw 7 PGA 0.4g	T&D sistemleri	Sismik bileşenler kullanın	Periyodik denetim	0.02	0.01	0.02
	Sıvılaştırma	ND	Kafes desteği	Derin fondöten kullanın	İnşaat denetimi	0.2	NS	0.15
	Rüzgar	Tasarım rüzgarı 70 ila 100 mph	Kule	Çelik, beton veya kompozit kuleler kullanın	İnşaat denetimi, Test edilmiş bileşenlerin kullanımı	0.3	0.07	0.2
	Sel			Titreşim sönümleyiciler kullanın	N/A			

TABLO A.2 Su sektöründe altyapı dayanıklılığını artırmak için mühendislik seçenekleri

Tip	Doğal tehlike		Bileşen	Kritik sistem/bileşen		Hasar olasılığı		Artan maliyet (dahil olmak üzere kalite kontrol)
	Tehlike	Yoğunluk		Mühendislik iyileştirmesi	Kalite iyileştirme	Başlangıç Noktası	Geliştirilmiş	
Rezervuarlar (su toplama)	EQ hareketi	PGA 0.6g	Dolgu	Daha yüksek sismik tasarım kuvvetleri için tasarım	İslatma, bakım	0.15	0.05	0.05
	Sıvılaşma	ND	Dolgu	Yeniden gerilmiş beton kazıklar	Jeoteknik rapor, inşaat sırasında denetim ve kazık çakma	0.2	0.02	0.20
	Rüzgar				N/A			
	Sel	Büyük etkinlik	Dolgu tepesi	Daha yüksek fribord için tasarım (daha uzun yapı)	Bakım, ıslatma	0.2	0.05	0.05
Rezervuarlar (depolama tankları)	EQ hareketi	Mw 7 PGA 0.4g	Tank yükseltilmiş destek	Daha kalın tanklar (zemin) Sismik tasarım gerçekleştirin ve daha büyük kullanın üyeler ve yeterli bağlantılar (yükseltilmiş)	İnşaat denetimi, montaj sırasında rastgele testler	0.2	0.02	0.05
	Sıvılaşma	ND	Tank desteği	Kazıklı temel kullanın	Jeoteknik test ve kazık denetimi	0.4	0.1	0.5
	Rüzgar	Büyük etkinlikler	Yükseltilmiş tank	Daha yüksek rüzgar kuvveti için tasarım	Fırtınalar sırasında depoyu dolu tutun	0.2	0.05	0.1
	Sel				N/A			
Su ve atık su arıtma tesisleri	EQ hareketi	Mw 7 PGA 0.4g	Pompalama sistemi	Daha yüksek eşikli sismik tasarım	Ankraj sisteminin iyileştirilmesi ve sismik koruyucu cihazların tanıtılması	0.7	0.4	0.15
	Sıvılaşma	ND	Kanalizasyon sistemi	Kalıcı zemin deplasmanı için daha yüksek eşik	Geri dolgunun iyileştirilmesi	0.7	0.4	0.2
	Rüzgar				N/A			
	Sel	Büyük etkinlik	Pompalama sistemi	Yükseltme	İnşaat kalitesini artırın	0.5	0.2	0.05
Dağıtım boruları	EQ hareketi	Mw 7 PGA 0.4g	Eklemler	Sismik tasarımda daha yüksek eşik	Mafsalları daha yüksek yer değiştirme ve dönme kapasitesine sahip esnek mafsallarla değiştirin	0.7	0.4	0.2
	Sıvılaşma	Büyük etkinlik	Eklemler ve bölümler	Kalıcı zemin deplasmanı için daha yüksek eşik	Çok büyük diferansiyel yer değiştirme ve dönme talebini karşılamak için bölümleri ve bağlantıları değiştirin	0.7	0.4	0.55
	Rüzgar				N/A			
	Sel	Büyük etkinlik	Boru Hatları	Büyük boru deplasmanı için daha yüksek eşik	Kaldırma kuvvetinin etkilerini azaltmak için boruları su ile dolu tutun	0.2	0.1	0.02

(Tablo sonraki sayfada devam etmektedir)

TABLO A.2 Su sektöründe altyapı varlıklarının dayanıklılığını artırmak için mühendislik seçenekleri (devam)

