Urban Insight
By Sweco

Oczekuj nieoczekiwanego:

Powodzie a infrastruktura krytyczna

Jak przygotować europejskie miasta na powodzie i podtopienia spowodowane opadami deszczu

SWECO

Bycie przygotowanym i odpornym wymaga wspólnych działań.

Aby uzyskać lepszy wgląd w słabe punkty, wpływ i strategie miast w zakresie radzenia sobie z wpływem klimatu na infrastrukturę krytyczną, Sweco zbadało politykę 26 miast w Europie.

Dyrektywa w sprawie odporności podmiotów krytycznych (CER) nakłada na państwa członkowskie UE obowiązek zapewnienia niezakłóconego świadczenia usług krytycznych i zawiera wykaz 11 sektorów infrastruktury krytycznej; niezastosowanie się do tego zalecenia stwarza ryzyko dla usług publicznych, działalności gospodarczej, zdrowia publicznego, bezpieczeństwa i skutków dla środowiska.

Jak planować i projektować, aby zwiększyć odporność? Dowiedz się, jak sektory infrastruktury i miasta mogą napędzać zmiany.

Spis treści

Streszczenie	3
Wstęp	**4**
Infrastruktura krytyczna i jej podatność na zagrożenia	**6**
- Krytyczne sektory infrastruktury	8
- Zbadane obszary podatności	9
- Powodzie i podtopienia w miastach	12
Wpływ zawodnej infrastruktury – skutki mniej oczywiste	**13**
- Efekty kaskadowe	14
- Ukryty koszt ponoszony przez obywateli	18
Wnioski i najważniejsze spostrzeżenia	**19**
- Jakie są główne wnioski z badania?	20
Zalecenia	**22**
- Jak planować i projektować miasta, aby zwiększyć ich odporność?	23
- Co dalej?	24
O Autorach	26
Podziękowania	27
Źródła	27

Streszczenie

Kontekst

Awarie infrastruktury krytycznej spowodowane powodziami i podtopieniami wywołanymi opadami deszczu stanowią poważne zagrożenie dla społeczeństwa, zdrowia publicznego, gospodarki i środowiska. Podczas ulewnych opadów, jakie nawiedziły Europę, miasta zostały sparaliżowane, a zalania spowodowały ogromne szkody i straty materialne. Zdaniem naukowców, europejskie miasta będą coraz częściej nawiedzane przez tak intensywne opady. Wymaga to zatem kompleksowej oceny ryzyka i zarządzania nim, również w odniesieniu do infrastruktury o znaczeniu krytycznym. Przyjęta niedawno dyrektywa w sprawie odporności podmiotów krytycznych (tzw. Dyrektywa CER) nakazuje podjęcie środków zapewniających nieprzerwane działanie podstawowych usług w 11 krytycznych sektorach. Eksperci Sweco przeanalizowali podatność infrastruktury krytycznej na powodzie i podtopienia wywołane opadami deszczu. Analizą objęto wybraną grupę europejskich miast.

Metodologia badania

Aby lepiej zrozumieć podatność na zagrożenia, skutki podejmowanych działań oraz strategie łagodzenia skutków, w raporcie zastosowano podejście wieloaspektowe. Pierwszym krokiem była analiza przyjętej polityki adaptacji do zmian klimatu i planów gospodarki wodnej realizowanej przez 26 europejskich miast. Pozwoliło to poznać istniejące ramy zarządzania ryzykiem klimatycznym. W kolejnym kroku wnioski z analizy uzupełniono o informacje zebrane podczas wywiadów z przedstawicielami miast. Zgromadzone dane umożliwiły autorom spojrzenie na podatność infrastruktury krytycznej z bardziej praktycznej perspektywy. To z kolei pozwoliło lepiej zrozumieć konkretne wyzwania stojące przed miastami.

Najważniejsze wnioski

Badanie pokazało, że miasta zostały zaprojektowane w sposób niedostosowany do wyzwań, jakie niosą za sobą zmiany klimatu. Ponadto, skala wynikających stąd zagrożeń rośnie ze względu na czynniki takie jak urbanizacja, starzenie się infrastruktury i położenie geograficzne. W tym kontekście odpowiednie zaplanowanie działań jest zadaniem niezwykle złożonym i stanowi spore wyzwanie dla samorządów oraz ich partnerów. Duże znaczenie ma tu analiza infrastruktury krytycznej, zarówno na poziomie rejonów miasta, jak i poszczególnych obiektów i urządzeń.

Z przeprowadzonych przez Sweco badań wynika, że samorządy bardziej priorytetowo traktują infrastrukturę techniczną (np. transportową i energetyczną), zaś mniejszą wagę przywiązują do infrastruktury społecznej, takiej jak szpitale, placówki opiekuńczo-wychowawcze i placówki opieki nad osobami starszymi. Zdumiewać może fakt, że często nie dostrzega się znaczenie banków, centrów danych i centrów zarządzania kryzysowego, choć stanowią one podstawę współczesnych systemów finansowych. Równie często pomija się psychologiczne konsekwencje awarii infrastruktury, takie jak stres i obawy odczuwane przez osoby nimi dotknięte.

Poszczególne systemy infrastruktury są ze sobą silnie powiązane, więc awaria jednego z nich może zakłócić działanie pozostałych. Powstający w ten sposób efekt kaskadowy może mieć nieoczekiwane i daleko idące konsekwencje dla społeczeństwa. Przeprowadzona przez Sweco analiza polityki w połączeniu z informacjami uzyskanymi od interesariuszy pozwoliła sformułować kilka praktycznych rekomendacji:

- **Ocena podatności i konsekwencji:** ocena ryzyka powinna uwzględniać nie tylko poziom zagrożenia, ale także specyfikę poszczególnych aktywów, obejmującą ich lokalizację, budowę i zastosowane rozwiązania projektowe.
- **Analiza efektów kaskadowych:** należy przyjrzeć się współzależności poszczególnych systemów i we współpracy z ich gestorami ocenić skalę tych efektów.
- **Uwzględnienie infrastruktury społecznej:** mając na uwadze emocjonalne i psychologiczne skutki awarii infrastruktury, w wysiłkach na rzecz budowania odporności nie wolno pominąć kwestii infrastruktury społecznej.
- **Jasno określone cele:** warto przyjąć cele zorientowane na działanie, zakładające akceptowalne poziomy ryzyka i efektywne kosztowo inwestycje.
- **Tworzenie synergii na poziomie aktywów**: łączenie ze sobą różnych działań pozwala zmniejszyć skalę i podatność na zagrożenia oraz ograniczyć ich skutki, a jednocześnie skraca łączny czas realizacji i zwiększa opłacalność inwestycji.
- **Wybór właściwej lokalizacji:** nowe obiekty powinny powstawać w miejscach o mniejszym poziomie ryzyka; przy modernizacji istniejących obiektów warto rozważyć ich relokację.
- **Ustalenie wymagań funkcjonalnych:** dobrą praktyką jest opracowanie standardów sektorowych dla infrastruktury odpornej na zmiany klimatu.

Co dalej?

Doświadczenia z wcześniejszych projektów pokazują, że budowanie odporności to proces wieloetapowy, wymagający całościowego i interdyscyplinarnego podejścia. Ponieważ miasta nieustannie ewoluują, zmieniać się będą także stojące przed nimi zagrożenia. Ponadto coraz lepiej rozumiemy zmiany klimatyczne, więc wiele przemawia za tym, aby regularnie oceniać ryzyko i dostosowywać podejmowane działania. Całościowa ocena ryzyka wymaga współpracy decydentów i osób zarządzających infrastrukturą krytyczną. Ilość zgromadzonych danych rośnie z każdym kolejnym etapem tego procesu, co pozwala podejmować bardziej świadome i trafniejsze decyzje inwestycyjne. Pierwszym krokiem musi być przeprowadzenie analizy. W niniejszym raporcie przedstawiamy siedem kroków pozwalających lepiej przygotować miasta na wyzwania przyszłości.

Wstęp

14 lipca 2021 r. sporą część Europy nawiedził niszczycielski żywioł. Największe szkody odnotowano w Niemczech, Belgii i Holandii, gdzie wystąpiły zakłócenia w pracy szpitali i służb ratowniczych. Doszło do poważnych uszkodzień dróg, linii kolejowych, mostów i infrastruktury przesyłowej. Odbudowa zajmie wiele miesięcy, a nawet lat.

Choć skala zniszczeń jest typowa dla trzęsienia ziemi, przyczyna katastrofy była inna: spowodowały ją opady deszczu o niespotykanej intensywności. W krótkim czasie spadło od 100 do 200 milimetrów wody, a na domiar złego wskutek wcześniejszych opadów gleba była już całkowicie nasiąknięta. Zdarzenia takie jak to doskonale ilustrują skalę zagrożeń spowodowanych zmianami klimatu.

Coraz więcej deszczu

Jednym z zespołów badających związki pomiędzy zmianami klimatu a ekstremalnymi ulewami, takimi jak te, które nawiedziły Niemcy, Holandię i Belgię w lipcu 2021 r., jest międzynarodowa grupa ekspertów World Weather Attribution (WWA). Zdaniem naukowców, w regionie między Morzem Północnym a Alpami tego rodzaju ekstremalne opady deszczu będą występować raz na 400 lat. Z kolei jak pokazują modele klimatyczne, już do 2040 roku ich skala może wzrosnąć nawet o 6%.[1]

Ekstremalnych opadów w Europie jest coraz więcej, a zmiany klimatu mają jeszcze bardziej podnieść ich częstotliwość i intensywność. W scenariuszach zakładających wysoki poziom emisji gazów cieplarnianych przyjmuje się, że najbardziej znaczący wzrost intensywności opadów nastąpi w północnej części kontynentu. Przewiduje się, że do roku 2050 wielkość opadu towarzyszącego letnim ulewom wzrośnie o około 25%.[2]

Szkody

Ekstremalne opady deszczu pociągają za sobą znaczne szkody bezpośrednie i pośrednie. W 2021 r. straty spowodowane letnimi powodziami w Europie przekroczyły 38 mld euro.[3]

Pokazuje to ogrom zniszczeń, jakich miasta mogą doznać wskutek powodzi wywołanych deszczem. W miarę ocieplania się klimatu Europa musi przygotować się na coraz silniejsze deszcze, z którymi obecne systemy kanalizacyjne nie są w stanie sobie poradzić.

