

Earth, Life and Social Sciences

Oude Waalsdorperweg 63

2597 AK Den Haag

Postbus 96864

2509 JG Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 10 00

F +31 70 328 09 61

TNO-rapport

TNO 2014 R11293

Klimaatadaptatie en de sector Informatie- en CommunicatieTechnologie (ICT)

Datum	15 september 2014
Auteur(s)	Ir. H.A.M. Luijff Ir. Ing. S.H. van Oort
Oplage	10
Aantal pagina's	53 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	1
Opdrachtgever	KennisvoorKlimaat, Planbureau voor de Leefomgeving en KNMI
Projectnaam	Actualisatie klimaatrisico's
Projectnummer	060.06854



Dit onderzoeksproject werd uitgevoerd in opdracht van het Nationaal Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat (www.kennisvoorklimaat.nl). Dit onderzoeksprogramma wordt medegefinancierd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2014 TNO

Samenvatting

Het wereldwijde klimaat en dus ook het klimaat in Nederland verandert. De Nationale Adaptatiestrategie (NAS) van het ministerie van Infrastructuur en Milieu vraagt om een breder inzicht in de risicofactoren voor Nederland als gevolg van de voorziene klimaatverandering. Onze energie-, transport-, informatie- en communicatietechnologie (ICT) - en overige (vitale) infrastructuren zijn mogelijk gevoelig voor de toename in frequentie en intensiteit van extreem weerfenomenen. Omdat er bovendien veel onderlinge afhankelijkheden bestaan tussen de energie-, transport- en ICT-infrastructuren, is het nodig de aard en omvang van die kwetsbaarheden en risicofactoren in onderling verband te analyseren. Eenzelfde afhankelijkheid van ICT geldt in toenemende mate voor alle andere sectoren in de Nederlandse samenleving. Dit deelrapport over ICT analyseert de risicofactoren die ontstaan door extreme weersomstandigheden die gepaard gaan met de voorziene klimaatveranderingen tussen nu en 2030 (met een doorkijk naar 2050) en de mogelijke kansen voor de complexe Nederlandse ICT-infrastructuur en -sector.

De hoofdbevindingen zijn:

- 1 ICT dringt steeds dieper door in de samenleving en alle vitale infrastructuren, zit steeds vaker verstopt in 'functionaliteit' en is onderdeel van de wereldwijde hyperconnected ICT-infrastructuur ("cyberspace") waarbij Nederland door zijn gunstige ligging en gunstige economische vestigingsfactoren een knooppunt voor internationale verbindingen vormt met vele hubs en datacenters.
- 2 Klimaatverandering-gerelateerde risicofactoren zijn nauwelijks verbonden aan ICT als technologie welke een relatief korte vervangingsnelheid en technische afschrijvingsperiode kent. De klimaatverandering-gerelateerde risicofactoren betreffen voornamelijk de vaste infrastructuurcomponenten met lange afschrijftermijnen, zoals gebouwen met hun luchtbehandelings- en noodstroomvoorzieningen, kabelinfrastructuren, vrij opgestelde antennemasten en elektronica- en verbindingkasten op 'straatniveau'. Toch zijn enkele klimaatgerelateerde risicofactoren en kansen benoemd die aandacht vergen van de ICT-operators binnen de 'business as usual' risicomanagement- en planningsprocessen. Denk daarbij aan het vooruitkijkend rekening houden met effecten van klimaatverandering en extreem weer bij het plannen van grootschalig onderhoud aan objecten en infrastructuur zoals gebouwen met hun voorzieningen als airconditioning, noodstroom en elektriciteitspanelen, antennes-zend/ontvangmasten, en straatkasten.
- 3 De effecten van grootschalige overstroming door bijvoorbeeld extreem hoog water of dijkfalen door extreem weer heeft op de ICT-infrastructuur vergelijkbare effecten als op andere fysieke infrastructuren zoals energie en transport. Uitval en fysieke schade zijn het gevolg. Beleid en klimaatadaptatiemaatregelen zijn daarom niet specifiek voor de ICT-sector. Nationale adaptatiestrategieën als bouwen van vitale objecten op terpen kan wel invloed hebben op locatiekeuzes door de ICT-sector of regelgeving.

- 4 Vooruitkijken is moeilijk, zeker voor de dynamische ICT-sector. Behalve hoofdtrends als meer embedded, alles communiceert mobiel met alles en het slimmer (smart) maken van steden, mobiliteit, industrie en infrastructuren is het niet of nauwelijks mogelijk om verder dan vijf jaar vooruit te kijken. De disruptive ICT-innovaties brengen steeds nieuwe killer applications en game changers naar voren die zorgen voor geheel nieuwe ICT-bedrijven die al snel wereldwijd opereren. Voorspellingen maken over 2030 - of zelfs 2050 - is voor de ICT-sector feitelijk onmogelijk temeer daar het al lastig is om vast te stellen wat nu 'de ICT-sector' is, laat staan hoe de ICT-sector er over 15 of 35 jaar uitziet. De invloed van extreme weersomstandigheden op de huidige ICT sector is daardoor niet door te vertalen naar de toekomst.
- 5 ICT is geheel afhankelijk van elektriciteit. Klimaatwijzigingen en extreme weersituaties kunnen storingen in de toelevering van elektriciteit geven met cascade-uitvaleffecten van ICT, bijvoorbeeld het defect of overbelast raken kabels en afschakeling door koelingsproblemen bij de elektriciteitsgeneratie. Door de hoge betrouwbaarheid van de huidige elektriciteitsvoorziening in Nederland beschikken veel organisaties niet over een noodstroomvoorziening. Prioritaire levering van dieselolie voor noodstroomgeneratoren aan vitale en belangrijke organisaties is (nog) niet goed geregeld, blijktens eerdere constatering in verschillende studies zoals de Capaciteitsadvies Elektriciteit en Telecom (CAET) studie. Aanpak van deze problematiek is van belang in de relatie van cascade-effecten op de ICT-sector door uitval van elektriciteit en zou onderdeel moeten zijn van de adaptatiestrategie.
- 6 Grote wijzigingen in de governance van de ICT-sector lijken niet nodig. Ondanks een gezonde concurrentie geven de ICT-operators blijk van een goed huisvaderschap en het onderkennen van het maatschappelijk belang van ICT door het leveren en garanderen van betrouwbare ICT-diensten. Verwacht wordt dat de ICT-operators ook de mogelijke gevolgen van klimaatverandering en extreem weer tijdig in zullen bedden in hun (zakelijke) risicoafwegingen. Door ook klimaatverandering-gerelateerde risicofactoren voor ICT te monitoren kunnen toezichthouders op de vitale infrastructuursectoren, het Agentschap Telecom voor de ICT-sector in het bijzonder, een lichte, extra governancedruk tot stand brengen. De ICT-operators kunnen daardoor gestimuleerd worden om de nieuwe risicofactoren in te bedden in hun 'business as usual' risicobeheersing van hun (vitale) ICT-operaties.
- 7 ICT-operators dienen in hun incidentpreparatie-processen planmatig beter rekening te houden met 'common cause failures' door extreem weer en andere effecten van klimaatveranderingen die de werking en het herstel van meer vitale infrastructuren tegelijk ontregelen. Op dit moment is in alle sectoren nog weinig tot geen aandacht voor dit fenomeen. Daar waar normaler wijze snel herstel mogelijk is, kunnen gelijktijdige verstoringen in de elektriciteits-, brandstof-, en transportinfrastructuur en de niet beschikbaarheid van bijvoorbeeld kranen omdat die voor herstel van andere infrastructuren nodig zijn, de herstelwerkzaamheden van ICT-infrastructuur aanzienlijk vertragen.

Summary

The global as well as the Dutch climate changes. The Dutch National Adaptation Strategy (NAS) requires a broader understanding of the risk factors related to the expected climate change for the Netherlands. The Dutch energy, transport, information and communication technology (ICT), and other (critical) infrastructures may be sensitive to the increase in the frequency and intensity of extreme weather phenomena. Since there many dependencies between the energy, transport and ICT infrastructures, it is necessary to analyse the nature and possible extent of the climate change related vulnerabilities and risk factors across these sectors. All other Dutch sectors increasingly are dependent on ICT as well.

This report on ICT analyses the new risk factors and opportunities for the complex Dutch ICT-infrastructure and -sector which are related to extreme weather phenomena due to possible climate changes between now and 2030 with some outlook to 2050.

- 1 ICT penetrates our society deeply. Moreover, ICT increasingly hides itself in 'functionality' for the end-user while these functions increasingly become hyperconnected as part of the global ICT-infrastructure ("cyberspace"). Due to its sandy coasts which allows easy termination of transatlantic and maritime cables and favourable business climate, The Netherlands has become a major international hub in telecommunications and internet with many hubs and data centres.
- 2 There are hardly any climate change risk factors connected to ICT and technology due to its fast replacement and technical depreciation cycles. The climate change risk factors for the ICT-sector mainly relate to the infrastructure components with long depreciation cycles such as buildings with air conditioning and backup power facilities, cable infrastructures, antenna masts, and electronics and interconnection cabinets at street level. Nevertheless, some climate change risk factors and opportunities have been identified which require attention of the ICT-operators as part of their 'business as usual' risk management and planning processes. This comprises the planning and execution of major repairs, and structural and technical changes of objects and ICT-infrastructure such as building overhaul, replacement of air-conditioning, power generators, and power distribution panels, the overhaul of antenna masts, and replacement of street level cabinets.
- 3 Effects of large-scale flooding due to extreme high water or the failing of dikes affects the ICT-infrastructure in a similar fashion as other physical infrastructures such as energy and transport. The effects comprise service disruptions and physical damages. Policy and measures for climate adaptation regarding these aspects extend beyond the ICT sector. National climate change adaptation strategies alike building critical objects on mounds may, however, influence future location choices by the ICT-sector as well as the regulatory framework for the ICT sector.