Tip	Doğal tehlike		Bileşen	Kritik sistem/bileşen		Hasar Olasılık		Artımlı maliyet (dahil kalite kontrol)
	Tehlike	Yoğunluk		Mühendislik iyileştirmesi	Kalite iyileştirme	Temel	İyileştirildi	
Kanalizasyon şebekesi elçileri	EQ hareketi	MMI VII ila VIII (eşdeğer PGA= 0,3 g)	Pompa istasyonu	Ekipman ankrajı güçlendirme	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	0.56	0.39	0.25
	Sivilaştırma	PGD	Gömülü boru	Toprak iyileştirme/sıkıştırma	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	NA	NA	0.55
	Rüzgar	PGWS= 90 mph	WTP binası	Çatı-duvar bağlantısı güçlendirme ve bina zarflarının değiştirilmesi	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	0.04	0.03	0.15
	Sel	FID = 3,3 ft.	Pompa istasyonu	Yükseklik ve su geçirmez bariyer kurulumu	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	0.08	0.01	0.40
Su TAŞIMA sistemler (kanallar)	EQ hareketi	PGV 0,5 m/sn PGD 0,15 m	Kanal duvarları	Betonarme kullanın Astar	İnşaat denetimi, silindir testi, inşaat demiri yerleştirme	0.2	0.05	0.2
	Sivilaşma	Uzun kanalın küçük bir bölümüne dayanmaktadır	Kanal duvarı ve tabanı	Geomembran astarlar, toprak yoğunlaştırma	İnşaat denetimi, jeoteknik testler	0.2	0.01	0.03
	Rüzgar	N/A						
	Sel	Büyük etkinlikler	Kapılar ve kilitler	Uygun kapılar, bitişik kuru kanallar kullanın	Periyodik bakım, inşaat denetimi	0.1	0.02	0.15
Drenaj sistemleri	EQ hareketi	MMI VII ila VIII (PGA veya PGV)	Drenaj Borusu	Drenaj borusu değişimi	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	NA	NA	1.05
	Sivilaşma	PGD	Drenaj Borusu	Toprak iyileştirme/sıkıştırma	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	NA	NA	0.55
	Rüzgar	N/A						
	Sel	N/A						

TABLO A.3 Demiryolları sektöründe altyapı varlıklarının dayanıklılığını artırmak için mühendislik seçenekleri

Tip	Doğal tehlike		Bileşen	Kritik sistem/bileşen		Hasar Olasılık		Artımlı maliyet (dahil olmak üzere kalite kontrol)
	Tehlike	Yoğunluk		Mühendislik iyileştirmesi	Kalite iyileştirme	Başlangıç Noktası	Geliştirilmiş	
Demiryolları (dizel ve elektrikli)	EQ hareketi	MMI VII'den VIII (eşdeğer PGA = 0,3 g)	Köprü ayakları	İskele mantolama güçlendirme	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	0.12	0.05	0.25
	Sivilaşma	PGD= 12 inç.	İzler/ yol yatakları	Fransız drenajı ve drenaj borusu montajı	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	0.16	0.01	0.45
	Rüzgar	PGWS= 90 mph	Tren istasyonları	Çatı-duvar bağlantılarının güçlendirilmesi ve bina kabuğunun değiştirilmesi	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	0.04	0.03	0.15
	Sel	FID= 3,3 ft.	Yakıt/DC trafo merkezleri	Yükseklik ve su geçirmez bariyer kurulumu	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	0.03	0.01	0.50

TABLO A.4 Karayolu sektöründe altyapı varlıklarının dayanıklılığını artırmak için mühendislik seçenekleri

Tip	Doğal tehlike		Bileşen	Kritik sistem/bileşen		Hasar Olasılık		Artımlı maliyet (dahil olmak üzere kalite kontrol)
	Tehlike	Yoğunluk		Mühendislik iyileştirmesi	Kalite iyileştirme	Başlangıç Noktası	Geliştirilimi	
Otoyollar (I)	EQ hareketi	PGD 0,5 m	Dolgu	Geogrid takviyesi sağlayın	İnşaat denetimi, onaylı malzeme kullanımı	0.1	0.05	0.1
	Sıvılaşma	ND	Dolgu	Toprak iyileştirme	Jeoteknik testler, inşaat denetimi ve testleri	0.1	0.05	0.05
	Rüzgar				N/A			
	Sel				N/A			
	Toprak Kayması	ND	Yol yüzeyi	İstinat duvarı ekleme, slope stabilizasyonu, püskürtme beton, toprak çivileri	İnşaat izleme	0.2	0.02	0.1
Otoyol köprüleri	EQ hareketi	Mw 7 PGA 0.4g	Köprü üstyapısı, kolon, temel	CA veya Japonya sismik tasarımını, kolonları sigorta olarak kullanın	İnşaat denetimi, test, yüklenicileri nitelendirme	0.4	0.05	0.1
	Sıvılaşma	PGD 250 mm	Köprü temeli	Kazıklı temel kullanın	Jeoteknik testler, inşaat denetimi	0.3	0.05	0.2
	Rüzgar	Küçük etkinlikler	Çelik köprü elemanları ve bağlantıları	Köprü tasarım ömrü boyunca daha uzun yorulma ömrüne sahip detaylar kullanın	Kaynaklı bağlantıların kontrolü, korozyonu önleyerek kesit kaybını azaltma	0.05	0.01	0.05
	Sel	Büyük sel baskınları	Köprü temeli	Riprap kullanın	Hidrolojik rapor, inşaat denetimleri	0.05	0.02	0.05
	Toprak Kayması	PGD= 14 inç., 7 inç.	Köprü temeli	Toprak iyileştirme	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	0.5	0.16	0.15
İkincil kentsel yollar (h)	EQ hareketi	Mw 7 PGA 0.4g	Yol yüzeyi ve alttaki malzeme	Sismik takviye sağlayın, alttaki malzemeyi sıkıştırın	Depreme dayanıklı temeller kullanın	0.1	0.05	0.05
	Sıvılaşma	Büyük PGD: daha fazla 0.3 m	Yol yüzeyi ve alttaki malzeme	Büyük zemin deplasmanlarına karşı takviye sağlayın	Toprak iyileştirme, tabi tutulan alanlardan kaçınma sıvılaşmaya karşı savunmasız	0.1	0.05	0.05
	Rüzgar	N/A						
	Sel	Büyük sel baskınları	Yol yüzeyi	Bariyerler sağlayın, drenajı iyileştirin	İnşaat denetimi, test, yüklenicileri nitelendirme	0.1	0.05	0.03
	Toprak Kayması	N/A						