Jak pokazano na ilustracji, skala zniszczeń może być ogromna. Jedno jest pewne: bez względu na statystyki, ocieplająca się Europa musi radzić sobie z silniejszymi opadami, przekraczającymi poziomy przyjęte przy budowie systemów kanalizacji i infrastruktury krytycznej.

Straty spowodowane powodziami wywołanymi opadami deszczu w Europie

	Kopenhaga	Malmö	Holandia, Niemcy i Belgia	Glasgow
Rok	lato 2011	lato 2014	lato 2021	lato 2021
24-godzinna suma opadu	135,4 mm w 24 godz.[6]	85,5 mm w 6 godz.[7]	150 mm w 24 godz. [8]	15 mm – 30 mm w 1 godz.[9]
Straty (w EUR)	800 mln euro + 30% w majątku obywateli i przedsiębiorstw	50,2 mln euro	38 miliardów euro[3]	15,7 mln euro

Stoimy w obliczu nasilających się ataków hybrydowych i skutków zmian klimatu. Aby właściwe przygotować się na zagrożenia i zbudować odporność, miasta powinny działać wspólnie. Przyjęta dzisiaj dyrektywa to kolejny etap przygotowywania naszych społeczeństw i gospodarki na wyzwania związane z bezpieczeństwem i zakłócenia w świadczeniu podstawowych usług.

Ylva Johansson, komisarz UE ds. wewnętrznych, 25 lipca 2023 r. wypowiedź po przyjęciu dyrektywy w sprawie odporności podmiotów krytycznych (CER).

Infrastruktura krytyczna a dyrektywa CER

Odpowiedzią Unii Europejskiej na opisane tu wyzwania jest przyjęta niedawno dyrektywa w sprawie odporności podmiotów krytycznych (CER), która weszła w życie 16 stycznia 2023 r.[4] Choć dyrektywa dotyczy przede wszystkim infrastruktury krytycznej na szczeblu krajowym, odnosi się ona również do służb miejskich odpowiedzialnych za utrzymanie infrastruktury lokalnej.[5]

Autorzy niniejszego raportu skupili się na kwestii przygotowania infrastruktury miejskiej na wyzwania towarzyszące powodziom spowodowanym opadami deszczu. W raporcie pokazujemy, w jaki sposób miasta mogą przygotować się na nieprzewidziane zdarzenia i aktywnie planować budowanie odporności zarówno infrastruktury, jak i miasta jako całości. Ekstremalne opady deszczu stanowią doskonały przykład ryzyka, które może nastąpić w dowolnym miejscu i czasie. Przygotowanie się na tego rodzaju zagrożenia jest zadaniem wyjątkowo trudnym.

Przeprowadzona przez nas analiza pokazuje, że jest to wysiłek niezbędny, bez którego trudno będzie chronić infrastrukturę krytyczną miast. Opady deszczu mają charakter lokalny, ale mogą wywołać efekt domina i tym samym spowodować daleko idące konsekwencje wpływające na funkcjonowanie całych aglomeracji i społeczeństw.

Eksperci Sweco przeprowadzili wywiady z przedstawicielami ośmiu europejskich miast i ocenili strategie przyjęte przez 26 kolejnych. Pozwoliło to lepiej zrozumieć stosowane podejścia do problemu ekstremalnych opadów deszczu. W niniejszym raporcie przedstawiamy wyniki badań oraz nasze spostrzeżenia. Mamy nadzieję, że okażą się one pomocne w budowaniu odporności infrastruktury krytycznej na coraz częstsze i bardziej dotkliwe opady.

Infrastruktura krytyczna i jej podatność na zagrożenia

Ocena ryzyka klimatycznego w miastach powinna obejmować nie tylko stopień zagrożenia dla poszczególnych obiektów, ale także podatność miasta jako całości na wszelkiego rodzaju awarie infrastruktury krytycznej. Obecnie w wielu miastach ocena ryzyka przeprowadzana jest osobno dla poszczególnych obszarów i to wyłącznie pod kątem ich narażenia na powodzie i podtopienia. Aby ocena ta była bardziej realistyczna, skalę zagrożenia należy jednak oceniać w oparciu o szczegółowe dane i wiedzę na temat konkretnych obiektów. Przykładowo, faktyczne ryzyko zagrażające szpitalowi albo stacji transformatorowej zależy od szeregu czynników, takich jak wysokość terenu, umiejscowienie najważniejszych instalacji i konstrukcja budynku. Dlatego stosowna analiza nie może być przeprowadzana samodzielnie przez organy odpowiedzialne za zarządzanie wodami, ponieważ musi ona uwzględniać zarówno lokalizację i głębokość potencjalnego zalania, jak i stopień podatności infrastruktury.

Krytyczne sektory infrastruktury

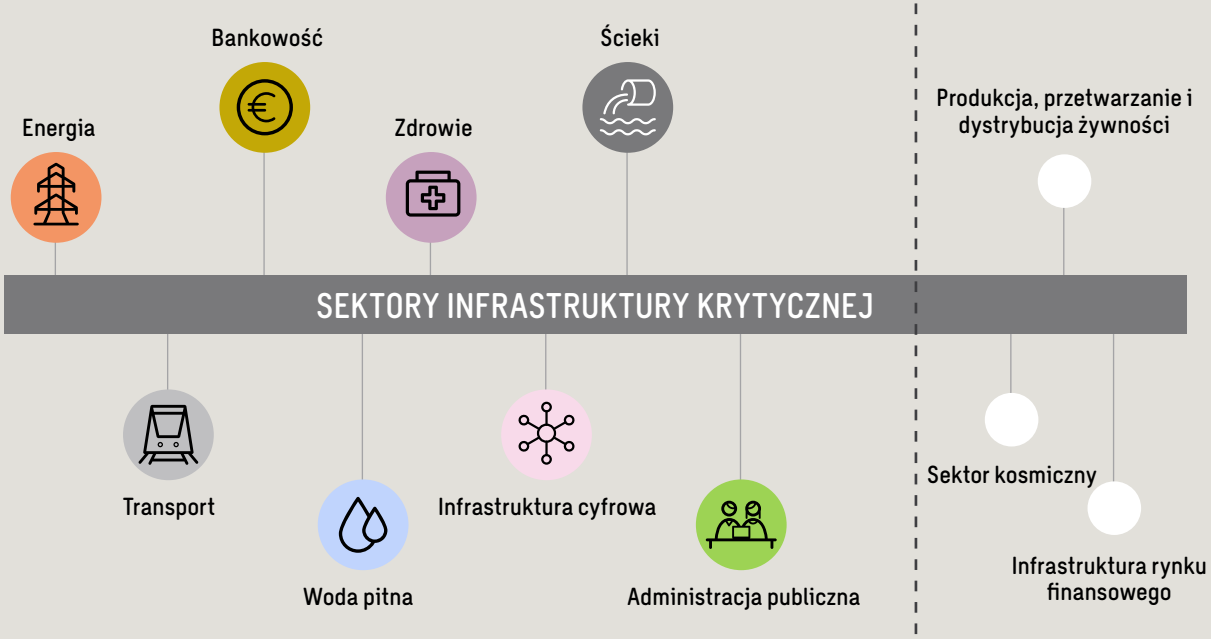
Dyrektywa CER nakłada określone obowiązki na państwa członkowskie UE, zobowiązujące je do troski o niezakłócone działanie podstawowych funkcji społecznych i działalności gospodarczej na rynku wewnętrznym.

Komisja Europejska przyjęła wykaz podstawowych usług z 11 sektorów objętych dyrektywą CER. Sektory te to energia, transport, bankowość, infrastruktura rynku finansowego, zdrowie, woda pitna, ścieki, infrastruktura cyfrowa, administracja publiczna, sektor kosmiczny, a także produkcja, przetwarzanie i dystrybucja żywności. Dyrektywa jasno definiuje zarówno fizyczne, jak i ludzkie aspekty infrastruktury krytycznej oraz wymaga, aby były one uwzględniane na wszystkich etapach.

Zgodnie z dyrektywą CER, "infrastruktura krytyczna" oznacza składnik, obiekt, sprzęt, sieć lub system lub część składnika, obiektu, sprzętu, sieci lub systemu, niezbędne do świadczenia usługi kluczowej. "Usługa kluczowa" oznacza usługę, która ma decydujące znaczenie dla utrzymania niezbędnych funkcji społecznych, niezbędnej działalności gospodarczej, zdrowia i bezpieczeństwa publicznego lub środowiska.[3]

Sektory infrastruktury krytycznej wymienione w dyrektywie CER

(w badaniu ujęto sektory oznaczone kolorami)

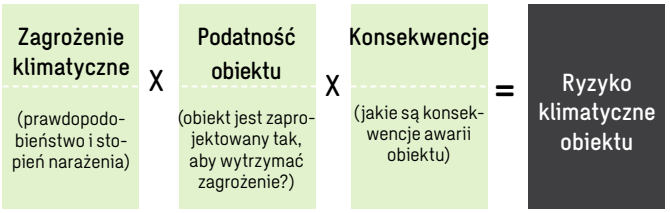


Każda awaria tych elementów infrastruktury krytycznej ma bezpośredni wpływ na najważniejsze funkcje społeczne. A jak mierzyć ryzyko, aby uzyskać kompleksowy obraz wpływu zagrożeń na infrastrukturę?

Najpierw odpowiedzmy na pytanie o to, czym jest ryzyko klimatyczne. W kontekście infrastruktury krytycznej ryzyko klimatyczne zależy od trzech czynników:

- Zagrożenia klimatyczne i prawdopodobieństwo ich wystąpienia: jednym z takich zagrożeń są ekstremalne opady deszczu. Ich wystąpienie w określonej lokalizacji naraża określony obszar na zalanie.
- Podatność obiektów: czy zalanie zakłóci funkcjonowanie danego obiektu? To w dużej mierze zależy od jego konstrukcji.
- Konsekwencje awarii: kto lub co ucierpi wskutek awarii? Należy tu rozważyć konsekwencje odczuwane przez społeczeństwo, środowisko i gospodarkę.