- 4 Predicting technology changes is difficult, especially in the area of ICT. Apart from major trends and increasingly embedded, agile and ambient communication, and the trends to smart cities, smart mobility, smart industry and smart infrastructures/smart grids, it is hardly possible to foresee ICT developments beyond a timeframe of five years. ICT innovations are paired with game changers and killer applications. They bring new players to the global ICT-market. Making predictions for 2030, let alone 2050, regarding the (Dutch) ICT-sector is impossible, especially because it is already a burden to determine what comprises the ICT-sector today. Therefore, the impact of extreme weather on the current ICT sector cannot be extrapolated to the future.
- 5 ICT requires electric power. The reliability of the electric power provision in The Netherlands is one of the best in the world: a low mean time between failure and a very low average disruption time per customer per year. For that reason, most organisations do not invest in power backup facilities. The fuel supply for backup generators in emergency situations to critical and societal important organisations is not (yet) well organised as shown by earlier studies (e.g., CAET). Climate change and extreme weather effects may in future cause disruption of the power supply with cascading effects on the ICT-sector. Addressing the fuel for power backup facilities is required as part of the national climate change adaptation strategy.
- 6 Major changes in the governance of ICT are unnecessary. The, mostly privately owned ICT-operators show a decent responsibility for the Dutch society in providing and guaranteeing reliable ICT-services despite their mutual competition. However, monitoring by the sector-specific regulators of climate change caused disruptions of (1) ICT in critical infrastructures in general, and (2) the ICT sector in particular, may present a lightweight governance pressure on the critical sector operators. That causes the new climate change driven risk factors to become embedded within their 'business as usual' risk management processes for (critical) ICT-operations.
- 7 In their incident preparation processes, ICT-operators have to take into account 'common cause failure' effects caused by extreme weather and other effects of climate change which disrupt critical infrastructure services at the same time, and may delay a fast recovery of the critical services. Currently, most business continuity and recovery plan fail to take 'common cause failure' effects into account. For example, the concurrent disruption of power, fuel for backup generators and transport, and a blocked transport infrastructure may largely delay the recovery of the power grid.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
	Summary	4
	Inhoudsopgave	6
	Lijst van tabellen en figuren	7
1	Inleiding	8
1.1	Aanleiding / uitgangspunten breder onderzoeksprogramma NAS	8
1.2	Doel en aanpak.....	9
1.3	Leeswijzer.....	9
2	Systeembeschouwing.....	11
2.1	Sectorbeschrijving van de ICT-sector en -infrastructuur	11
2.2	Klimaatverandering en extreme weeromstandigheden	18
2.3	Scope en afbakening van deze deelstudie.....	20
3	Risico en kansen in het huidige systeem	21
3.1	Aanpak risico-actualisatie en risico-variabelen	21
3.2	Beschrijving van belangrijkste risicofactoren.....	23
3.3	De belangrijkste kansen voor de ICT-sector	30
3.4	Afhankelijkheden en cascade-effecten.....	33
4	Risicofactoren en kansen op basis van toekomstige ontwikkelingen.....	37
4.1	ICT-sectorperspectief 2030 met doorkijk naar 2050	37
4.2	Klimaat- en sociaaleconomische ontwikkelingen tot 2050: De Deltascenario's.....	40
4.3	Risicofactoren	42
4.4	Kansen.....	42
4.5	Cascade-effecten en interacties met / doorwerking in andere sectoren	42
4.6	'Wild cards'	43
5	Handelingsperspectief en aangrijpingspunten voor verminderen van het risico en benutten van kansen	45
6	Mogelijke indicatoren voor monitoring en evaluatie	48
6.1	Aantal extreem weer en klimaatverandering-gerelateerde ICT-continuïteitsstoringen per jaar.....	48
6.2	ICT als innovatie: dreigingsmonitor voor andere sectoren	49
7	Belangrijkste kennislacunes om onzekerheden in risicoschattingen te verkleinen	50
8	Achtergrondliteratuur	51
	Bijlage	
	A Deelnemers bijeenkomsten	

Lijst van tabellen en figuren

Tabellen

Tabel 1	Economische impactklassen.....	22
Tabel 2	Sociaal-maatschappelijke impactklassen	22
Tabel 3	Geïdentificeerde risicofactoren voor de kernelementen/-objecten van de ICT-infrastructuur (beige = nieuwe risicofactor die aandacht vergt; geel = tijdelijke uitval tot enkele dagen; rood = ernstige, mogelijk langdurige impact).....	24

Figuren

Figuur 1	Breakdown van de vitale ICT-infrastructuur.....	11
Figuur 2	Dit rapport concentreert zich op de omcirkelde groepen aan vitale ICT-diensten.....	14
Figuur 3	De KNMI '14 scenario's langs assen van temperatuurstijging en luchtstromingspatronen (bron: KNMI '14 klimaatscenario's voor Nederland)	19
Figuur 4	Maatschappelijke gevolgen van uitval	30
Figuur 5	Foto van het bezwijken van een met vele sensoren en ICT gemonitorde dijk (bron: Stichting IJkdijk)	33
Figuur 6	In 2003 bleken vitale infrastructuren in Nederland sterk afhankelijk te zijn van de onderkende Critical Infrastructures (CI) of te wel vitale ICT-producten en –diensten. De meeste ICT producten en diensten dragen bij aan / zijn noodzakelijk voor de andere vitale diensten (contributing).....	34
Figuur 7	Relatieve uitval van vitale infrastructuren in Nederland (2005-2011) en cascade-effecten (de aantallen externe verstoringen zijn gedeeld door vijf in verband met de visualisatie) [N=911]	34
Figuur 8	Technologie-ontwikkelingen in ICT voorspellen is moeilijk: de thuis PC anno 2004 zoals voorzien 50 jaar eerder (bron: RAND Corporation).....	40
Figuur 9	De Deltascenario's langs de twee assen van klimaatverandering en economische ontwikkeling	41

1 Inleiding

1.1 Aanleiding / uitgangspunten breder onderzoeksprogramma NAS

Dit rapport geeft een actualisatie van de risicofactoren en kansen als gevolg van klimaatverandering voor het thema Informatie- en Communicatie Technologie (ICT). Het is opgesteld als bouwsteen¹ voor de Nationale Adaptatiestrategie (NAS) van het ministerie van Infrastructuur en Milieu. In de NAS, die in 2016 zal verschijnen, stelt het ministerie van Infrastructuur en Milieu vast met welk beleid Nederland klimaatbestendig wordt en welke activiteiten daarbij horen. Om dat in de volle breedte te kunnen doen is het nodig om het risico en de kansen van klimaatverandering in beeld te brengen, en te bezien of de nieuwste inzichten in de klimaatverandering zelf en de effecten van een mogelijke klimaatverandering aanleiding geven om het huidige beleid aan te passen. Daarnaast vraagt de Europese Commissie van elke lidstaat een integraal klimaatadaptatiebeleid.

Belangrijke aanleiding voor deze actualisatie van de klimaatrisico's en kansen is een studie door de Algemene Rekenkamer², waarin deze aangeeft dat het in het klimaatadaptatiebeleid van Nederland ontbreekt aan een geïntegreerde aanpak voor alle klimaatrisico's en dat er een sterke dominantie is op de onderwerpen waterveiligheid, zoetwatervoorziening en klimaatbestendige stad. De sectoren gezondheid, visserij, natuur, land- en tuinbouw, energie, ICT en transport krijgen volgens de Algemene Rekenkamer te weinig aandacht. Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft daarop aan het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), het KNMI en Kennis voor Klimaat (KvK) gevraagd om de klimaatrisico's voor deze thema's in beeld te brengen. De uitdaging is om te komen tot een actueel beeld van risico's en kansen voor Nederland als gevolg van klimaatverandering, nu en op de middellange termijn.

Onze energie-, transport-, ICT- en overige infrastructuren en de dienstverlening zijn mogelijk gevoelig voor de toename in frequentie en intensiteit van weersextremen, zoals onweer, piek- en hagelbuien, windhozen, hitte, droogte en mist. Omdat er bovendien veel onderlinge afhankelijkheden bestaan tussen de energie-, transport- en ICT-infrastructuren, is het nodig de aard en omvang van die kwetsbaarheden en risicofactoren in onderling verband te analyseren. Gegeven de nog grote onzekerheden is het van belang ook mogelijke effecten van worst case-klimaatscenario's mee te nemen³.

Behalve risicofactoren biedt de verwachte klimaatverandering mogelijk ook kansen. Deze liggen bijvoorbeeld bij de export van Nederlandse kennis over een klimaatbestendige ontwikkeling. In het traject naar de NAS voor 2016 wordt nagegaan of hierbij een actieve rol voor de Rijksoverheid wenselijk is.

Dit rapport behandelt de risicofactoren ten gevolge van de voorziene mogelijke klimaatveranderingen tussen nu en 2030 (met een doorkijk naar 2050) en de

¹ PBL (2013). Aanpassen met beleid. Bouwstenen voor een integrale visie op klimaatadaptatie, PBL (Planbureau voor de Leefomgeving) publicatie 1125, Den Haag.

² Aanpassing aan klimaatverandering: strategie en beleid (2012), brief aan de Tweede Kamer van de Rekenkamer, 33470, 15 november 2012.

³ Ligtoet, W., Van Bree, L., Van Dorland, R. (2013). Aanpassen met beleid. Bouwstenen voor een integrale visie op klimaatadaptatie. PBL, Den Haag.

mogelijke kansen voor de ICT-infrastructuur in Nederland. Hierbij worden ook de afhankelijkheidsrelaties met andere vitale sectoren en de ICT-sector in het buitenland beschouwd. Dit aan de hand van de nieuwste inzichten van het KNMI over klimaatverandering en aan de hand van recente studies over klimaat en infrastructuur.

1.2 Doel en aanpak

Het doel van dit deelrapport is een systematische analyse van de risicofactoren van de voorziene mogelijke klimaatverandering tussen nu en 2030 (met een doorkijk naar 2050) voor de Nederlandse ICT-sector, waarbij tevens de afhankelijkheidsrelaties van en met andere sectoren en het buitenland beschouwd worden, en het verkennen van kansen voor klimaatadaptatie.

De aanpak van deze deelstudie is gebaseerd op:

- 1 Deskresearch met als belangrijkste bronnen:
 - Klimaatadaptatie- en klimaatveranderingsstudies van het PBL en het KNMI.
 - Eerder werk door de ITU^{4,5} en het Verenigd Koninkrijk⁶ over de impact en kansen van klimaatveranderingen op de ICT sector.
 - Analyse van extreem weerfenomenen en ICT uit de TNO Critical Infrastructure Incident Database (CIID), een database gebaseerd op publieke bronnen met 9960 vitale infrastructuurverstoringen wereldwijd, hun oorzaken en gevolgen, en mogelijke cascade-uitval en common cause failures.
- 2 Een expertsessie op 1 april 2014 (bijlage A bevat de namenlijst).
- 3 Een workshop met stakeholders uit de energie-, transport en ICT-sectoren op 27 mei 2014 (bijlage A bevat de namenlijst).
- 4 Een interview met de heer E. van Garderen, KPN Telecom op 8 juli 2014 en een interview met de heer S. van Merkom, Ministerie van Economische Zaken op 10 juli 2014.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een kort overzicht van de ICT-sector en –infrastructuur in Nederland en een lange termijn vooruitzicht. Hoofdstuk 3 geeft de analyse en rapportage over de belangrijkste risicofactoren voor de continuïteit van de dienstverlening van de *huidige* ICT-infrastructuur in Nederland ten gevolge van nu voorziene wijzigingen door klimaatveranderingen, waaronder met name extremere weersomstandigheden. Nadrukkelijk gaat het alleen om die veranderingen. Risicofactoren die vallen onder het risico van ‘business as usual’ worden hier niet beschouwd al worden juist die risicofactoren door de meeste ICT-bedrijven als meer reëel ingeschat en kunnen daarom ook een basis zijn om (tegelijk) maatregelen te treffen die ook de nieuwe klimaat-gerelateerde risicofactoren

⁴ Ospina, A.V., Faulkner, D., Dickerson, K., Bueti, Ch. (2014), Resilient pathways: the adaptation of the ICT sector to climate change, ITU, Genève, Zwitserland. Online: http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/Documents/Publications/Resilient_Pathways-E.PDF.