(Tablo sonraki sayfada devam etmektedir)

TABLO A.4 Karayolu sektöründe altyapı varlıklarının dayanıklılığını artırmak için mühendislik seçenekleri (devam)

Tip	Doğal tehlike		Bileşen	Kritik sistem/bileşen		Hasar olasılığı		Artan maliyet (dahil olmak üzere kalite kontrol)
	Tehlike	Yoğunluk		Mühendislik iyileştirmesi	Kalite iyileştirme	Başlangıç Noktası	Geliştirilmiş	
Kentsel (karayolu) köprüler	EQ hareketi	Mw 7 PGA 0.4g	Köprü , ayaklar, temeller	CA veya Japonya sismik tasarımını, kolonları sigorta olarak kullanın	İnşaat denetimi, test, yüklenicileri nitelendirme	0.35	0.04	0.2
	Sivılaşma	PGD 250 mm	Köprü temeli	H kazık veya önerilmeli kazık temel	Jeoteknik testler, inşaat denetimi	0.4	0.1	0.3
	Rüzgar	Küçük etkinlikler	Bağlantı diyaframların çelik kirişlere bağlanması	Tez kaynaklı yorulma çatlamasını azaltma, kırılma açısından kritik olmayan yedekli tasarım	Kaynaklı bağlantıların kontrolü, korozyonu önleyerek kesit kaybını azaltma	0.1	0.03	0.05
	Sel	Büyük etkinlikler	İskele ve dayanak temelleri	Yerel oyulmanın azaltılması, kaya veya iskele duvarlarının kullanılması	Düzenli denetim, inşaat kalite kontrolü	0.03	0.02	0.01
	Toprak Kayması	N/A						
Asfaltsız üçüncül yollar	EQ hareketi	Mw 7 PGA 0.4g	Yol yüzeyi ve alttaki malzeme	Sismik takviye sağlayın, alttaki malzemeyi sıkıştırın	Depreme dayanıklı temeller kullanın	0.1	0.05	0.1
	Sivılaşma	Büyük PGD: daha fazla 0.3 m	Yol yüzeyi ve alttaki malzeme	Büyük zemin deplasmanlarına karşı takviye sağlayın	Zemin iyileştirmesi, sıvılaşmaya açık alanlardan kaçınma	0.1	0.05	0.05
	Rüzgar	N/A						
	Sel	Büyük sel baskınları	Yol yüzeyi	Bariyerler sağlayın, drenajı iyileştirin	Yolların bakımını yapın	0.1	0.05	0.03
	Toprak Kayması	ND	Yol yüzeyi	İstinat duvarı ekleme, eğimi stabilize etme, püskürtme beton, toprak çivileri	İnşaat izleme	0.2	0.02	0.05
Ahşap köprüler	EQ hareketi	= 0,4g	Ahşap köprü makasları	Kafes giriş güçlendirme ve bağlantı iyileştirme	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	0.35	0.03	0.20
	Sivılaşma	PGD= 10 inç.	Köprü temeli	Kazık ilavesi (temel güçlendirme)	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	0.44	0.13	0.30
	Rüzgar	Bağlantı yorgunluğu kategorisi	Kafes giriş bağlantıları	Bağlantı güçlendirme/ değiştirme	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	0.15	0.05	0.10
	Sel	Taşkın geri dönüş süresi (1.000 100 yıla kadar)	Temel zemini	Zemin güçlendirmesi (riprap, kaya, vb.) yoluyla oyulmanın azaltılması	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	0.06	0.02	0.03
	Toprak Kayması	PGD= 14 inç., 7 inç.	Köprü temeli	Toprak iyileştirme	Daha yüksek düzeyde kalite güvencesi uygulayın	0.63	0.25	0.25

Kaynak: Miyamoto International 2019.