Połączenie tych czynników tworzy formułę powszechnie stosowaną przy kompleksowej oceny ryzyka klimatycznego.



Ponieważ awaria infrastruktury krytycznej może skutkować awarią kluczowych funkcji społecznych, działalności gospodarczej, zdrowia i bezpieczeństwa publicznego lub środowiska, skutki będą ogromne. Powoduje to większe ryzyko, nawet jeśli ryzyko wystąpienia takiej awarii może być niewielkie.

Przebadane obszary podatności

Aby uzyskać lepszy obraz podatności miast, konsekwencji zdarzeń oraz strategii miast w zakresie wpływu zmian klimatu na infrastrukturę krytyczną, eksperci Sweco przeanalizowali politykę adaptacji do zmian klimatu realizowaną przez 26 europejskich miast: Amsterdam, Antwerpia, Ateny, Barcelona, Berlin, Brugia, Bruksela, Kopenhaga, Glasgow, Greater Manchester, Helsinki, Heidelberg, Lizbona, Londyn, Maastricht, Oslo, Paryż, Poznań, Praga, Rotterdam, Rzym, Sztokholm, Stavanger, Vejle i Warszawa.

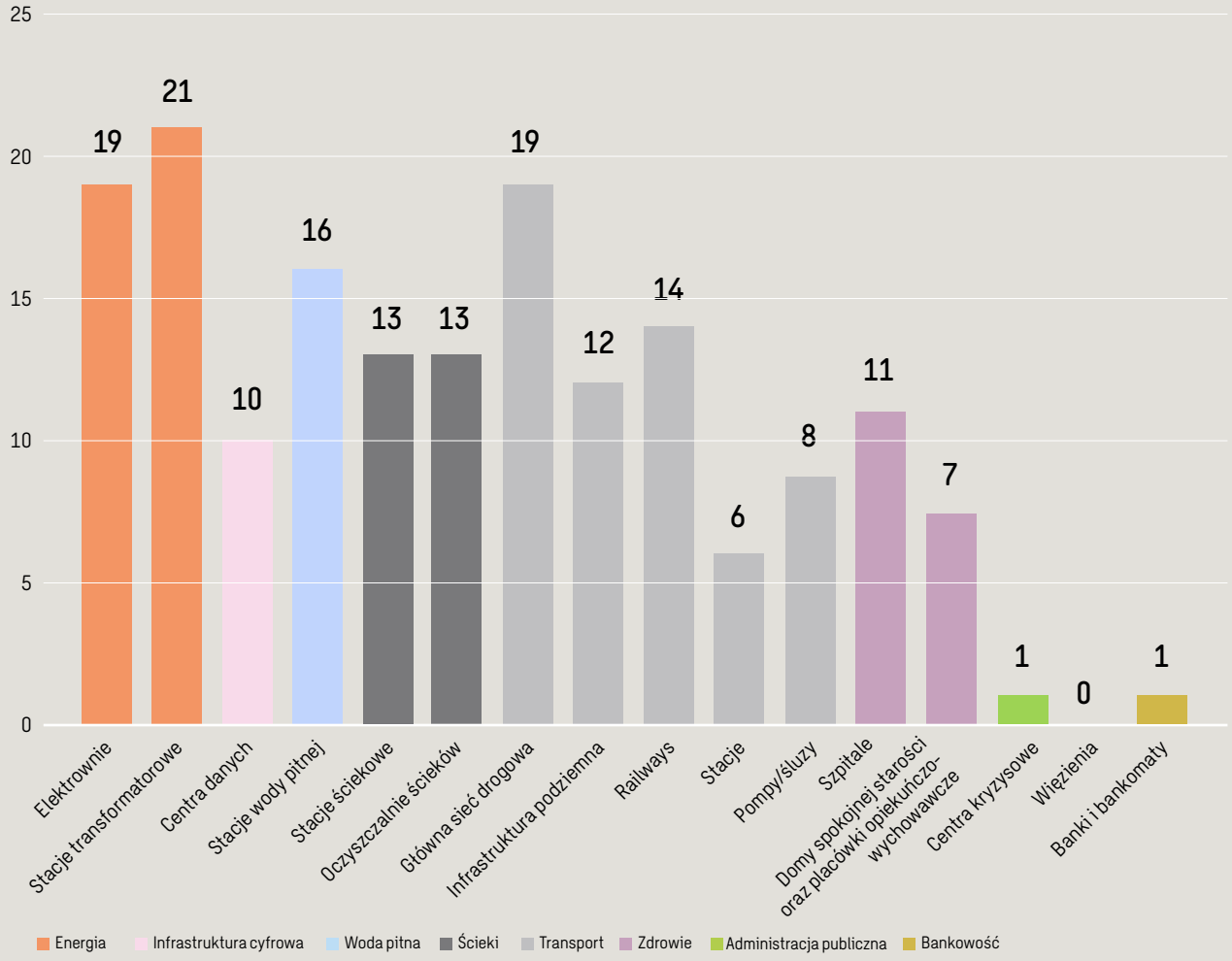
Warto zauważyć, że w analizie skupiono się na nadrzędnych politykach regulujących kwestie odporności i gospodarki wodnej, a nie na politykach sektorowych z poszczególnych obszarów wymienionych w Dyrektywie.

Aby dogłębnie zrozumieć tematykę, autorzy przeprowadzili wywiady z przedstawicielami ośmiu miast objętych analizą (Bruksela, Kopenhaga, Glasgow, Helsinki, Maastricht, Poznań, Stavanger i Sztokholm). Nasi rozmówcy podzielili się ciekawymi spostrzeżeniami na temat przyjętej w ich mieście polityki, niedawnych wydarzeń związanych z klimatem, towarzyszących im obaw, a także sposobów radzenia sobie z podobnymi zdarzeniami w przyszłości. Analiza wyraźnie pokazuje, że próbując zwiększyć odporność infrastruktury krytycznej należy wziąć pod uwagę wiele różnych aspektów.

Polityka adaptacji do zmian klimatu

Na czym więc koncentrują się miasta w obszarze infrastruktury krytyczną? Odpowiedź na to pytanie staraliśmy się poznać analizując politykę w zakresie gospodarki wodnej i odporności realizowaną w 26 europejskich miastach. Analiza wykazała, że obecna polityka kładzie nacisk głównie na elementy infrastruktury technicznej i infrastruktury krytycznej, takie jak sieci drogowe oraz systemy zaopatrzenia i zapotrzebowania na energię elektryczną/wodę. Często nie uwzględniono infrastruktury społecznej, która ma zasadnicze znaczenie dla promowania zdrowia i dobrego samopoczucia, takiej jak szpitale, placówki opiekuńczo-wychowawcze, ośrodki opieki nad osobami starszymi i ośrodki kryzysowe.

Liczba wzmianek o danym rodzaju infrastruktury krytycznej w polityce adaptacji do zmian klimatu i planach gospodarki wodnej poszczególnych miast



Wykres pokazuje, ile razy dany rodzaj infrastruktury krytycznej jest wspomniany w polityce adaptacji do zmian klimatu i planach gospodarki wodnej poszczególnych miast. Każdy sektor oznaczony jest innym kolorem

Najbardziej zagrożona infrastruktura

Przeprowadzone wywiady z przedstawicielami miast pokazują, że przyjęta w nich polityka obejmuje sektory uważane za najbardziej narażone na powodzie. Szczegóły pokazujemy w poniższej tabeli.

Wszyscy rozmówcy wymienili, jako najbardziej narażone elementy infrastruktury krytycznej: drogi, stacje elektroenergetyczne i infrastrukturę transportową. Oprócz infrastruktury fizycznej, przedstawiciele trzech miast wskazali także na zdrowie oraz konieczność wsparcia osób, które nie są samowystarczalne.

Co ciekawe, w żadnym z wywiadów nie wspomniano o bankach, centrach zarządzania kryzysowego, więzieniach, ani centrach danych. Niemniej jednak elementy te również odgrywają kluczową rolę w utrzymaniu usług publicznych i zapewnieniu bezpieczeństwa.

Z przeprowadzonych wywiadów jasno wynika również, że oceniając ryzyko miasta z reguły skupiają się na możliwych zagrożeniach. Analizują, czy poszczególne obiekty są narażone na powodzie, a jeśli tak, to jak mu przeciwdziałać. Rzadko kiedy poświęca się uwagę drugiej stronie ryzyka, czyli podatności obiektów na ewentualne zagrożenia. Uwzględnienie tego aspektu może zatem w istotny sposób przyczynić się do zwiększenia odporności.

Na podstawie wywiadów wyodrębniono narażoną infrastrukturę w każdym mieście

Bruksela	1) Metro 2) Oczyszczalnie ścieków 3) Główna sieć drogowa
Kopenhaga	1) Główna sieć drogowa 2) Stacje transformatorowe 3) Koleje 4) Szpitale
Glasgow	1) Główna sieć drogowa 2) Koleje 3) Metro 4) Szkoły i placówki opiekuńczo-wychowawcze 5) Domy opieki
Helsinki	1) Główna sieć drogowa 2) Stacje transformatorowe 3) Przepompownie/śluzy 4) Oczyszczalnie ścieków 5) Szpitale

Maastricht	1) Główna sieć drogowa 2) Stacje transformatorowe 3) Szpitale 4) Domy opieki dla osób starszych 5) Domy opieki
Poznań	1) Oczyszczalnia ścieków przemysłowych 2) Przepompownie/śluzy 3) Główna sieć drogowa 4) Stacje uzdatniania wody 5) Oczyszczalnia ścieków komunalnych
Stavanger	1) Główna sieć drogowa 2) Oczyszczalnie ścieków 3) Stacje transformatorowe 4) Stacje uzdatniania wody 5) Stacje
Sztokholm	1) Główna sieć drogowa 2) Koleje 3) Metro 4) Stacje transformatorowe 5) Szkoły i placówki opiekuńczo-wychowawcze

Odniesienia do kluczowych obiektów w miejskich strategiach budowania odporności i adaptacji do zmian klimatu

Cytaty z wywiadów i omówienie najważniejszych wątków

Autorzy przeprowadzili wywiady z przedstawicielami ośmiu europejskich miast: Brukseli, Kopenhagi, Glasgow, Helsinek, Maastricht, Poznania, Stavanger i Sztokholmu, aby lepiej zrozumieć zagadnienie, a także obawy i plany na przyszłość.