⁵ Andere online informatie van de ITU: zie <http://www.itu.int/itu-t/climatechange>.

⁶ Horrocks, L, Beckford, J, Hodgson, N, Downing, C, Davey, R and O’Sullivan, A. (2010). Adapting the ICT Sector to the Impacts of Climate Change – Final Report, Defra contract number RMP5604. AEA group, published by Defra. Online: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/183486/infrastructure-aea-full.pdf.

afdekken. Daarnaast worden mogelijke kansen voor tijdige klimaatadaptatie en innovatie benoemd en de risicofactoren voor de ICT-sector die gekoppeld zijn aan ketenafhankelijkheden en impacteffecten.

Hoofdstuk 4 beschouwt dezelfde aspecten op basis van voorziene ontwikkelingen van de ICT-infrastructuur tot 2030 met een doorkijk naar 2050.

Hoofdstuk 5 geeft voorstellen voor het handelingsperspectief om de in de voorgaande hoofdstukken benoemde risicofactoren te mitigeren en om geïdentificeerde kansen te benutten.

Hoofdstuk 6 benoemt indicatoren voor monitoring en evaluatie en hoofdstuk 7 gaat in op de belangrijkste kennislacunes qua onzekerheden in risicoschattingen.

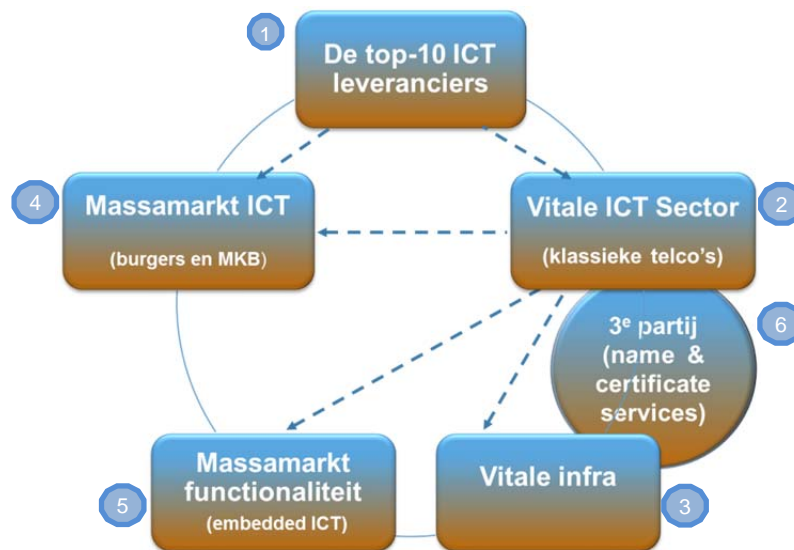
2 Systeembeschouwing

2.1 Sectorbeschrijving van de ICT-sector en -infrastructuur

2.1.1 De functionele indeling

In de afgelopen vijftig jaar is de opmars van ICT wereldwijd onstuimig geweest en zoals het zich laat aanzien zal die ontwikkeling zich de komende periode alleen nog maar sneller voltrekken. De ICT-sector en -infrastructuur lijkt daardoor complex, mede omdat het dienstverlening door een groot aantal private actoren betreft die verantwoordelijk zijn voor vele soorten van ICT-diensten.

Voor deze deelstudie moeten we uitgaan van verstoring of verlies van ICT-infrastructuur in Nederland die leidt tot mogelijke maatschappelijke ontwrichting of hoge economische schade op zowel korte als lange termijn. Daarbij kan worden aangesloten bij de kern van de Europese definitie van vitale infrastructuur⁷: “An asset, system or part thereof {...} which is essential for the maintenance of vital societal functions, health, safety, security, economic or social well-being of people, and the disruption or destruction of which would have a significant impact {...} as a result of the failure to maintain those functions”.



Figuur 1 Breakdown van de vitale ICT-infrastructuur.

In ⁸ wordt de vitale ICT-sector en -infrastructuur uiteengegrafen in een zestal deelgebieden; zie ook figuur 1. Hierin worden meer vitale ICT-diensten onderkend dan in de indeling voor de Nederlandse vitale infrastructuur uit 2003. Dit omdat de ICT-ontwikkelingen daarna stormachtig zijn geweest en nog zijn. Naast de twaalf

⁷ European Council (2008). COUNCIL DIRECTIVE 2008/114/EC of 8 December 2008 on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection, Brussels, 2008.

⁸ Luijff, H.A.M. (verwacht 2015), The critical ICT sector: paper at the critical infrastructure workshop June 2014, St. Gallen, Switzerland, concept international journal publicatie.

vitale sectoren onderkent de Nederlandse rijksoverheid⁹ dat ook andere, veelal ICT-gedreven, sectoren relevant voor de nationale veiligheid zijn.

1. De top-10 ICT-leveranciers

Ten eerste de grote, mondiale leveranciers van ICT zoals bijvoorbeeld Intel, Microsoft, Apple, Samsung, CISCO, SAP en het Open Source Consortium. Als er een grote verborgen fout naar voren komt in hun apparatuur of programmatuur, kan ICT en de daarmee verleende diensten wereldwijd verstoord raken. Denk bijvoorbeeld aan een ernstig lek in het Microsoft XP besturingssysteem waarvan de ondersteuning in april 2014 gestopt is of aan het uitbuiten van een ernstig lek in wereldwijd toegepaste procescontrolesystemen (net als Stuxnet dat deed).

2. Vitale ICT-sector

Ten tweede de (klassieke) vitale informatie- en communicatiediensten uit de Nederlandse lijst van vitale producten en diensten 10:

- 1 de vaste telecommunicatie-infrastructuur (Plain Old Telephony System (telefonie, fax en datadiensten), CATV/kabelgebonden diensten en (inter)nationale telecommunicatie-backbones¹¹),
- 2 mobiele telecommunicatie (inclusief datadiensten als internet-toegang),
- 3 radiocommunicatie- en navigatie ten behoeve van de scheepvaart,
- 4 satellietcommunicatie en satelliet-gebaseerde navigatie¹² (inclusief precisietijd¹³),
- 5 omroep (onder andere radio- en TV via publieke nationale AM, FM en DAB+ zenders en zendtorens en de calamiteitenzenders),
- 6 internettoegang,
- 7 communicatie-infrastructuur voor hulpverlening, crises en rampen (alarmnummer 1-1-2, landelijke informatie- en communicatiesystemen tussen overheden onderling en voor hulpdiensten (GMK, LCMS en C2000/P2000¹⁴), en de NoodCommunicatieVoorziening (NCV))¹⁵. Een deel van deze diensten maakt overigens gebruik van de vaste en mobiele infrastructuur als transportmedium.

⁹ Pagina 14 van WGEV (2014). Tussen naïviteit en paranoia. Nationale veiligheidsbelangen bij buitenlandse overnames en investeringen in vitale sectoren. Rapportage werkgroep economische veiligheid, NCTV, Den Haag. Online: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-345380.pdf>.

¹⁰ Nummers 1 t/m 6 vallen onder de telecommunicatiesector; nummer 7 onder de vitale sectoren openbaar bestuur en openbare en veiligheid.

¹¹ Een deel van deze communicatie gaat via zeekabels. Falen van een zeekabel kan leiden tot verstoring van communicatie met een regio, bijvoorbeeld het verre oosten, Australië of meer landen in Afrika. Reparatie kan soms weken nemen en niet in veel gevallen is er voldoende backup-capaciteit via andere kabels en satellieten.

¹² Dit betreft de Global Navigation Satellite Systems (GNSS) GPS, Galileo, Glonass en Beidou en de European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS). De verantwoordelijkheid voor de beschikbaarheid van GNSS ligt bij organisaties buiten de directe invloed van Nederland. Satellietgrondstations in Nederland voor satellietcommunicatie zijn in beheer bij verschillende telecommunicatie-operators, Defensie (Wideband Global Satcom) en de Nationale Sigint Organisatie (NSO).

¹³ GNSS gebaseerde tijdinformatie wordt gebruikt als 'goedkope' precisieklok voor tal van toepassingen zowel in het internet (NTP, routing) als voor tijdstempels op financiële transacties en in bijvoorbeeld elektriciteitstransmissie (onder andere flexibele alternating current transmission system (FACTS) devices). Voor sommige toepassingen kan de DCF77 zender als alternatieve referentieklok gebruikt worden.

¹⁴ Het Ministerie van Veiligheid en Justitie (V&J) is vergunninghouder voor C2000.

¹⁵ Deze vitale ICT valt onder de vitale sector Openbare Orde en Veiligheid.

De nog niet door de overheid als vitaal aangemerkte, doch veelal als vitaal ervaren ICT-dienstverlening aan de massamarkt, MKB en grote bedrijven door Internet Service Providers (ISPs), service providers met data hotels, cloudservicediensten¹⁶ en dergelijke services horen feitelijk ook bij dit deelgebied.

3. Vitale infrastructuren

Ten derde is ICT dermate doorgedrongen in de vitale processen van andere vitale infrastructuren dat hun vitale functies grotendeels uitvallen bij storing of verlies van hun ICT. Denk bijvoorbeeld aan het financiële transactiesysteem (zowel nationaal als globaal) en de procesbesturing van onze energie-, drinkwater-, water-beheersing-, voedselproductie- en transportsystemen en het GSM-R(ail) netwerk dat de mobiele communicatie met machinisten en de data-uitwisseling met treinen verzorgt.

4. Massamarkt ICT voor burger en MKB

Bij grootschalige en langdurige uitval van de PCs (softwarefout; virussen), PC-diensten (email), mobieltjes (apps), tablets en dergelijke bij de burger en het MKB kan maatschappelijke ontwrichting ontstaan of aangewakkerd worden, al is er enige robuustheid omdat meer apparaten met verschillende besturingssystemen voorhanden zijn. De recente Heartbleed bug liet zien hoe snel er een serieus risico kan ontstaan voor deze massamarkt.