Not: FID = taşkın su altında kalma derinliği; N/A = söz konusu altyapı için kritik olarak değerlendirilmeyen tehlikeleri ifade eder; ND = yoğunluğu açıkça tanımlanmamış tehlikeyi ifade eder; NS = küçük veya ihmal edilebilir tehlikeyi ifade eder; NA = spesifik hasar olasılığı mevcut değildir; Mw = moment büyüklüğü ölçeği; PGA = pik yer ivmesi; PGD = kalıcı yer deformasyonu.

ECO-AUDIT

Çevresel Faydalar Beyanı

Dünya Bankası Grubu çevresel ayak izini azaltma konusunda karardır. Bu taahhüdü desteklemek için, dünya çapında bölgesel merkezlerde bulunan elektronik yayıncılık seçeneklerinden ve talep üzerine baskı teknolojisinden yararlanıyoruz. Bu girişimler birlikte, baskı sürelerinin kısaltılmasını ve nakliye mesafelerinin azaltılmasını sağlayarak kağıt tüketimini, kimyasal kullanımını, sera gazı emisyonlarını ve atıkları azaltmaktadır.

Yeşil Basın Girişimi tarafından belirlenen kağıt kullanımı için önerilen standartları takip ediyoruz. Kitaplarımızın büyük çoğunluğu Orman Yönetim Konseyi (FSC) sertifikalı kağıda basılmakta ve neredeyse tamamı yüzde 50-100 oranında geri dönüştürülmüş içerik içermektedir. Kitap kağıdımızdaki geri dönüştürülmüş elyaf ya ağartılmamış ya da tamamen klorsuz (TCF), işlenmiş klorsuz (PCF) veya geliştirilmiş elemental klorsuz (EECF) süreçler kullanılarak ağartılmıştır.

Banka'nın çevre felsefesi hakkında daha fazla bilgi <http://www.worldbank.org/corporateresponsibility> adresinde bulunabilir



LIFELINES

The Resilient Infrastructure Opportunity

En temel ihtiyaçlarımıza hizmet etmekten ticaret ve teknoloji alanındaki en iddialı girişimlerimizi mümkün kılmaya kadar, altyapı hizmetleri refahımızı ve kalkınmamızı desteklemektedir. Güvenilir su, sanitasyon, enerji, ulaşım ve telekomünikasyon hizmetleri evrensel olarak insanların yaşam kalitesini yükseltmek ve sürdürmek için gerekli kabul edilmektedir.

Ancak, özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde milyonlarca insan, güvenilirmez elektrik şebekeleri, yetersiz su ve sanitasyon sistemleri ve aşırı kısıtlı ulaşım ağlarının sonuçlarıyla karşı karşıyadır. Sel ve fırtınalardan deprem ve toprak kaymalarına kadar doğal tehlikeler, bu kırılgan sistemlerin karşılaştığı zorlukları daha da artırmaktadır.

Bu kitap, *Yaşam Hatları: Dirençli Altyapı Fırsatı*, altyapı direncini (altyapı sistemlerinin doğal bir şok sırasında ve sonrasında işlev görme ve kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılama yeteneği) anlamak için bir çerçeve ortaya koymakta ve daha dirençli bir altyapı inşa etmek için ekonomik bir durum ortaya koymaktadır.

Çok çeşitli vaka çalışmaları, küresel ampirik analizler ve modelleme alıştırmalarına dayanan *Lifelines*, doğal tehlikelerin altyapı üzerindeki etkisinin bir tahminini sunmaktadır. Yalnızca onarım maliyetlerini değil, aynı zamanda hane halklarından küresel tedarik zincirlerine kadar kullanıcılar için sonuçları da incelemektedir. Ayrıca altyapı varlıklarını, sistemlerini ve kullanıcılarını daha dirençli ve doğal afetlerle daha iyi başa çıkabilir hale getirmek için mevcut seçenekleri de gözden geçirmektedir. Bu seçeneklerin maliyet ve faydalarını değerlendiren kitap, özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde daha dayanıklı altyapıya yatırım yapmanın ekonomik değerini ortaya koymaktadır.

Yaşam Hatları, dirençli altyapının önündeki beş engeli tanımlayarak ve bu temel sistem ve hizmetlerin kalitesini ve yeterliliğini artırmak ve böylece daha dirençli ve müreffeh toplumlara katkıda bulunmak için hükümetler, paydaşlar ve uluslararası toplum tarafından alınabilecek somut öneriler ve özel eylemler sunarak sona ermektedir.



GFDRR
Global Facility for Disaster Reduction and Recovery



SKU 211430