Rozmówcy wskazali na różne czynniki, które należy wziąć pod uwagę przy realizacji działań podnoszących odporność infrastruktury krytycznej.

Ważne jest uznanie współzależności systemów infrastruktury i ocena efektów kaskadowych poprzez współpracę podmiotów zarządzających.

Powodzie i podtopienia w miastach

Nasi rozmówcy wskazywali na różne przyczyny narażenia infrastruktury na powodzie. Najbardziej oczywiste z nich to zmiany klimatu i opady deszczu o ekstremalnej intensywności.

Jednakże na narażenie wpływają również inne czynniki, takie jak urbanizacja. Wiele miast europejskich koncentruje się na zagęszczeniu obszarów miejskich, czasami kosztem zielonych i niebieskich struktur w mieście.[10] Inne istotne czynniki, wspomniane zarówno w wywiadach, jak i w dokumentach strategicznych, to przestarzała lub niewydajna infrastruktura i położenie geograficzne.

Lokalizacja miasta przekłada się na specyfikę występujących w nim zagrożeń. Przykładem miasta szczególnie narażonego na zalania ze względu na położenie geograficzne są Helsinki, gdzie na ryzyko powodzi spowodowanych opadami deszczu nakłada się wysokie ryzyko powodzi przybrzeżnych.

O ile położenia geograficznego miasta zmienić się nie da, to przy wyborze lokalizacji infrastruktury krytycznej można już uwzględnić panujące w nim warunki wodne i glebowe. Na przykład, szpital lepiej jest zbudować na wzgórzu, a nie w terenie zalewowym. W Holandii przyjęto niedawno nowe zasady, zgodnie z którymi planowanie przestrzenne ma w większym stopniu uwzględniać charakterystykę wód i gleb. Jeżeli już na etapie planowania przestrzennego i planowania infrastruktury krytycznej uwzględni się naturalne ograniczenia niektórych lokalizacji (np. obszary zagrożone podtopieniami, słabe parametry gleby, erozja), to mniej zabiegów technicznych będzie koniecznych na etapie budowy.

Wpływ zawodnej infrastruktury – skutki mniej oczywiste

Efekty kaskadowe

Ważnym powodem, dla którego konsekwencje i wynikające z nich ryzyko są wyższe w odniesieniu do infrastruktury krytycznej, są tzw. efekty kaskadowe. Poszczególne systemy infrastruktury są ze sobą silnie powiązane, więc awaria jednego z nich może zakłócić działanie pozostałych.

Dobrym przykładem są tu zdarzenia, do jakich doszło latem 2007 roku w Wielkiej Brytanii. Długotrwałe przerwy w dostawach prądu dotknęły kilkudziesięciu tysięcy osób, a ponad 350 000 mieszkańców nie miało dostępu do wody pitnej przez 17 dni.[10] W rezultacie wiele osób utknęło z powodu zakłóceń w działalności sieci transportowych. Przykład ten pokazuje, że analizowanie odporności osobno dla każdego systemu nie wystarczy. Aby naprawdę zrozumieć konsekwencje awarii danego systemu, należy dokładnie przeanalizować jego współzależność z innymi systemami.

Zdaniem naszych rozmówców, sektory najbardziej narażone na efekty kaskadowe to:

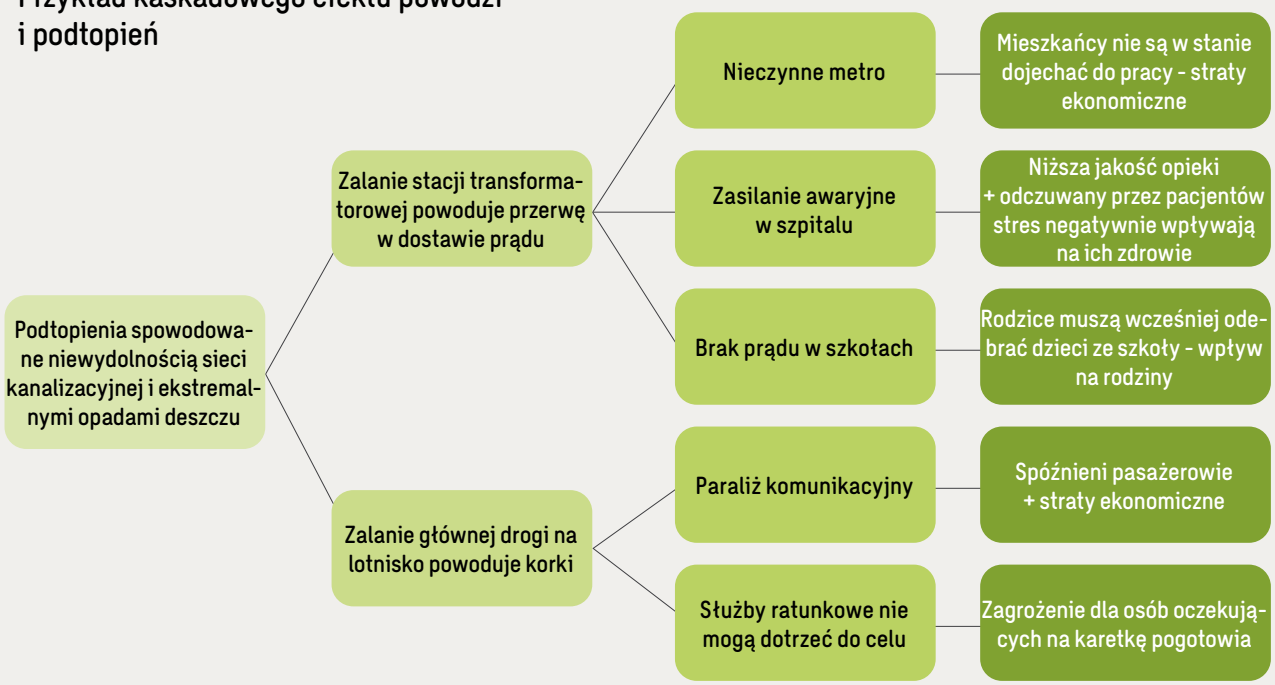
1. Transport;
2. Sieć wodociągowa;
3. Sieć energetyczna;
4. Służba zdrowia;
5. Niesamodzielne grupy społeczne.

Co dzieje się w sytuacji, gdy z powodu ekstremalnych opadów dochodzi do awarii jednego z tych systemów? Na poniższym rysunku pokazujemy potencjalne efekty kaskadowe.

W naszej analizie szczególną uwagę zwróciliśmy na Glasgow, ponieważ w tamtejszych dokumentach strategicznych poświęcono sporo miejsca efektom kaskadowym i współzależności systemów. W pierwszej kolejności kwestia ta została ujęta w dokumentacji na szczeblu krajowym. Aby lepiej zrozumieć istniejące współzależności, lokalne władze współpracują m.in. z Uniwersytetem w Edynburgu oraz z podmiotami zarządzającymi poszczególnymi sektorami infrastruktury (Scottish Water, Scottish Power Energy Network, British Telecom, Scottish Gas Networks), a także ze Szkocką Agencją Ochrony Środowiska (SEPA). Podjęta współpraca wykazała szereg współzależności między infrastrukturą drogową, kolejową, wodną, gazową, elektryczną i telekomunikacyjną. Kolejnym etapem prac była dyskusja na temat możliwych działań zaradczych.

Jak pokazano na rysunku, awaria infrastruktury ma wpływ na ludzi, gospodarkę i środowisko. W przypadku strat ekonomicznych może to wyglądać następująco: W wyniku przerw w dostawie prądu lub bezpośredniego zalania stacji metra, jak miało to miejsce w Nowym Jorku, następuje paraliż komunikacyjny, co znacznej liczbie mieszkańców uniemożliwia dojazd do pracy. Ich absencja powoduje określone straty.

Przykład kaskadowego efektu powodzi i podtopień



W opublikowanym w 2019 roku raporcie zatytułowanym "Jak przetrwać bez prądu", eksperci Sweco policzyli, ile kosztuje godzina przerwy w dostawie prądu do zakładu pracy.[11] Oczywiście struktura kosztów różni się w zależności od kraju, zwłaszcza biorąc pod uwagę niedawną inflację, więc faktyczne koszty zapewne okażą się znacznie wyższe. Tym niemniej, badanie to dobrze ilustruje skalę problemu.

Przykładowa kalkulacja:

Ile kosztowałaby godzina przerwy w dostawie prądu do firm, organizacji i instytucji publicznych?

Biuro zatrudniające 1000 pracowników	67 000 EUR
Supermarket	6 000 EUR
Centrum handlowe	100 000 EUR
Przemysłowa linia produkcyjna	100 EUR/ osoba

Rzeczywiste koszty godzinnej przerwy w dostawie prądu[11]
Na przykład we wrześniu 2003 r. w Szwajcarii na jedną z ważniejszych linii energetycznych przewróciło się drzewo. Konsekwencje odczuwano nawet na południu Włoch, a łączne straty wyniosły wyniosly około 1,2 mld euro. Przez kilka godzin bez prądu pozostawało około 56 milionów ludzi, głównie we Włoszech, ale także w Szwajcarii.[12]

Kilka miast miało już niestety okazję odczuć efekty kaskadowe na własnej skórze. W dalszej części przedstawiamy kilka przykładów z ostatnich lat. Mimo upływu czasu, osoby z którymi rozmawialiśmy, mają te wydarzenia świeżo w pamięci.

Kopenhaga, lipiec 2011

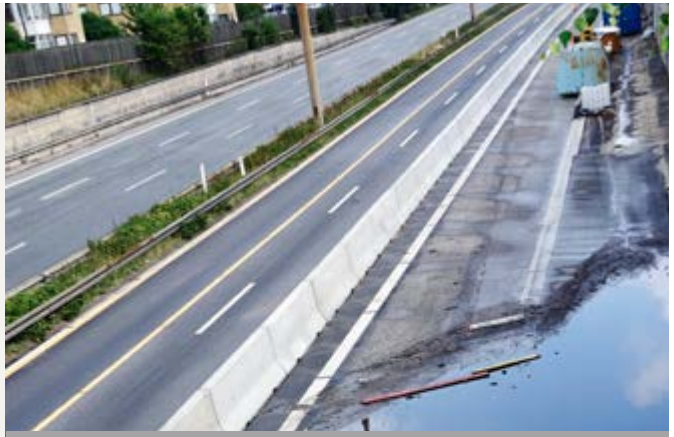
Wróćmy do Kopenhagi w 2011 roku, kiedy w ciągu zaledwie kilku godzin spadło 15 centymetrów deszczu.