Heartbleed

Op 7 april 2014 bleek de OpenSSL programmeerbibliotheek een kwetsbaarheid te bevatten. Wereldwijd bleken hierdoor 600.000 servers kwetsbaar te zijn voor het stelen van geheime sleutels, certificaten, wachtwoorden en klantgegevens. Dit omdat versleutelde verbindingen die worden gebruikt voor bijvoorbeeld websites, e-mail en VPN na de ontdekking van het lek gemakkelijk te kraken zijn. Twee maanden later waren 300.000 servers nog steeds onveilig. Gebruikers van Blogger/Blogspot, Dropbox, Facebook, Electronic Frontier Foundation, Etsy, Google, Imgur, Instagram, Netflix, OKCupid, Pinterest, Stack Overflow, Wikipedia, Woot, Wordpress.com/Wordpress.org and YouTube werd aangeraden om hun wachtwoord te wijzigen. Patiëntgegevens van 4.5 miljoen patiënten van 206 ziekenhuizen in de VS werden met behulp van Heartbleed ontvreemd.

Bronnen: NCSC factsheet Heartbleed; www.security.nl

5. Massamarkt functionaliteit (met ingebedde ICT)

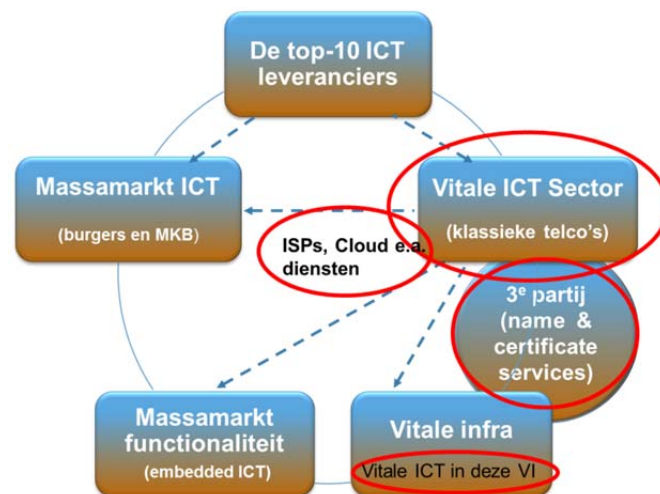
Het vijfde deelgebied omvat de grootschalige inbedding van ICT in allerlei consumentenproducten en speciale in massa geproduceerde producten waar met ingebedde ICT (processors en programmatuur) nieuwe functionaliteit geboden wordt. Denk aan digitale tv's, slimme meters, slim witgoed (koelkasten, (vaat)wasmachines), medische apparatuur (insuline, pacemakers) en auto's. Als er een groot probleem ontstaat in deze ICT, is er niet snel een alternatief aanwezig en is het vaak (nog) niet mogelijk om op afstand correcties uit te voeren. Een voorbeeld vormen de vele tienduizenden zonnepanelen in Duitsland die voorzien moeten worden van andere programmatuur om te voorkomen dat in bepaalde situaties de geheel stroomvoorziening in Duitsland uitvalt.

¹⁶ De data staat mogelijk opgeslagen in een datacentrum in Nederland maar waarschijnlijker staat de data opgeslagen in een of meer datacentra elders op de wereld; dan zijn de nationale en internationale telecommunicatietransportdiensten (infrastructuur) essentieel voor de toegang tot de data.

6. Vitale ICT-dienstverlening door derde partijen

Ten zesde, de veelal genegeerde onderliggende door derde partijen geleverde vitale dienstverlening die het 'smeermiddel' vormt voor de zichtbare ICT-infrastructuurdiensten: bijvoorbeeld het beheer van de adresserings- en domeinnamenstructuren (telefoonnummers, autonome netwerknummers, het domain name system (secure)¹⁷ en de top-leveldomeinen als .nl, .net en .com) en digitale certificateninfrastructuren/Public Key Infrastructures (PKIs). De noodzaak van de nationale crisisaanpak door het kabinet na de compromittage van de DigiNotar certificaten geeft aan welke impact een verstoring of falen van een dergelijke derde partij kan hebben op de gehele Nederlandse ICT-infrastructuur en die daarbuiten.

Overigens is een groot deel van dergelijke diensten door partijen buiten Nederland geleverd. Verisign is bijvoorbeeld de registrar van de .com en .net domeinen¹⁸. Als daar iets fout gaat, heeft Nederland daar last van. Ook een fout in de internationale routingtabellen kan leiden tot onderbreking van diensten. Een voorbeeld is de internet service operator in Pakistan die op 24 februari 2008 de toegang tot de Fitna-film op YouTube wilde blokkeren. Een fout in zijn BGP gegevens verspreidde zich wereldwijd waardoor YouTube voor enkele uren tot enkele dagen niet bereikbaar was voor gebruikers.



Figuur 2 Dit rapport concentreert zich op de omcirkelde groepen aan vitale ICT-diensten.

Gegeven de context van de vraagstelling richten we ons op de klimaatverandering gerelateerde risicofactoren en kansen voor grootschalige, vitale dienstverlening en niet op de risicofactoren voor de individuele burger of MKB-organisatie. Daarom concentreren we ons op de in Figuur 2 met een rode omcirkeling aangegeven groepen van vitale ICT-diensten:

- 1 De zeven hierboven genoemde vitale informatie- en communicatiediensten van de (klassieke) vitale ICT-sector.
- 2 De ICT-afhankelijkheden binnen de andere vitale sectoren en de vitale informatiediensten van de overheid.
- 3 De nog niet door de overheid als vitaal aangemerkte, doch veelal als vitaal ervaren ICT-dienstverlening aan de massamarkt, MKB en grote bedrijven door

¹⁷ De DNS resp. DNSSec infrastructuur met de top-leveldomeinen.

¹⁸ <https://www.icann.org/registrar-reports/accredited-list.html>.

Internet Service Providers (ISPs), service providers met data hotels, cloudservicediensten¹⁹ en dergelijke services.

- 4 De onderliggende vitale ICT-dienstverlening door derde partijen.

2.1.2 *De ICT-infrastructuur: architectuur en knooppunten*

De vitale informatie- en communicatiediensten van de bovengenoemde vier groepen aan vitale ICT-diensten zijn in het algemeen opgebouwd als een gelaagde infrastructuur met enkele objecten/gebouwelementen nationaal in de toplaag, zoals een computercentrum of een trans-Atlantische kabel, en zeer veel infrastructuurelementen/-objecten in de onderste laag zoals huisaansluitingen. Sommige ICT-operators leveren echter alleen diensten op of aan de “toplaag” en laten andere ICT-operators gebruik maken van hun diensten.

Essentieel is dat de diensten voor de eindgebruikers van lokaal tot wereldwijd worden geleverd door de samenwerking van meer operators, via verschillende soorten transmissiemedia en –technieken. Daardoor is het mogelijk om met een satelliettelefoon op de Zuidpool een Zuid-Afrikaan tijdens zijn vakantie in een bos in Drenthe op zijn mobieltje te bereiken.

We onderscheiden de volgende technisch-fysische elementen:

- 1 Internationale backbones bestaande uit trans-Atlantische kabels, satellietverbindingen en hoge snelheid (multi-colour) glasvezelbundels op het land die transportdiensten leveren. Overigens gaat 99% van het internationale telecommunicatieverkeer via zeekabels²⁰.
- 2 Objecten die computer-, data- en schakelcentra functionaliteiten herbergen. De computercentra verzorgen bijvoorbeeld de abonnee-administratie (zoals de home en visiting location registers voor mobieltjes, IP-nummeruitgifte/controle (bijvoorbeeld Radius) voor eindgebruikers), het volgen van het gebruik en het maken van de rekeningen, het schakelen van circuits en het leggen van verbindingen met andere telecommunicatiedienstenleveranciers (“gateways”, Mobile Switching Centre (MSC)), en het beheer van bijvoorbeeld de .nl-domeinnamen. Operators maken verschil in objecten die de datacentres voor het sturen en het beheer van de infrastructuur herbergen en datacentres voor het opstellen van apparatuur en hosting van klantdiensten. Telecomoperators proberen hun infrastructuur zoveel mogelijk redundant uit te voeren. Het is echter niet uit te sluiten dat meer objecten met een redundante functie door hetzelfde onheil getroffen worden, denk aan de impact van de Ergst Denkbare Overstroming.

In de internet-infrastructuur zijn vergelijkbare belangrijke of vitale objecten de datahotels, server hosting locaties, locaties van clouddiensten en dergelijke waar soms honderdduizenden web servers, terabytes aan informatie en andere diensten voor de klanten verzorgd worden. Daarnaast zijn er de internet exchanges (IXs) waar vele zogenaamde autonome netwerken onderling en met internationale backbones gekoppeld worden.

¹⁹ De data staat mogelijk opgeslagen in een datacentrum in Nederland maar waarschijnlijker staat de data opgeslagen in een of meer datacentra elders op de wereld; dan zijn de nationale en internationale telecommunicatietransportdiensten (infrastructuur) essentieel voor de toegang tot de data.

²⁰ Zie ook: www.submarinecablemap.com.

Omdat Nederland een van de belangrijkste knooppunten qua snelheid en onderlinge verbindingen in de wereld is, zijn er binnen Nederland een aantal van dergelijke grote datahotels / servercentra te vinden (zie paragraaf 2.1.3). De Amsterdam Internet exchange (AMS-IX) bijvoorbeeld, verspreid over een aantal locaties in de hoofdstad, is op dit moment een van de belangrijkste internetknooppunten in de wereld.

De CATV/kabelgebonden infrastructuren hebben centraal opgestelde apparatuur waar ze binnenkomende tv- en radiokanalen in de juiste frequentieband doorgeven (analoge signalen) of digitale kanalen ter beschikking stellen waarbij centraal de toegang van de decodeerkaarten bij de abonnee thuis geauthentiseerd wordt.

Bij de klassieke vaste telecommunicatie en CATV/kabelinfrastructuur is veelal sprake van "wijkcentrales" die of via een maasvormige of via ringvormige verbindingen gekoppeld zijn met een 'hogere' (tussen)communicatielaag met en tussen regionale centrales. Deze is op haar beurt gekoppeld met de centrale computer-, data- en schakelcentra.

In de KPN Telecom wijkcentrales is veelal ook apparatuur van andere telecommunicatieoperators aanwezig die daar de aansluiting met de eindgebruiker uitkoppelen via hun eigen verbindingen naar hun eigen netwerk.