Konsekwencje oberwania chmury były niezwykle dotkliwe. Zalanych zostało kilka dzielnic, co spowodowało podtopienia domów, firm i budynków użyteczności publicznej. Woda wyrządziła znaczne szkody w infrastrukturze i przestrzeniach publicznych.

Ucierpiały również krytyczne systemy infrastruktury. Ulewa zakłóciła działanie sieci transportowych, w tym dróg i transportu publicznego. Spowodowało to opóźnienia i utrudnienia w podróżowaniu, a zakłócenia na kolei utrzymywały się przez tydzień. Z powodu zalania urządzeń elektrycznych w niektórych obszarach wystąpiły przerwy w dostawie prądu. Przez 12 godzin bez zasilania pozostawało 10 000 gospodarstw domowych. 50 000 domów nie miało ogrzewania i ciepłej wody, niekiedy nawet przez tydzień. Zasilanie jest podstawą bezpiecznego funkcjonowania miasta. Brak prądu paraliżuje ruch uliczny, pracę i życie prywatne.

Warto wspomnieć, że infrastruktura obsługująca kopenhaskie centrum alarmowe znajdowała się wówczas w piwnicy. Wszystkie serwery w ostatniej chwili umieszczono na paletach, aby zapobiec ich zalaniu. Z kolei jedynie 15 minut dzieliło Duński Szpital Narodowy od ewakuacji pacjentów.

TAby lepiej zrozumieć konsekwencje takiej sytuacji, przyjrzyjmy się jej bliżej. Ich zakres może różnić się w zależności od lokalizacji szpitala. Nawet niewielkie zalanie, o głębokości zaledwie kilku centymetrów, może zaburzyć dostawy wody, energii elektrycznej i żywności. Wprawdzie większość szpitali posiada systemy zasilania awaryjnego, ale w razie braku dostępu do wody pitnej, ewakuacja staje się bezwzględnie konieczna. Jeśli okoliczne



> W 2011 roku infrastruktura obsługująca kopenhaskie centrum alarmowe znajdowała się w piwnicy. Dosłownie w ostatniej chwili ustawiliśmy serwery na paletach, w ten sposób zapobiegając ich zalaniu.

drogi także zostaną zalane, szpitalowi będzie trudno zapewnić opiekę pacjentom oraz utrzymać regularne dostawy żywności i leków. Ponadto powódź może uniemożliwić dotarcie do szpitala nowym pacjentom.

Od powodzi w 2011 roku Kopenhaga wdraża zakrojone na szeroką skalę działania przygotowujące miasto na ulewne opady deszczu. Podstawą tych działań jest niebiesko-zielona infrastruktura. Znacząco rozrósł się także zespół zajmujący się łagodzeniem skutków powodzi. Przed zalaniem miasta w jego skład wchodziły zaledwie trzy osoby, natomiast obecnie nad wdrożeniem planu działania pracuje 55 osób. Dotychczas udało się zidentyfikować zakres niezbędnych inwestycji oraz wskazać ich lokalizacje.

Poznań, 22 lipca 2021

22 czerwca 2021 roku, wskutek ekstremalnych opadów deszczu, wiele głównych dróg w mieście zostało zalanych w stopniu uniemożliwiającym przejazd.

Tego dnia ilość opadów w Poznaniu wyniosła 79,6 mm, z czego 90% spadło w ciągu 1,5 godziny. W wyniku ulewy miasto zostało w wielu miejscach zalane i sparaliżowane na około 5-7 godzin.

Wiele dróg w mieście zostało zalanych w stopniu uniemożliwiającym przejazd. Woda zablokowała też wiele przejazdów pod wiaduktami, m.in. na ulicach Kobylepole i Podwale. Doprowadziło to do znacznych utrudnień w ruchu. Wskutek zalania torowisk sparaliżowana została sieć tramwajowa.

Ponadto zalane zostały placówki miejskie, takie jak szpitale i szkoły. Najbardziej ucierpiały obiekty posiadające piwnice. Doszło także do podtopienia garaży oraz innych pomieszczeń znajdujących się w przyziemiu. Kolejnym problemem była konieczność usunięcia zanieczyszczeń, które w wyniku niewydolności kanalizacji ogólnospławnej wydostały się na powierzchnię i zaległy na jezdniach.

Intensywność opadów zaskoczyła służby miejskie i zaburzyła funkcjonowanie miasta. W dniu ulewy wszystkie służby pracowały bez wytchnienia, starając się zminimalizować skutki powodzi. W kolejnych tygodniach konieczne były dodatkowe działania mające na celu oczyszczenie miasta i naprawę uszkodzeń. Ponadto do miasta zaczęły napływać skargi od osób i instytucji domagających się rekompensaty za doznane szkody.

Wysiłki miasta skupiają się obecnie na budowie bardziej trwałej zielono-niebieskiej struktury, która ma zmniejszyć jego podatność na spowodowane opadami podtopienia. Planowane działania obejmują utrzymanie i odtworzenie zbiorników i cieków wodnych oraz budowę nowych, lokalnych obszarów małoskalowej infiltracji.

> W niedawno wybudowanej sali gimnastycznej doszło do zawalenia się dachu. Na szczęście uczniowie zostali ewakuowani już wcześniej, więc nikt nie ucierpiał.

Maastricht, lipiec 2021 i wrzesień 2023

Ulewne i wolno przemieszczające się deszcze nawiedziły holenderskie Maastricht w lipcu 2021 oraz we wrześniu 2023 roku. Żywioł spowodował znaczące szkody i utrudnienia.

W roku 2021 głównym problemem były zalane piwnice domów w południowo-zachodniej części miasta. Samo miasto nie było jednak obszarem najbardziej dotkniętym skutkami opadów. Jego infrastruktura krytyczna nie doznała większych szkód, ponieważ opady były rozłożone w czasie, więc kanalizacja burzowa była w stanie sobie z nim poradzić. Obawiano się jednak wylania rzeki Maas, co wymagało ewakuacji 10 000 osób z zagrożonego obszaru.

Kolejna tak intensywna ulewa miała miejsce 12 września 2023 r., kiedy to zalane zostały ulice w miejscowościach Maastricht, Geleen i Valkenburg. Jak donosi lokalna gazeta, mieszkańcy byli zszokowani ilością wody. W wyniku zalania uszkodzona została została hala dworca w Maastricht oraz piwnice kilku szkół. Z powodu podtopień tymczasowo zamknięto niektóre odcinki autostrady A2 w kierunku Eindhoven.

W pobliżu Geleen zamknięto także autostradę A76 w kierunku Aken. Nieprzejezdnych było również wiele dróg lokalnych. Woda zalała także piwnicę szpitala UMC w Maastricht, choć w tym przypadku szkody były niewielkie, a funkcjonowanie szpitala nie zostało w żaden sposób zakłócone.[13]

Przykład Maastricht pokazuje, że o stopniu uszkodzenia infrastruktury krytycznej decydować może nie tylko wielkość opadu, ale także jego dokładna lokalizacja i czas trwania.

> Kiedy nadchodzi deszcz, część osób, które doświadczyły wcześniejszej powodzi, co godzinę sprawdza mapy pogodowe

Zdaniem ekspertów Sweco, olbrzymie znaczenie ma opowiadanie historii ludzi, którzy doświadczyli tych wydarzeń. Pomaga nam to lepiej zrozumieć procesy towarzyszące opadom, których wielkość jeszcze niedawno uważano za niemożliwą.

Opowiadanie tych historii nie ma na celu wydawania osądów. Jednakże przewidzenie najbardziej pesymistycznego scenariusza i wywołanych nim efektów kaskadowych, może być niezwykle trudne i właśnie dlatego dzielenie się doświadczeniami jest tak ważne. Bardzo cieszymy się, że przedstawiciele poszczególnych miast zechcieli podzielić się z nami swoimi doświadczeniami. Dzięki temu innym miastom łatwiej będzie przygotować się na tego rodzaju zdarzenia.

Ukryty koszt ponoszony przez obywateli

Podczas powodzi spowodowanych opadami deszczu, towarzyszące im awarie infrastruktury mogą mieć różnorakie konsekwencje. Uszkodzenia systemów lub budynków, czy choćby zakłócenia w funkcjonowaniu metra są widoczne gołym okiem, a ich koszt finansowy jest stosunkowo łatwy do wyliczenia.

Dużo mniej oczywiste są jednak szkody natury psychologicznej. Przedstawiciele miast, z którymi rozmawialiśmy, wskazali że ten aspekt jest często pomijany.

Podczas rozmów w Maastricht poruszono problem szkód emocjonalnych, jakie wywołuje świadomość niebezpieczeństwa czyhającego na czyjś dom, mienie i najbliższe otoczenie. „Nie docenia się konsekwencji odczuwanych w wymiarze psychicznym. Niektórzy boją się tak bardzo, że co godzinę sprawdzają mapy pogodowe".

Ukrytym skutkiem zalania jest długotrwały stres, jaki pojawia się przy każdej kolejnej ulewie. Najogólniej mówiąc, ekstremalne opady deszczu i towarzyszące im powodzie mogą wpływać na ludzi na wielu poziomach hierarchii potrzeb Maslowa.[14] Tego rodzaju zdarzenia zagrażają poczuciu bezpieczeństwa, stabilności i dobrostanu oraz utrudniają zaspokojenie podstawowych potrzeb. Gdy ucierpi infrastruktura społeczna, konsekwencje mogą być poważne. Dotyczy to w szczególności obiektów, w których przebywają osoby niesamodzielne, a więc szkół, szpitali, domów opieki i więzień. Zakłócenie funkcjonowania tego typu obiektów jest znacznie większym wyzwaniem dla służb ratunkowych. Zasoby niezbędne do przeprowadzenia kompleksowej ewakuacji nie zawsze będą dostępne na czas.

Należy również wziąć pod uwagę skutki długoterminowe. Po powodzi ludzie obawiają się o bezpieczeństwo oraz boją się powrotu ulew.

Może to prowadzić do ciągłego strachu oraz stresu, nawet podczas zwykłego deszczu.

Uderzające jest to, że wymiar ludzki, obejmujący także szkody emocjonalne, w dokumentach strategicznych jest często marginalizowany, a niekiedy pomijany całkowicie

Aby miasto mogło prawidłowo funkcjonować, trzeba nie tylko odbudować budynki i infrastrukturę, ale także zadbać o kondycję psychiczną mieszkańców.

Wnioski i najważniejsze spostrzeżenia

Jakie są główne wnioski z badania?

Kwestii odporności infrastruktury miejskiej poświęca się coraz większą uwagę. Jest to niewątpliwie dobra wiadomość, ponieważ zakłócenia w jej funkcjonowaniu mogą mieć daleko idące konsekwencje. W oparciu o przeprowadzone badanie, poniżej przedstawiamy główne spostrzeżenia, które naszym zdaniem powinni wziąć pod uwagę miejscy decydenci i kierownicy projektów:

- **Warto badać nie tylko skalę zagrożeń, ale także skalę podatności na nie oraz konsekwencje awarii infrastruktury krytycznej.** Dokonując oceny ryzyka klimatycznego miasta powinny wziąć pod uwagę także obiekty i systemy o znaczeniu krytycznym. Obecnie miejskie oceny ryzyka klimatycznego mają z reguły charakter obszarowy, a więc skupiają się na tym, czy obiekty w danej lokalizacji są narażone na zalanie. Jednak do rzetelnej oceny ryzyka potrzebne jest lepsze rozpoznanie na temat podatności samych obiektów. Rzeczywiste ryzyko zagrażające danej stacji transformatorowej lub szpitalowi często zależy od lokalizacji i sposobu wykonania. Czy obiekt jest położony na wzniesieniu? Czy posiada wodoszczelne drzwi? Czy instalacje elektryczne znajdują się w piwnicy, czy na pierwszym piętrze? Na przykład 30-centymetrowe opady deszczu stanowią problem dla niektórych szpitali, ale nie dla wszystkich. To zróżnicowanie sprawia jednak, że wszelkie analizy stają się bardziej skomplikowane. Spółki wodne nie są w stanie przeprowadzić takiej analizy samodzielnie, ponieważ wymaga ona nie tylko wiedzy na temat lokalizacji i głębokości potencjalnego zalania, ale także zrozumienia skali podatności infrastruktury.

- **Analiza efektów kaskadowych.** Poszczególne systemy infrastruktury są ze sobą silnie powiązane, więc awaria jednego z nich może zakłócić działanie pozostałych. Powstający w ten sposób efekt kaskadowy może mieć nieoczekiwane i daleko idące konsekwencje dla społeczeństwa. Analiza efektów kaskadowych wymaga zebrania informacji od wszystkich jednostek i podmiotów zarządzających infrastrukturą. Pierwszym krokiem powinna być ocena podatności obiektów oraz konsekwencji ich uszkodzenia. Zbiorcza analiza wniosków z ocen ryzyka przeprowadzonych przez poszczególne podmioty pozwoli następnie omówić i poznać efekty kaskadowe. Zdecydowana większość miast objętych niniejszym raportem jak dotąd nie przeprowadza takich analiz.

- **Ocena stopnia zagrożenia infrastruktury technicznej i społecznej.** Aby podnieść odporność, miasta często koncentrują się na zapobieganiu awariom infrastruktury technicznej, którą (przynajmniej częściowo) zarządzają samodzielnie. Jednak bardzo bezpośrednie i daleko idące konsekwencje ma często także awaria infrastruktury społecznej. Zalanie domu spokojnej starości, domu pomocy społecznej, szpitala, więzienia lub ogrodu zoologicznego wywołuje szereg negatywnych skutków i wymaga sporego zaangażowania ze strony służb ratunkowych.

- **Sprawniejsze zarządzanie ryzykiem i wyznaczenie jasnych, ukierunkowanych na działania celów.** W oparciu o ocenę ryzyka i środków możliwych do realizacji w każdym z sektorów, należy przyjąć ukierunkowane na działanie cele zbieżne z zakresami obowiązków poszczególnych podmiotów. Nie ma możliwości zabezpieczenia się przed zagrożeniami klimatycznymi w 100%. Trzeba zatem przyjąć określony próg ryzyka, jakie jesteśmy w stanie zaakceptować. Należy również określić akceptowalny poziom nakładów inwestycyjnych ponoszonych w celu jego minimalizacji. Tego rodzaju decyzje mają już charakter polityczny. Trzeba przy tym zdać sobie sprawę, że nie wszystkie obiekty wymagają tego samego stopnia ochrony. Ponadto, ze względu na złożoność analizy ryzyka, konieczne jest zaakceptowanie pewnego poziomu niepewności. Zwiększenie odporności można osiągnąć poprzez podjęcie działań strukturalnych i wzmocnienie systemów, choć warto także pamiętać o innych narzędziach. W planowanej strategii należy uwzględnić zdolność do reagowania w sytuacjach kryzysowych oraz zdolność do szybkiej naprawy i wymiany uszkodzonych komponentów.

- **Tworzenie synergii na poziomie aktywów.** Działania zwiększające odporność systemów mogą koncentrować się na 1) zmniejszeniu narażenia na zagrożenia klimatyczne; 2) zmniejszeniu podatności lub; 3) łagodzeniu konsekwencji. Działania podejmowane na poziomie poszczególnych obiektów w celu zmniejszenia ich podatności na zagrożenia można ze sobą łączyć, aby jednocześnie rozwiązać kilka problemów. Okres amortyzacji urządzeń elektrotechnicznych i mechanicznych często wynosi około 25 lat. Dla budynków okres ten jest znacznie dłuższy i wynosi od 50 do ponad 100 lat. Podjęcie działań jest znacznie tańsze jeśli zaplanuje się je pod koniec okresu amortyzacji, gdyż znacząco poprawi to stosunek kosztów do korzyści. Ponadto w nadchodzących latach inwestowane będą spore środki w nową infrastrukturę niezbędną do transformacji energetycznej, co stwarza niepowtarzalną okazję, aby zbudować ją w sposób zapewniający odporność na wyzwania związane ze zmianami klimatu.

- **Budowanie odporności zaczyna się od właściwego wyboru lokalizacji.** Infrastrukturę warto budować w miejscach, w których stopień narażenia na skutki ekstremalnych opadów jest niewielki. W miejscu, które nie jest narażone na zagrożenie, zabezpieczenie infrastruktury jest o wiele łatwiejsze i tańsze. Stacja transformatorowa lub centrum danych zbudowane na wyżej położonym terenie jest bardziej odporne na warunki klimatyczne. Takie rozwiązanie jest też często tańsze niż podejmowanie środków technicznych zabezpieczających obiekt przed zalaniem. Kolejnym sposobem na zwiększenie odporności jest zmiana lokalizacji obiektu w sytuacji, gdy istniejąca infrastruktura wymaga modernizacji lub wymiany.

- **Określenie wymagań funkcjonalnych dla nowej infrastruktury.** W Dyrektywie CER wskazano 11 sektorów infrastruktury krytycznej, z których każdy obejmuje wiele różnych rodzajów obiektów. W związku z tym niemożliwe jest zatem przyjęcie uniwersalnego standardu odporności, natomiast tym niemniej konieczne jest określenie norm obowiązujących przy zabudowie nowych obszarów. Dla każdego typu infrastruktury zalecamy opracowanie wymagań funkcjonalnych w kontekście wyzwań związanych ze zmianami klimatu. W Holandii przyjęto ramy określające wymagania dla miejskiej infrastruktury zielonej i służącej adaptacji do zmian klimatu, które częściowo odnoszą się do infrastruktury krytycznej. Firma Sweco jest obecnie zaangażowana w opracowywanie bardziej szczegółowych standardów dla każdego sektora.

- **Nie wszystkie konsekwencje widać gołym okiem.** Uderzające jest to, że czysto ludzki wymiar klęsk żywiołowych, obejmujący także szkody emocjonalne, jest w dokumentach strategicznych często marginalizowany, a niekiedy pomijany całkowicie. Osoba, która raz ucierpiała wskutek powodzi albo zalania, może odczuwać silny stres i niepokój przed każdą kolejną ulewą. Aby miasto mogło prawidłowo funkcjonować, trzeba nie tylko odbudować budynki i infrastrukturę, ale także zadbać o kondycję psychiczną mieszkańców.

Zalecenia

Budowanie odporności to proces dwukierunkowy

Jak planować i projektować miasta, aby zwiększyć ich odporność?

Skoro problem jest już zdiagnozowany, to czas wykonać kolejny krok. Dyrektywa CER wskazuje kierunki działań na rzecz zwiększania odporności infrastruktury krytycznej. Do roku 2026 wszystkie państwa członkowskie powinny opracować odpowiednią strategię. Wdrożenie dyrektywy CER bez wątpienia pomaga usystematyzować kwestię odporności infrastruktury krytycznej. Aby tę odporność zwiększyć, należy jednak podejmować działania na wielu szczeblach. Jednym z tych szczebli są właśnie miasta.

Pewnym utrudnieniem jest to, że wiele podmiotów zarządzających infrastrukturą krytyczną (np. metrem, siecią elektroenergetyczną lub siecią wod.-kan.), dostrzega jedynie wąski wycinek całości. Dlatego droga do zbudowania odporności wymaga zarówno indywidualnej oceny ryzyka i działań podejmowanych przez poszczególne instytucje, jak i koordynacji prac na rozmaitych poziomach.