Hoe 'hogere' in deze hiërarchie van de ICT-infrastructuur (verderaf van de eindgebruiker), hoe meer maatregelen er getroffen zijn om bij stroomuitval de levering aan telecommunicatiediensten voort te kunnen zetten. Hoe lager in deze hiërarchie (dichter bij de eindgebruiker), hoe minder maatregelen er aanwezig zijn. Wijkcentrales van KPN Telecom hebben of een batterij aan accu's of een noodgenerator om bij stroomuitval gedurende een tot enkele uren telecommunicatiediensten te kunnen leveren. CATV/kabelgebonden infrastructuur heeft dat in het algemeen niet. Hetzelfde geldt voor veel van de op daken opgestelde antennemasten voor mobiele communicatie.

- 3 Een nationale backbone-infrastructuur, veelal gebaseerd op glasvezel-technologie en soms op basis van microgolfverbindingen of straalzenders. Deze infrastructuren vormen de schakel tussen de distributie-infrastructuur en de centraler belegde functionaliteiten/knooppunten. De glasvezelstructuren zijn veelal opgebouwd uit ringvormige structuren om continuïteit te bieden indien een kabel al dan niet opzettelijk doorsneden wordt. Het merendeel van deze glasvezels wordt gebruikt door de vaste en mobiele telecommunicatie-aanbieders. Daarnaast worden glasvezels gebruikt voor VPN-diensten en dark fibre (end-to-end glasvezel voor eigen gebruik). De microgolfverbindingen / straalzenderverbindingen leveren over afstanden tot een tiental kilometers een punt-punt transmissiepad door de vrije ether. Ze worden bijvoorbeeld gebruikt voor het overbruggen van grotere watervlakten en voor tijdelijke extra breedbandige capaciteit bij evenementen.
- 4 De distributie-infrastructuur (het toegangsnetwerk).
 - Voor de vaste telefonie, radio/TV en internet-toegang betreft dit de "last mile" van fysieke verbindingen tussen de eindgebruikers (huizen, bedrijven) via concentratiepunten in de straatkasten en de 'wijkcentrales'. Veelal is dit

gebaseerd op meeraderige koperkabels of coaxkabels. Geleidelijk aan worden deze verbindingen vervangen door glasvezelinfrastructuur.

- Masten met zend-/ontvangantennes die communiceren met de ‘terminals’ als mobieltjes (GSM, 3G/4G) en portofoons (C2000). De zendmasten communiceren met de ‘hogere’ hiërarchie van de mobiele infrastructuur (base station controllers, master station controllers, home en visiting location registers (HLR, VLR)) respectievelijk het beheer van de C2000-gebruikersgroepen via vaste glasvezelverbindingen en/of microgolfverbindingen. Een deel van de antennemasten wordt alleen gevoed vanuit “de liftkoker” en valt bij stroomuitval direct uit. Vrijstaande antennemasten zijn meestal voorzien van accu’s, die –afhankelijk van de belasting– tot zo’n vier uur doorwerken, en soms van een noodstroomaggregaat. Voor speciale “events” en ook in geval van noodsituaties inzetbaar zijn verplaatsbare masten met een noodaggregaat.
- Nationale en regionale zenderparken en –masten voor radio en tv (en een beperkt aantal commerciële mediadiensten).

Uit het voorgaande blijkt dat de ICT-infrastructuur in hoge mate geografisch gespreid is en veelal redundant opgebouwd is qua verbindingen en knooppunten. Veelal is sprake van een heterogeen samenstelsel aan apparatuur en programmatuur. Toch zijn er punten die bij verstoring of uitval tot uitval van grote(re) delen van de ICT-infrastructuur kunnen leiden. Uitval bij deze Single Points of Failure (SPoFs) treffen vaak niet alleen één ICT-dienst maar meer diensten tegelijk, bijvoorbeeld omdat de mobiele antennemasten onderling verbonden zijn via de vaste glasvezelinfrastructuur. Daarnaast worden steeds meer ICT-diensten geleverd boven op één fysieke infrastructuur of zelfs meer infrastructuren denk aan de multiplay pakketten met telefonie, tv, radio, internet thuis en mobiel internet door heel Nederland in één pakket door één aanbieder. Dit is handig voor normaal gebruik door de eindgebruiker, maar vermindert het aantal alternatieven waar de gebruiker toegang toe heeft bij een ernstige infrastructurele storing bij de telecom/internetoperator.

Over deze infrastructuren worden vele typen ICT-diensten aangeboden, bijvoorbeeld Managed Service Providers die beheer van ICT-systemen op afstand uitvoeren, gebouwbeheer, inbraakalarmering en -opvolging (videocamera’s), aan- en afmelden parkeren, logistieke informatiestromen, afrekenen OV-chips, besturen bruggen en stuwen, elektronisch bankieren en mobiel betalen.

2.1.3 Actoren

Na de privatisering en liberalisering van de telecommunicatiemarkt is de ICT-sector en –infrastructuur bijna volledig in private handen. Dat betekent dat alle investeringsbeslissingen grotendeels vanuit een commercieel belang worden gedaan; aspecten als wet- en regelgeving en goed huisvaderschap zijn hierbij randvoorwaarden. De ICT-sector verwacht echter wel een level playing field als de wetgever of toezichthouder hen eisen oplegt; het liefst zelfs een Europa-breed level playing field.

De overheid is steeds minder eigenaar van ICT-infrastructuur voor eigen gebruik; beheer en onderhoud worden steeds vaker overgedragen aan betrouwbaar geachte commerciële partijen.

Het aantal actoren dat betrokken is bij het leveren van bovengenoemde ICT-diensten is groot, waarbij er enerzijds steeds meer koppelingen tussen de verschillende modaliteiten van ICT plaatsvinden en anderzijds convergentie plaatsvindt. Het is inmiddels niet vreemd om via Skype via de dataverbinding van een mobiele telefoon en via een groot aantal telecom-, satelliet- en internetproviders te communiceren met iemand op de Zuidpool.

Refererend aan Figuur 2 zijn de belangrijke ICT-actortypen en voorbeelden daarvan in het Nederlandse domein die over een eigen infrastructuur beschikken:

- 1 Internationale backbone operators als Level 3 en KPN Telecom.
- 2 Vaste netoperator KPN Telecom en kabels als UPC, CAIWAY, Ziggo en Zeelandnet.
- 3 Besloten glasvezelcommunicatienetwerken zoals die van ProRail, Defensie, de rijksoverheid en TenneT.
- 4 De mobiele netwerkoperators KPN, Vodafone en T-Mobile.
- 5 De marifooninfrastructuur in Nederland (in beheer bij KPN).
- 6 Internet exchanges (IXs) als AMS-IX, één van de grootste IXs ter wereld²¹, de GN-IX, NDIX, NetIX-AMS, NL-ix en R-IX²². Storingen bij deze operators kunnen wereldwijd effect hebben.
- 7 Internet Service Providers (ISP) zoals XS4ALL, KPN/Hetnet, Tele2.
- 8 Datahotel/ applicatieservices, cloud- en andere internet-gerelateerde dienstenaanbieders zoals bijvoorbeeld EvoSwitch, Equinix en Leaseweb. Storingen bij deze operators kunnen wereldwijd effect op bedrijven en gebruikers hebben.
- 9 Derde ICT-diensten leverende partijen als domeinnamenregistrars (SIDN) en PKI- en certificaatdiensten.
- 10 Radio- en tv-zendertorens en -parken (NOVEC²³ in combinatie met Alticom en KPN²⁴) en doorverbindingen Audiovisueel Mediacentrum (AVMC) van KPN Broadcast. Het relatieve belang van deze infrastructuur neemt langzamerhand af gezien ook de impact van het omvallen van de zendtoren van Smilde.

Daarnaast zijn er marktpartijen die ICT-diensten aanbieden over de vaste en mobiele infrastructuur van anderen, bijvoorbeeld Tele2. Zij hebben datacentra die het toegangsbeheer voor abonnees tot het netwerk en het rekeningenbeheer daarvan regelen.

2.2 Klimaatverandering en extreme weeromstandigheden

Het KNMI heeft recent vier nieuwe klimaatscenario's berekend voor de mogelijke toekomstige klimaatverandering in Nederland met als peildata 2050 en 2085. Een samenvatting²⁵ van de KNMI '14 klimaatscenario's stelt dat veel van de huidige klimaattrends in de toekomst doorzetten. Het tempo van de zeespiegelstijging neemt de komende decennia aan de Noordzeekust toe. Volgens de nieuwste KNMI '14-klimaatscenario's stijgt de zeespiegel aan de Nederlandse kust tot 2085

²¹ Zie bijvoorbeeld <https://ams-ix.net/about/about-ams-ix> en http://nl.wikipedia.org/wiki/Amsterdam_Internet_Exchange.

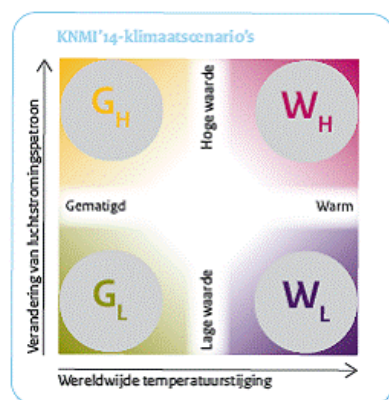
²² <http://www.datacentrum-datacenter.nl/internet-exchange-points.html>.

²³ Nederlandse Opstelpunten voor Ethercommunicatie, een dochter van TenneT Holding BV.

²⁴ Zie ook: <http://nl.wikipedia.org/wiki/NOVEC>.

²⁵ KNMI (2014). KNMI '14 klimaatscenario's voor Nederland. Online: http://www.knmi.nl/cms/mmbase/attachments/119676/KNMI'14-klimaatscenario's_folder__webversie.pdf.

met tussen de 25 tot 80 centimeter. De gemiddelde temperatuur in Nederland stijgt verder; het meest in de winter, het minst in de lente. Onze toekomstige winters in Amsterdam kunnen meer gaan lijken op de huidige winters in Bordeaux.



Figuur 3 De KNMI '14 scenario's langs assen van temperatuurstijging en luchtstromingspatronen (bron: KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland).

De hoeveelheid neerslag zal gemiddeld over Nederland verder toenemen. Er is een grotere kans op extreme regenbuien met onweer en hagel, onder andere veroorzaakt door de opwarming van de zee en toename van de luchtvochtigheid. Tegelijkertijd neemt de kans om droogte in het voorjaar ook toe. De windsterkte bij stormen zal weinig veranderen. Daarentegen zullen windextremen bij hevige buien toenemen.