Jest to zadanie dla władz i nie należy ono do najłatwiejszych. Wymaga ono specjalistycznej wiedzy z wielu różnych dziedzin:

- **Ocena narażenia** na powodzie wywołane deszczem oznacza konieczność stworzenia szczegółowych modeli hydrologicznych i uzupełnienia ich o dane o opadach opracowane w oparciu o scenariusze klimatyczne.
- **Ocena podatności** na zagrożenia wymaga wiedzy sektorowej na temat kwestii o kluczowym znaczeniu dla funkcjonowania danego obiektu. Mowa tu choćby o wiedzy na temat metodologii budowy szpitala, włącznie ze specjalistycznymi systemami zasilania, dostarczania tlenu i bezpiecznej wody pitnej oraz specyficznymi wymaganiami funkcjonalnymi, na przykład dla szpitalnego oddziału ratunkowego lub oddziału intensywnej terapii. Inny przykład to wiedza na temat projektowania stacji metra: ile wody może może się w niej zgromadzić, zanim jej praca przestanie być bezpieczna?
- **Ocena konsekwencji** wymaga także zrozumienia ich ludzkiego wymiaru. Musimy wiedzieć, kogo one dotykają i na ile są poważne.

Punkty wyjścia oraz obowiązki na poziomie sektorowym i miejskim

Sektor - poziom zarządzania aktywami (obiektami)
- Sporządzenie wykazu infrastruktury krytycznej
- Ocena narażenia na ryzyko
- Ocena podatności infrastruktury na zagrożenia
- Ocena możliwych konsekwencji
- Wyznaczanie celów: jaki poziom jest akceptowalny?
- Integracja działań na szczeblu zarządzania aktywami

Integracja - poziom miasta
- Identyfikacja krytycznej infrastruktury miejskiej
- Zebranie informacji o istniejących zagrożeniach
- Zachęcanie zarządców infrastruktury krytycznej do przeprowadzenia sektorowej oceny ryzyka
- Zebranie informacji sektorowych w celu analizy efektów kaskadowych
- Opracowanie polityk i standardów dla infrastruktury krytycznej w obszarach nowej zabudowy
- Uwzględnienie infrastruktury krytycznej w planach zagospodarowania przestrzennego
- Określenie obszarów wymagających dalszych analiz
- Podejmowanie działań obniżających poziom zagrożenia

Równie istotne jest zrozumienie konsekwencji środowiskowych. W razie awarii oczyszczalni ścieków, nieoczyszczone ścieki mogą trafić na ulice, stając się zagrożeniem zarówno dla ludzi, jak i dla przyrody. Kolejnym istotnym aspektem są konsekwencje ekonomiczne. Ile wynoszą straty spowodowane przerwą w dostawie prądu, zablokowaną drogą lub wstrzymaniem ruchu kolejowego?

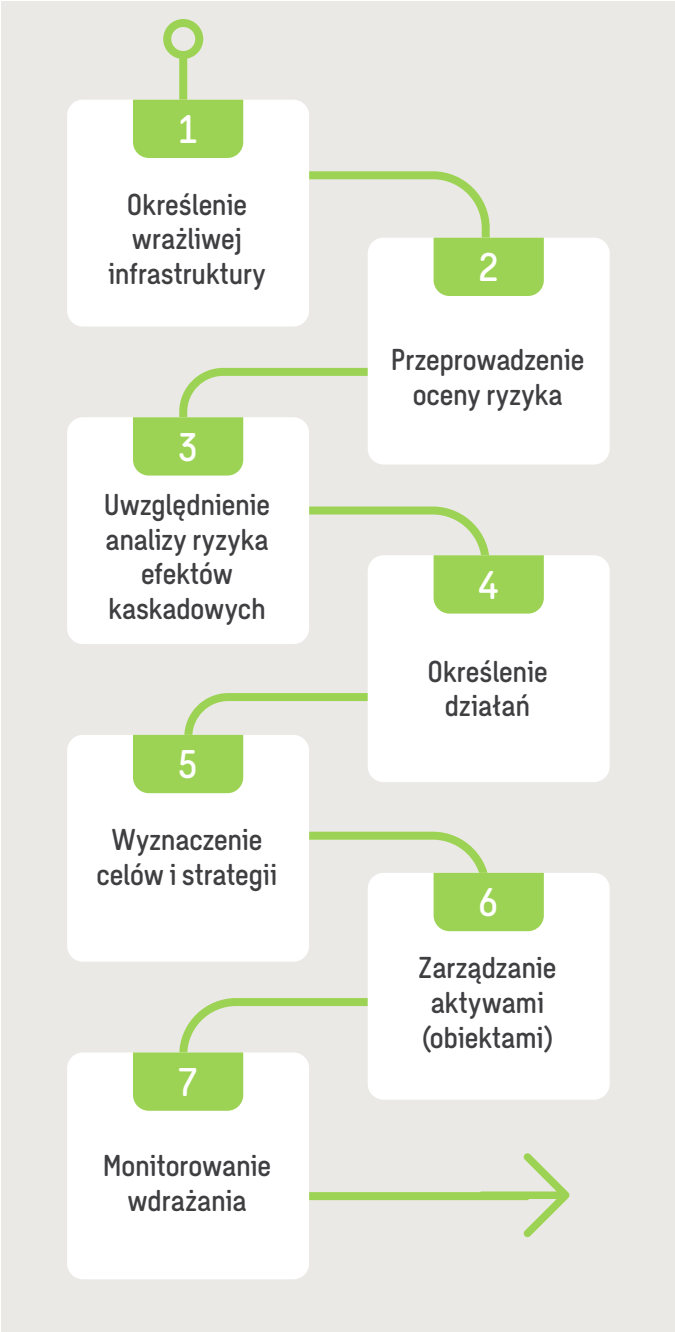
Wszystko to oznacza, że ocena ryzyka dla jednego sektora zawsze będzie zadaniem multidyscyplinarnym. Kolejnym wyzwaniem jest połączenie analiz sektorowych w celu zidentyfikowania efektów kaskadowych. Wiodącą rolę w tym kontekście muszą odgrywać miasta lub regiony. Analizę narażenia z reguły przeprowadza miasto, które może zachęcać inne podmioty do wykorzystywania jej w sektorowych ocenach ryzyka, a następnie powinno zebrać je w całość i zaplanować dalsze działania.

W związku z tym wzywamy miasta i samorządy do aktywnej współpracy z sektorami narażonymi na skutki zalań i powodzi. W oparciu o aktualną wiedzę można podjąć wartościowe działania oraz zidentyfikować obszary wymagające dalszych analiz. Odpowiedzialna postawa, wzajemna otwartość podmiotów sektorowych i władz zwiększy trafność opracowywanych ocen ryzyka. To z kolei przełoży się na większą efektywność inwestycji podnoszących odporność infrastruktury. Przykładowo, łatwiej będzie rozstrzygnąć, czy bardziej opłacają się inwestycje całościowo obniżające poziom zagrożenia, czy może inwestycje zabezpieczające poszczególne obiekty.

Co dalej?

Doświadczenia z wcześniejszych naszych projektów pokazują, że budowanie odporności to proces wieloetapowy. Ponieważ miasta nieustannie ewoluują, zmieniają się także stojące przed nimi zagrożenia, a ponadto coraz lepiej rozumiemy zmiany klimatyczne. IPCC regularnie publikuje nowe scenariusze klimatyczne, na których opiera się wiele badań nad zagrożeniami. Jest zatem wiele powodów, aby ocenę ryzyka regularnie aktualizować i odpowiednio dostosowywać podejmowane działania. Ilość zgromadzonych danych rośnie z każdym kolejnym etapem tego procesu, co pozwala podejmować bardziej świadome i trafniejsze decyzje inwestycyjne.

Budowanie bardziej odpornej infrastruktury jest procesem wymagającym podejmowania decyzji w obliczu niepewnej sytuacji. Materia, z którą mamy tu do czynienia, jest złożona, a liczba możliwych scenariuszy klimatycznych wydaje się nieskończenie wielka. Dlatego zdecydowanie warto wykonać pierwszy krok i przystąpić do analizy, przy czym należy pamiętać, że sama analiza ryzyka i jego ocena to zdecydowanie za mało. Mamy nadzieję, że przedstawione w naszym raporcie rekomendacje okażą się pomocne.



Przewodnik - 7 etapów budowania odpornej infrastruktury

1 Na szczeblu krajowym państwo powinno wytypować podmioty krytyczne i zidentyfikować zarządzaną przez nie infrastrukturę. Na szczeblu miasta należy infrastrukturę tę zlokalizować, a następnie ocenić, czy istnieją również obiekty niemające krytycznego znaczenia na szczeblu krajowym, ale warte rozważenia na szczeblu lokalnym.

2 Każdy sektor powinien przeprowadzić własną ocenę ryzyka obejmującą: 1) stopień narażenia na zagrożenia klimatyczne; 2) stopień podatności poszczególnych obiektów; 3) konsekwencje awarii. Miasto może w tym pomóc, dostarczając dane na temat stopnia narażenia oraz znormalizowane systemy i metody oceny ryzyka, co ułatwi analizę porównawczą poszczególnych opracowań.

3 Po zakończeniu oceny ryzyka sektorowego można przeanalizować interakcje między systemami, aby ocenić efekty kaskadowe i ich konsekwencje. Na poziomie ogólnym (jakościowym) taką analizę można przeprowadzić w ramach spotkań roboczych. Jeśli potencjalne interakcje zostaną uznane za wystarczająco poważne, można przeprowadzić bardziej precyzyjne badania, obejmujące konkretne scenariusze i bardziej szczegółowe aspekty techniczne. W oparciu o te informacje, poszczególne obiekty można sklasyfikować pod względem towarzyszącego im ryzyka.

4 Następnym krokiem dla każdego sektora powinna być ocena możliwych działań zabezpieczających poszczególne obiekty. Na tym etapie z reguły okazuje się, że poziom wymaganych nakładów inwestycyjnych jest bardzo zróżnicowany. Może się na przykład zdarzyć, że awarii całego obiektu można zapobiec wyposażając go w wodoszczelne drzwi, co oznacza wydatek rzędu 1000 EUR. W innych przypadkach koszt może wynieść kilka milionów EUR, jeżeli awarii można będzie zapobiec jedynie przenosząc obiekt do innej lokalizacji. Ponadto, jak już wspomnieliśmy, ogromne znaczenie może mieć harmonogram podejmowanych działań

5 Dogłębne zrozumienie zarówno ryzyka, jak i możliwych działań oraz ich kosztów pozwoli na określenie celów. W przypadku niektórych obiektów wymagana będzie decyzja polityczna dotycząca akceptowalnego poziomu ryzyka i strategii zwiększania odporności. Niekiedy decyzję taką może podjąć miasto, ponieważ to ono bezpośrednio zarządza niektórymi aktywami. W przypadku innych sektorów uprawnienia decyzyjne miasta będą ograniczone. Tym niemniej także w tych przypadkach miasta powinny uczestniczyć w całym procesie, ponieważ mogą wpływać na stopień zagrożenia obiektów podejmując działania w zakresie zarządzania wodami. Ponadto, poprzez odpowiednie zapisy w planach zagospodarowania przestrzennego miasta mogą wyznaczać cele i regulować podatność nowo budowanych obiektów.

6 Po ustaleniu celów można przystąpić do tworzenia szczegółowych planów działania. Na tym etapie warto również sprawdzić, czy poszczególne zadania można zintegrować z planem utrzymania i konserwacji obiektów oraz poszukać synergii pomiędzy różnymi działaniami.

7 Dla każdego sektora należy ustanowić system monitorowania i raportowania postępów. Wymaga to prowadzenia rejestru działań podejmowanych w celu zwiększenia odporności. Ponadto warto regularnie (np. co cztery lub co sześć lat) aktualizować oceny ryzyka. Taka aktualizacja powinna uwzględniać istotne zmiany w użytkowaniu terenu oraz w scenariuszach klimatycznych, a także obejmować działania podjęte przed aktualizacją.

O Autrach

Zachęcamy do kontaktu z nami w przypadku pytań i przemyśleń. Nasz adres e-mail: urbaninsight@swecogroup.com

MARTIJN STEENSTRA jest Starszym Konsultantem ds. wody i planowania obszarów miejskich w dziale Urbanistyki i Ochrony Środowiska w Sweco. Ukończył studia w zakresie planowania przestrzennego na Wageningen University & Research (WUR). W 2020 r. pełnił rolę głównego eksperta w realizowanym przez Sweco projekcie Urban Insight. Opracował program dla obszaru Climate Action i nadzorował realizację sześciu projektów dotyczących adaptacji do zmian klimatu i łagodzenia ich skutków. Martijn zajmuje się też oceną ryzyka klimatycznego dla infrastruktury krytycznej. Opracowuje strategie i programy wdrożeniowe dotyczące infrastruktury krytycznej i szeroko rozumianej adaptacji do zmian klimatu.

ENRICO MOENS jest Kierownikiem programu i Starszym Ekspertem ds. adaptacji do zmian klimatu w dziale Urbanistyki i Ochrony Środowiska w holenderskim oddziale Sweco. Ukończył studia w zakresie zarządzania obszarami lądowymi i wodnymi na Wageningen University & Research (WUR). Był współautorem holenderskich krajowych opracowań na temat zasobów wodnych oraz planowania przestrzennego w kontekście zmian klimatu. Jest jednym z założycieli Rotterdam Centre for Resilient Delta Cities (RDC), sieci skupiającej instytucje publiczne, prywatne i badawcze.

RENSKE HUIBERTS pracuje jako Planistka w dziale Urbanistyki i Ochrony Środowiska w holenderskim oddziale Sweco. Ukończyła studia w zakresie zarządzania środowiskiem miejskim na Wageningen University & Research (WUR). Jej zainteresowania obejmują planowanie rozwoju obszarów miejskich i adaptację do zmian klimatu, a także oceny oddziaływania na środowisko.

JEROEN VAN EEKELEN to Ekspert ds. ryzyka klimatycznego i adaptacji w dziale Urbanistyki i Ochrony Środowiska w holenderskim oddziale Sweco. Ukończył studia w zakresie transgranicznego zarządzania obszarami lądowymi i wodnymi na Wageningen University & Research (WUR). Obecnie pracuje jako konsultant w dziedzinie adaptacji do zmian klimatu, bezpieczeństwa wód i zagospodarowania przestrzennego. Opracował ramowe wytyczne dla budynków przystosowanych do zmian klimatu (Framework for Climate Adaptive Buildings), będące metodologią oceny fizycznych zagrożeń klimatycznych na poziomie budynku.

FIEKE VAN LEEST kieruje programem zrównoważonych przemian w dziale Urbanistyki i Ochrony Środowiska w holenderskim oddziale Sweco. Ukończyła studia w zakresie planowania przestrzennego na Uniwersytecie w Utrechcie. Kierowała także programem Urban Insight w Holandii i prowadziła szkolenia dotyczące tego programu dla całej Grupy Sweco.

Podziękowania

UCZESTNICY WYWIADÓW

Antoine Michaël – Inżynier hydrolog, Bruksela
Jan Rasmussen – Szef projektu i inżynier środowiska, Kopenhaga
Sari Jurmo – Architekt krajobrazu, Helsinki
Gerard Wijnands – Pracownik Działu Dziedzictwa Kulturowego i Jakości Przestrzennej, Urząd Miasta Maastricht
Gaye McKay – Dyrektor, Tuil Solutions, Glasgow
Szymon Dolata – Kierownik Działu Eksploatacji Systemów Kanalizacji Deszczowej, Metropolia Poznańska
Hugo Kind – Doradca ds. bezpieczeństwa społecznego i gotowości, Stavanger
Jonas Althage – Specjalista ds. opadów, Sztokholm

EKSPERCI SWECO

Séverine Hermand – Lider projektu w zakresie planowania odporności na zmiany klimatu, Belgia
Florence Vannoorbeeck – Lider projektu w zakresie planowania odporności na zmiany klimatu, Belgia
Anton Broholm – Specjalista ds. komunikacji, Dania
Kristian Vilstrup – Lider zespołu ds. wody i klimatu, Dania
Hanna-Leena Ventin – Konsultantka ds. wód opadowych, Finlandia
Geraldine Angus – Kierownik operacyjny, Wielka Brytania
Patryk Nowicki – Specjalista ds. analiz przestrzennych i wód opadowych, Polska
Erle Kristvik – Konsultantka ds. środowiska i zrównoważonego rozwoju, Norwegia Consultant, Norway
Øystein Rapp – Starszy konsultant ds. wody i środowiska, Norwegia
Mattias Salomonsson – Kierownik ds. rozwoju - projekty wodne, Szwecja

Źródła

1) KNMI. 23 August 2021. Kans op zware regenval zoals op 13 en 14 juli neemt verder toe door klimaatverandering. https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/kans-op-zware-regenval-zoals-op-13-en-14-juli-neemt-verder-toe-door-klimaatverandering
2) EEA. (2021). Wet and dry — heavy precipitation and river floods. Europe's changing climate hazards – an index-based, interactive EEA report
3) Van Laarhoven, K. 27 December 2021. Overstromingen Nederland, België, Duitsland op een na duurste natuurramp 2021. NRC. https://www.nrc.nl/nieuws/2021/12/27/overstromingen-nederland-belgie-duitsland-op-een-na-duurste-natuurramp-2021-a4072393
4) European Parliament and the Council of the European Union. 13 December 2022. Directive (EU) 2022/2557 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 on the resilience of critical entities and repealing Council Directive 2008/114/EC. EUR-Lex. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:32022L2557&qid=1696515920879
5) C40. (2017). Infrastructure Interdependencies + Climate Risks Report. In C40. https://www.c40knowledgehub.org/s/article/C40-Infrastructure-Interdependencies-and-Climate-Risks-report?language=en_US
6) University of Copenhagen. 15 September 2022. Global warming doubled the risk for Copenhagen's historic 2011 cloudburst. https://science.ku.dk/english/press/news/2022/global-warming-doubled-the-risk-for-copenhagens-historic-2011-cloudburst/
7) Mobini, S., Nilsson, E., Persson, A., Becker, P., & Larsson, R. (2021). Analysis of pluvial flood damage costs in residential buildings – A case study in Malmö. International Journal of Disaster Risk Reduction, 62, 102407. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102407
8) KNMI. 20 July 2021. Onderzoek naar hevige regen en overstromingen in Limburg, Ardennen en Eifel. https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/onderzoek-naar-hevige-overstromingen-in-limburg-ardennen-en-eifel
9) The Guardian. 9 August 2021. Torrential rain brings flooding and travel disruption to UK. The Guardian. https://www.theguardian.com/uk-news/2021/aug/09/weather-torrential-rain-brings-flooding-travel-disruption-to-uk
10) Van Ruiten, K., Bles, T., & Kiel, J. (2016). EU-INTACT-case studies: Impact of extreme weather on critical infrastructure. In E3S Web of Conferences (Vol. 7, p. 07001). EDP Sciences.
11) Härö, E., Järvensivu, S. M., Alilehto, J., & Haravuori, P. (2019). Electricity: How long could we survive without it? Sweco Group. https://www.swecogroup.com/urban-insight/energy/report-electricity-how-long-could-we-survive-without-it/
12) Youris.com. 27 April 2016. The cost of blackouts in Europe. Phys.org. https://phys.org/news/2016-04-blackouts-europe.html
13) 1Limburg. 13 September 2023. Hevige buien: Zuid-Limburg getroffen door wateroverlast. 1Limburg. https://www.1limburg.nl/nieuws/2285265/hevige-buien-zuid-limburg-getroffen-door-wateroverlast
14) McLeod, S. (2007). Maslow's hierarchy of needs. Simply psychology, 1(1-18).

Urban Insight

By Sweco

Urban Insight jest międzynarodową platformą wymiany wiedzy, w ramach której przedstawiane są nowe informacje nt. zrównoważonego rozwoju miast z perspektywy ich mieszkańców. Inicjatywa ta opiera się na serii raportów przedstawiających fakty wraz z badaniami przeprowadzonymi przez ekspertów Sweco z różnych dziedzin: inżynierii, architektury i ochrony środowiska. Urban Insight dostarcza społeczeństwu i decydentom informacje potrzebne do lepszego zrozumienia zmieniającego się świata, a także sprostania obecnym i przyszłym wyzwaniom.

Niniejsze opracowanie jest częścią serii raportów na temat "Działania na rzecz odporności", w których nasi eksperci wskazują konkretne dane, fakty i badania naukowe niezbędne do planowania i budowania bezpiecznych i odpornych miast przyszłości.

Więcej informacji można znaleźć na naszej stronie internetowej pod adresem swecourbaninsight.com

SWECO