Het gelijktijdig voorkomen van weersextremen (coïncidenties) neemt voor specifieke scenario's mogelijk toe.

Op basis van die inzichten komen uit de KNMI klimaatscenario's²⁶ en het Factsheet over de relatie Deltascenario's en de klimaatscenario's²⁷ vier extreme(re) vormen van weersomstandigheden naar voren waarvan de kans toeneemt dat ze in Nederland zullen voorkomen en die mogelijk impact hebben op de (vitale) ICT-sector en -infrastructuur:

- 1 Hoge temperaturen en hittegolven
Er is een toename te verwachten van het aantal warme zomerdagen evenals de kans op hittegolven.
- 2 Droogte
De kans op het voorkomen van langere perioden van relatief hoge temperaturen in Nederland in combinatie met een afname van de hoeveelheid neerslag in de zomer leidt tot een grotere kans op droogte.
- 3 Extreme windstoten
De kans op het voorkomen van grote stormen lijkt nauwelijks te veranderen. De kans op het lokaal voorkomen van harde windstoten, valwinden en windhozen (al dan niet gecombineerd met bliksemactiviteit) neemt echter wel toe.
- 4 Extreme regenbuien met zwaar onweer en hagel
De intensiteit van regenbuien neemt toe, hierdoor wordt ook de kans op hevige hagel en zwaar onweer groter. Dit zal voornamelijk in de zomer meer

²⁶ KNMI (2014). KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland. Online: http://www.knmi.nl/cms/mmbase/attachments/119676/KNMI'14-klimaatscenario's_folder__webversie.pdf.

²⁷ Van Dorland, R. (2014). Fact sheet: Relatie Deltascenario's en KNMI klimaatscenario's, De Bilt.

waarschijnlijk worden.

Naast de extremere weersomstandigheden moet ook rekening worden gehouden met een combinatie van de zeespiegelstijging door klimaatverandering en langdurige perioden van regelval in Nederland en/of bij de bovenlopen van Rijn, Maas en Schelde. Daardoor is het vijfde klimaatveranderingsfenomeen waar we in dit rapport rekening mee moeten houden de voorziene zeespiegelstijging aan de Nederlandse kust met 0,15 tot 0,50 meter in 2050 en 0,25 tot 0,80 meter in 2085. Die verandering kan er voor zorgen dat er in de toekomst een lagere afstromingsnelheid, dus afstroomcapaciteit, is naar zee voor het verwerken van pieken in de rivierwaterafvoer na een langdurige regenval in de Rijn-, Maas- en Scheldebekkens. Daardoor kan er een toenemend risico zijn van overstromingen van rivierpolders en in de Nederlandse delta. Een dergelijke situatie heeft de grootste kans om in de winter voor te komen.

2.3 Scope en afbakening van deze deelstudie

In deze deelstudie wordt alleen gekeken naar het risico van de mogelijk te voorziene klimaatverandering en de daarmee verband houdende extreme weersomstandigheden op de continuïteit van de dienstverlening door de ICT-sector waarbij sprake is van een maatschappij-ontwrichtende impact ontwrichting of hoge economische schade kunnen hebben alsmede naar de kansen van klimaatadaptatie. De beschouwde periode is tussen nu en 2030 met een doorkijk naar 2050.

De focus is Nederland waarbij de afhankelijkheden van de internationale aspecten van de ICT-sector in de analyse zullen worden betrokken. Daarentegen zal in verband met nationale veiligheid alleen op hoog niveau worden ingegaan op kwetsbaarheden van ICT-sectorobjecten en ICT-infrastructuur, niet op de gevoeligheid van specifieke locaties van specifieke operators.

Nadrukkelijk wordt alleen gekeken naar de infrastructurele componenten van de (vitale) ICT-sector, de ICT bij de eindgebruikers en de massamarkten van ICT-consumentenproducten en andere producten met ingebedde ICT vallen buiten de scope van deze studie. Klimaatveranderingseffecten op de werkomstandigheden en gezondheid van medewerkers in de ICT-sector, zoals besproken op pagina 17 van het Engelse DEFRA rapport 'Adapting the ICT Sector to the Impacts of Climate Change'²⁸ vallen buiten deze deelstudie.

Ook de risicofactoren van extreem weer en klimaatveranderingen rondom naar buiten Nederland geplaatste ICT, denk aan data bij buitenlandse clouddienstenproviders, valt buiten deze scope²⁹. In het algemeen zullen daarvoor dezelfde additionele risicofactoren gelden als in Nederland, maar ook extremere winterse omstandigheden moeten dan mogelijk bekeken worden. In het internationale deelproject NAS worden deze risicofactoren wel meegenomen.

²⁸ Horrocks, L, Beckford, J, Hodgson, N, Downing, C, Davey, R and O'Sullivan, A. (2010). Adapting the ICT Sector to the Impacts of Climate Change – Final Report, Defra contract number RMP5604. AEA group, published by Defra. Online: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/183486/infrastructure-aea-full.pdf.

²⁹ Dit wordt behandeld in de door het PBL in het kader van de NAS uitgevoerde deelstudie: "Effecten voor Nederland van klimaatverandering wereldwijd".

3 Risico en kansen in het huidige systeem

Uitgaande van de in paragrafen 2.1.1 en 2.1.2 besproken functionele indeling en technische architectuur op hoog niveau, kunnen we de belangrijkste risicofactoren (paragraaf 3.2) en kansen (paragraaf 3.3) voor de ICT-sector identificeren aan de hand van de door het KNMI verwachte veranderende weersinvloeden *voor de huidige ICT-sector en -infrastructuur*. In hoofdstuk 4 zal een analyse worden gegeven voor dezelfde aspecten op basis van de *toekomstige veranderingen* in de ICT-sector en -infrastructuur. Paragraaf 3.4 bespreekt de cascade-effecten en doorwerkingen van verstoringen in of verlies van ICT-infrastructuur op andere (vitale) infrastructuren in het kort. Maar eerst wordt in de volgende paragraaf de systematiek besproken die als basis dient voor een mogelijk impactanalyse qua economische en (sociaal)-maatschappelijke schade c.q. impact.

3.1 Aanpak risico-actualisatie en risico-variabelen

Voor de analyse van waarschijnlijkheid en impact maken we gebruik van de methodiek van de Nationale Risicobeoordeling (NRB) van het Ministerie van Veiligheid en Justitie³⁰. Deze methodiek gaat uit van een risicomatrix waarbij de impact en de waarschijnlijkheid ieder op een andere as staan. De indeling die we voor deze actualisatie gebruiken gaat uit van de voor de in de verschillende deelrapporten beschouwde sectoren relevante indeling en waarden voor deze variabelen. We onderkennen dat diverse netwerkkoperators en andere actoren in de ICT-sector hun eigen risicomatrix en -aanpak hebben. Zoals een recent rapport van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR) beschrijft: "Bovendien kunnen kansen, risico's en onzekerheden door verschillende maatschappelijke actoren anders gewaardeerd worden, mede omdat de aard van de ervaren schade en de bron(nen) van bedreiging uiteen kunnen lopen en omdat wat als kansen en bedreigingen wordt beschouwd, niet voor iedere actor hetzelfde hoeft te zijn."³¹.

De waarschijnlijkheid wordt bepaald door de verwachte frequentie van optreden, als combinatie van de mate van voorkomen van de weersomstandigheden op basis van de KNMI'14 scenario's en de mate waarin het effect op de fysieke infrastructuur ook daadwerkelijk plaatsvindt. We hanteren daarbij een schaal die loopt van 1/1000 tot een keer per jaar. Voor de impactklassen gebruiken we die effecten uit de NRB die voor deze sectoren het meest relevant en aan de orde zijn. Dat betekent dat we gebruik maken van de categorieën economische schade en de mate waarin mensen getroffen worden in hun dagelijkse werkzaamheden.

In Tabel 1 staan de economische impactklassen die een maat geven van de te verwachten economische schade, zowel wat betreft:

- De directe schade
Schade aan objecten en infrastructuur, verlies aan omzet (niet-geleverde diensten) en compensatie aan klanten na langdurige uitval³².

³⁰ Nationale risicobeoordeling leidraad methode 2008, Ministerie BZK, Den Haag.

³¹ WRR (2014) Consistent maatwerk – handreikingen voor dossieroverstijgend risico- en veiligheidsbeleid.

³² <http://tweakers.net/nieuws/89234/klant-krijgt-recht-op-vergoeding-bij-lange-internet-of-telefoniestoring.html>.

- De indirecte schade
De economische schade die ontstaat doordat geen economische meerwaarde ontstaat omdat een ICT-dienst niet beschikbaar is.

Tabel 1 Economische impactklassen.

<i>Economische impactklassen (euro)</i>
<10.000
10.000 - 100.000
100.000 - 1 miljoen
1 miljoen - 10 miljoen
10 miljoen - 100 miljoen
100 miljoen – 1 miljard
>1 miljard

Voor de sociaal-maatschappelijke impact gaan we uit van de verstoring van het dagelijks leven. Dit kan dan gaan om het niet kunnen volgen van ICT-gebaseerd onderwijs, het niet kunnen werken door uitval van ICT, verminderde bereikbaarheid van bedrijven en dienstverlening, enzovoorts. Deze verstoringen zijn niet allemaal gelijkwaardig in ernst. De impact wordt ingedeeld naar het mogelijk aantal getroffen (zie Tabel 2).

Tabel 2 Sociaal-maatschappelijke impactklassen.

<i>Impactklassen in aantal getroffen</i>
<1.000
1.000 - 10.000
10.000 - 100.000
100.000 - 1 miljoen
1 miljoen - 10 miljoen
10 miljoen - 100 miljoen

Voor beide impactklassen is gebaseerd geprobeerd om voor de verschillende risicofactoren in de volgende paragraaf 3.2 een waarde te bepalen. Voor de economische impact is dat om verschillende redenen niet mogelijk gebleken:

- Omdat de ICT-sector voornamelijk een private aangelegenheid is, zijn (potentiële) schadebedragen niet openbaar.
- Door redundantie van infrastructuur en meer modaliteiten is de werkelijke directe schade van een mogelijke verstoring moeilijk te schatten.
- Omdat het ICT-gebruik door overheden, organisaties, MKB en burgers zeer divers is en vele modaliteiten kent, is het niet mogelijk om de indirecte kosten van de uitval van één of meer ICT-diensten te schatten. Het Agentschap Telecom stelt in verschillende jaarverslagen “De impact van uitval kan enorm zijn”, maar geeft geen (openbare) onderbouwing hiervan³³.

Daarom is hieronder geen economische schade – waarschijnlijkheidsdiagram opgenomen.

³³ Bijvoorbeeld

http://www.agentschaptelecom.nl/sites/default/files/staatsvdether_2012_digitaal.pdf.

3.2 Beschrijving van belangrijkste risicofactoren

Mogelijke risicofactoren van maatschappelijke ontwrichting of hoge economische schade voor de belangrijkste in paragrafen 2.1.1 en 2.1.2 besproken elementen van de *huidige* ICT-infrastructuur worden in Tabel 3 aangegeven voor ieder van de in paragraaf 2.2 besproken vier typen van extreem weer en het mogelijke overstromingsscenario. Deze risicofactoren worden hierna nader besproken.

De aangegeven risicofactoren zijn mede bepaald aan de hand van een analyse van eerdere incidenten, een ITU-studie³⁴ naar de impact van klimaatveranderingen op de ICT-sector³⁵ en een Engelse studie naar klimaatadaptatie van de ICT-sector³⁶. Bij de analyse is rekening gehouden met de Nederlandse context zoals geschetst in hoofdstuk 2 en de discussies in de gehouden expert- en stakeholderworkshops. Hieronder bespreken we deze risicofactoren.

In Tabel 3 zijn met een lichte kleur de door klimaatverandering ontstane nieuwe risicofactoren aangegeven die voor sommige operators en ICT-infrastructuureigenaren van belang zijn om in de eigen risicoafwegingen voor hun servicekwaliteit te betrekken, hieronder worden die factoren gemerkt met [aandacht]. De middelkleur betreft risicofactoren die mogelijk een tijdelijke impact hebben op de continuïteit en beschikbaarheid van de ICT-dienstverlening ([tijdelijke impact]) doordat (nood)herstel van de dienstverlening binnen een periode van dagen mogelijk is. De roodgekleurde risicofactoren betreffen risicofactoren met mogelijk ernstige en mogelijk langdurige impact op de continuïteit en beschikbaarheid van de ICT-dienstverlening ([grote impact]), dat wil zeggen weken, maanden of zelfs geen herstel meer van dezelfde ICT-modaliteit.

De door klimaatverandering ontstane nieuwe risicofactoren in oplopende volgorde qua mogelijke ernst zijn:

1 Snellere veroudering componenten [aandacht]

Componenten van de ICT-infrastructuur die blootgesteld zijn aan enerzijds extremere weersomstandigheden en anderzijds sterkere afwisseling van omstandigheden zullen sneller verouderen met het risico van falen³⁷. Een voorbeeld vormen kabels, die door veroudering van de mantel sneller haarscheuren gaan vertonen en daardoor toegankelijk worden voor water met risico van corrosie en kortsluitingen. Voor actieve componenten buiten geconditioneerde gebouwen, bijvoorbeeld in straatkasten en apparatuur bij zendmasten, geldt dat zij sneller falen dan op basis van op ervaringen gebaseerde schattingen verwacht wordt. De operationele kosten van de operator stijgen hierdoor en verlagen de winst.

³⁴ In samenwerking met UNFCCC en UNESCO.

³⁵ Ospina, A.V., Faulkner, D., Dickerson, K., Bueti, Ch. (2014), Resilient pathways: the adaptation of the ICT sector to climate change, ITU, Genève, Zwitserland. Online: http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/Documents/Publications/Resilient_Pathways-E.PDF.

³⁶ Horrocks, L, Beckford, J, Hodgson, N, Downing, C, Davey, R and O'Sullivan, A. (2010). Adapting the ICT Sector to the Impacts of Climate Change – Final Report, Defra contract number RMP5604. AEA group, published by Defra. Online: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/183486/infrastructure-aea-full.pdf.

³⁷ Pagina 15 van Ospina, A.V., Faulkner, D., Dickerson, K., Bueti, Ch. (2014), Resilient pathways: the adaptation of the ICT sector to climate change, ITU, Genève, Zwitserland. Online: http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/Documents/Publications/Resilient_Pathways-E.PDF.

Tabel 3 Geïdentificeerde risicofactoren voor de kernelementen/-objecten van de ICT-infrastructuur (beige = nieuwe risicofactor die aandacht vergt; geel = tijdelijke uitval tot enkele dagen; rood = ernstige, mogelijk langdurige impact).

Fenomeen	Hoge temperatuur/ hittegolf	Droogte	Extreme windstoten	Extreme regenbuien (met zwaar onweer en hagel)	Overstroming door zeespiegelstijging en pieken in waterafvoer rivieren
ICT-infrastructuur/ objecten					
Algemeen					
Alle fysieke componenten	(1) Snellere veroudering componenten	(1) Snellere veroudering componenten		(1) Snellere veroudering componenten	
Internationale backbones					
Trans-Atlantische kabels					
Satellietcommunicatie			(2) Signaaldemping/-storing	(2) Signaaldemping/-storing	
Glasvezelbundels		(3) Grondzetting	(4) Uprooting	(3) Grondzetting (5) Inslagschade	
(nationale) backbones telecom/ICT-operators en besloten netwerken					
Glasvezelbundels		(3) Grondzetting	(4) Uprooting	(3) Grondzetting (5) Inslagschade	
Microgolfverbindingen/ straalzenders			(2) Signaaldemping/-storing	(2) Signaaldemping/-storing	
Gebouwen/objecten telco's, ISPs, omroep, et cetera					
- Computercentra - Server hotels / hosting/ cloud - Datacentres van Internet- en applicatieservice providers	(8) Temperatuur-regeling (10) Legionella (9) Energie-leverantie	(7) Lucht-vochtigheid		(7) Luchtvochtigheid (12) (Gedeeltelijk) onder water	(12) (Gedeeltelijk) onder water
Technische schakelcentra en knooppunten telecom, CATV inclusief "wijkcentrale-objecten"	(8) Temperatuur-regeling (10) Legionella (9) Energie-leverantie	(7) Lucht-vochtigheid		(7) Luchtvochtigheid (12) (Gedeeltelijk) onder water	(12) (Gedeeltelijk) onder water
Zenderparken				(5) Inslagschade	(12) (Gedeeltelijk) onder water
Distributienetwerken					
Vast netwerk (koper, coax, glasvezel) en 'straatkasten'		(3) Grondzetting		(3) Grondzetting (5) Inslagschade (11) Water in straatkast	(12) (Gedeeltelijk) onder water
Antennemasten	(8) Temperatuur-regeling (apparatuur-kasten)		(6) Mechanische schade (4) Uprooting	(5) Inslagschade (11) Schakelkasten en accu's onder water	(12) Schakelkasten en accu's onder water
Mobiele signaalpropagatie				(2) Signaaldemping/-storing	

2 Signaaldemping/-storing [aandacht]

Microgolfsignalen dempen sneller uit door watermoleculen (neerslag) in het transmissiepad. Daardoor treedt extra signaaldemping – dus meer ruis – op en kan in extreme gevallen een verbinding uitvallen. Ook de signaalpropagatie/signaalbereik van mobiele telecommunicatie (GSM/3G/4G)

kan negatief beïnvloed worden door neerslag³⁸. Bij de huidige planning van de masten wordt rekening gehouden met deze factoren in de versterkers die worden gebruikt.

Extreme windinvloeden kunnen ook afwijkingen veroorzaken in de uitlijning van microgolvenzend- en ontvangantennes waardoor signaalverlies en –storingen kunnen ontstaan³⁹.

Deze verschijnselen passen binnen de huidige operationele ‘business as usual’. Deze risicofactor wordt hier benoemd omdat voor zeer belangrijke verbindingen wellicht redundante transmissiepaden moeten worden ingepland en/of extra antennemasten worden geplaatst.

3 Grondzetting [aandacht]

Sterkere afwisseling van droge en natte omstandigheden kunnen leiden tot wisselende snelheid van zettingen van delen van de grond waarin kabels liggen. Dat kan leiden tot extra belasting van de kabels, knikken en in het uiterste geval van knappen van de kabel. Ook droogte kan in de veengebieden (bijv. omgeving Gouda-Woerden) leiden tot inklinken van de grond waardoor kabels beschadigd kunnen raken bij de doorvoeren met gebouwen/objecten. De lichtere glasvezelkabels in hun mantelbuizen hebben daar minder snel last van dan de oude, zwaardere koperkabels. Door trekspanningen in met name de kabels met vele koperaders ontstaan ook haarscheurtjes waar grondwater in kan dringen met storingen van circuits tot gevolg. De backbone-infrastructuur tot de straatkasten is inmiddels grotendeels verglaasd. In 2030 zal er nog weinig koperkabel in gebruik zijn; deze risicofactor neemt daardoor af.

4 Ontwortelen van bomen (uprooting) [aandacht]

Bomen die op te lang in door regen verweekte grond staan of te lijden hebben van langdurige droogte zijn vatbaar voor harde/extreme wind. Als ze deels of geheel omvallen, kan hun wortelstelsel leidingen en kabels meetrokken of vaste antennemasten beschadigen waardoor deze knappen of beschadigd raken.

5 (Bliksem)inslagschade [aandacht]

Blikseminslag in de grond kan kabels raken die daardoor beschadigd raken. Het risico op een directe inslag is klein, de gevolgen kunnen groot zijn als dit op een vervelende locatie gebeurt zoals een SPoF, bijvoorbeeld direct naast een knoop- of schakelpunt (zie ook “Heerenveen 16/09/2000”). Ook kunnen glasvezels in de bliksemraden tussen hoogspanningsmasten door directe inslag smelten (zie inzet). Daarnaast kan elektronische apparatuur defect raken door directe inslag of door de hoge elektromagnetische velden.

Op 27/06/2012 03:05 uur werd een hoogspanningsleiding in Californië geraakt door bliksem waardoor de ingebedde glasfiber smolt en de daar door heen lopende communicatiestromen van Verizon uitvielen.

Bron: http://www.dailynews.com/antelopevalley/ci_4910167
en http://www.avpress.com/n/28/1228_s3.htm

³⁸ Pagina 23 van Ospina, A.V., Faulkner, D., Dickerson, K., Buetti, Ch. (2014), Resilient pathways: the adaptation of the ICT sector to climate change, ITU, Genève, Zwitserland. Online: http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/Documents/Publications/Resilient_Pathways-E.PDF.

³⁹ Pagina van Ospina, A.V., Faulkner, D., Dickerson, K., Buetti, Ch. (2014), Resilient pathways: the adaptation of the ICT sector to climate change, ITU, Genève, Zwitserland. Online: http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/Documents/Publications/Resilient_Pathways-E.PDF.

Na een blikseminslag in de KPN-telefooncentrale op 16/09/2000 konden 12.000 KPN abonnees van Heerenveen bellen noch gebeld worden. Zeven kabels met 450 twisted pair aders ieder en de belangrijkste distributiepanelen in de knooppuntcentrale raakten defect.

Besloten werd om het alarmnummer 112 tijdelijk open te stellen voor mensen die met spoed hun huisarts of dierenarts nodig hadden. Omdat ook de alarmcentrales plat lagen, voerde de politie extra surveillance uit. De straatverlichting in Heerenveen bleef uit voorzorg de hele nacht op volle sterkte. KPN zette een noodcentrale neer. Het aansluiten van alle abonnees op de noodvoorziening duurde meer dan een week. Circa 100 monteurs waren rondom de klok actief.

Bron: Leeuwarder courant en andere bladen, o.a.

<http://www.nrc.nl/W2/Nieuws/2000/09/18/Med/01.html>

6 Mechanische schade [aandacht]

Extreme windstoten kunnen op directe of indirecte wijze mechanische schade veroorzaken aan de antennemasten (zowel vrijstaand of op daken van gebouwen) van de mobiele communicatie-infrastructuur en de zendmasten in zenderparken. Qua technisch ontwerp is rekening gehouden met de gebruikelijke stormen in Nederland. Extreme belastingen door val- en rukwinden kunnen mechanische schade veroorzaken waardoor de functie van de antennemast uitvalt.

7 Luchtvochtigheid [aandacht]

Net als voor temperatuur hieronder gelden eisen qua relatieve vochtigheid van de omgevingslucht voor de goede werking van ICT-apparatuur. De capaciteit van de geïnstalleerde airconditioning om de luchtvochtigheid op peil te houden –een infrastructuurelement met lange economische vervangtermijn– kan te beperkt zijn voor de wijzigende omstandigheden. Een te droge omgeving geeft het risico van schade door statische elektriciteit aan de hiervoor steeds gevoeliger wordende elektronica/apparatuur. Een te vochtige, broeierige omgeving geeft risico van condensvorming met storingen als gevolg. Het risico is tijdelijke uitval van apparatuur(componenten) en de daarvan afhankelijke dienstverlening.

8 Temperatuurregeling [tijdelijke impact]

Het ontwerp van veel computer-, netwerk- en schakelapparatuur gaat uit van een bepaalde optimale werktemperatuur en een temperatuurgebied daarboven en beneden waarbinnen de apparatuur gegarandeerd werkt⁴⁰. Het mogelijk vaker voorkomen van wellicht langer durende hittegolven kan de koelcapaciteit van de geïnstalleerde airconditioning –een infrastructuurelement met lange economische vervangtermijn– te boven gaan met kans op onverwachte automatische afschakeling uit zelfbescherming van apparatuur. Daarnaast stijgen de operationele kosten van de operator en verlagen de winst door het meerverbruik aan energie.

Een ander risico is dat bij de projectie van koelsystemen vaak uitgegaan is van redundante systemen die per stuk qua capaciteit onvoldoende zijn om aan de koelingsvraag bij een extreme hittegolf te voldoen. Als een van de twee

⁴⁰ Ospina, A.V., Faulkner, D., Dickerson, K., Bueti, Ch. (2014), Resilient pathways: the adaptation of the ICT sector to climate change, ITU, Geneve, Zwitserland. Online: http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/Documents/Publications/Resilient_Pathways-E.PDF.

redundante systemen (“koeltrainen”) noodzakelijkerwijs in onderhoud moet, is de kans op uitval van de te koelen ICT groot.

Voortschrijdende innovatie in airconditioningsystemen (“Kyoto-koeling”) levert mogelijkheden om dit risico te verminderen, zie paragraaf 3.3.3.

Het risico is tijdelijke uitval van de functie(s) van het object met de daarin opgestelde apparatuur en de daarvan afhankelijke ICT-dienstverlening. Ingeval van een SPoF kan dit een landelijke of zelfs internationale impact hebben.

9 Energieleverantie tijdens hittegolf [tijdelijke impact]

Een hittegolf zorgt door de extra afname door koelsystemen voor een extra energiebelasting voor de elektriciteitsdistributiekabels naar de objecten/gebouwen waar de computer-, netwerk- en schakelapparatuur opgesteld staat. Het risico van kabelsmelt en –storingen is een verhoogd risico voor de kleinere objecten. Daarnaast kan een elektriciteitsleverancier genoodzaakt zijn om de levering gepland te onderbreken (‘brownout’) omdat er door koelingsproblemen bij de elektriciteitsgeneratie te weinig elektriciteit in ons land en nabije omgeving opgewekt wordt.

Voor de grote server hotels/hosting services locaties is dit echter een hoog risico (een datahotel als Global Switch heeft een aansluitwaarde van 36 MW⁴¹). Rond de ICT-bubble in 2001 zijn rond Amsterdam een aantal kabels door Nuon uitgeschakeld vanwege te hoge belasting tijdens een hittegolf. Hierdoor vielen een aantal ICT-services landelijk uit. Herstel na uitval kan lang duren, omdat na een volledige stroomuitval de directe stroomvraag van de startende systemen zo hoog is dat dit alleen in beheerste stappen kan.

Het risico is tijdelijke uitval van de functie(s) van het object met de daarin opgestelde apparatuur en de daarvan afhankelijke ICT-dienstverlening. Ingeval van een SPoF kan dit een landelijke of zelfs internationale impact hebben.

10 Legionella / biologische besmettingen [tijdelijke impact]

Bij langdurige hitte kan er bij bepaalde typen slecht onderhouden airconditioningsystemen zich een bron van legionella of andere micro-organismen gaan vormen. Er ontstaat dan besmettingsgevaar voor burgers.

Als er zich besmettingen aandienen en het onduidelijk is waar zich de bron bevindt, dan kunnen gemeenten besluiten dat alle airconditioningsystemen, ook van vitale ICT-operators, uitgeschakeld moeten worden.⁴²

Het risico is tijdelijke uitval van de functie(s) van het object met de daarin opgestelde apparatuur en de daarvan afhankelijke ICT-dienstverlening. Ingeval van een SPoF kan dit een landelijke of zelfs internationale impact hebben.

11 Water in straatkast / schakelkasten en accu's onder water [tijdelijke impact]

Straatkasten waren vroeger alleen panelen waar aderpapen van dikke kabels uitgesplitst werden naar de dunnere kabels naar de individuele huizen en bedrijven. Inmiddels zijn er in deze kasten meer actieve componenten aanwezig. Er is een hoger risico ten opzichte van vroeger dat bij een extreme

⁴¹ <http://www.betabanen.nl/je-loopbaan-in-20-stappen/thema-van-maand-energie/datahotels-de-nieuwe-grootverbruikers.219673.lynkx>.

⁴² Op 11/07/2006 heeft XS4ALL om die reden al haar airconditioning systemen uit moeten schakelen op last van de Burgemeester van Amsterdam. Met kunst- en vliegwerk zijn de servers in de lucht gehouden, anders zou 25% van de XS4ALL-kanten geen internetdiensten meer hebben gehad. KPN moest op die locatie ook haar airco's uitschakelen. Zie ook: <http://www.gezondheidsnet.nl/medisch/totaal-30-slachtoffers-legionella-uitbraak-post-cs-amsterdam>.

regenvloed de capaciteit van de riolering en de wateropvangcapaciteit van vijvers en sloten te weinig is waardoor er plaatselijk een waterophoping van tientallen centimeters kan ontstaan (wateroverlast). De op straatniveau geplaatste kasten zijn niet waterdicht waardoor het water schade kan aanrichten. Hetzelfde geldt voor de aansluitkasten, accu's en eventuele generatoren bij in het vrije veld geplaatste antennemasten van GSM/3G/4G en C2000.

Het gebied waar zo iets optreedt en impact heeft is overigens relatief beperkt; de (herhaal)kans neemt echter wel toe.

12 (Gedeeltelijk) onder water

a. Door extreme regenbuien [tijdelijke of grote impact]

Zoals hierboven aangegeven is een hoger risico dat bij een extreme regenvloed de capaciteit van de riolering en de wateropvangcapaciteit van vijvers en sloten te weinig is waardoor er plaatselijk een waterophoping van tientallen centimeters kan ontstaan (wateroverlast). Via luchtinlaten, (garage)kelderafritten en andere openingen kunnen kelderverdiepingen onder water komen te staan. Van oudsher staan ondersteunende installaties staan voor de computer-, data- en schakelcentra vaak in die kelders, denk aan airconditioning, noodgeneratoren, transformatoren, accu's, voedingsspanningspanelen en kabelterminaties. Daarnaast kan water, bijvoorbeeld via de ontluchting, indringen in een veelal ondergronds gelegen dieseltank voor de noodstroomvoorziening.

Hier is een [grote impact] mogelijk gegeven de kans op zowel ernstige directe als ernstige vervolgschade en een waarschijnlijk langdurige periode voor herstel.

Gebouwaanpassingen om ze tot een bepaalde waterhoogte waterkerend te maken, bijvoorbeeld door een luchtinlaat naar hoger te verplaatsen kan op problemen stuiten. Een aantal van de (voormalige PTT) gebouwen valt onder monumentzorg betreft of is aangemerkt architectonisch erfgoed of belangrijk ontwerp. Gemeenten hebben klimaatadaptatie nog niet in hun lijst met evaluatiepunten voor al dan niet vergunningverlening opgenomen.

b. Door overstroming [grote impact]

De kans op overstroming door overtopping of het falen van een rivierdijk ten gevolge van een piek in de regenwaterafvoer zal volgens de KNMI scenario's hoger worden. Een aantal van de sleutelobjecten in de Nederlandse ICT-sector/-infrastructuur staan opgesteld in de polders die grenzen aan onze rivieren. Er is daarmee ook een risico op waterindringing bij deze objecten tot –afhankelijk van de locatie– een aantal meters boven het maaiveld.

Hierdoor kan ook computerdataopslag, computer-, netwerk- en schakelapparatuur en de ondersteunende voorzieningen (zie punt 9a hierboven) teloor gaan of in ieder geval uitvallen.

Daarnaast is ICT sterk afhankelijk van elektriciteit (zie paragraaf 3.4); essentiële delen van die infrastructuur liggen ook in poldergebieden en kunnen door overstroming teloor gaan of moeten om redenen van veiligheid afgeschakeld worden. De effecten zijn vergelijkbaar met de gevolgen van de wervelstorm Sandy voor een aantal ICT-sectoroperators in de VS.

Tijdens de wervelstorm Sandy in oktober 2012 liepen drie centrales van Verizon in New York deels onder water. Door de uitval van de centrale aan de West Street viel ook de meeste van Wall Street en Lower Manhattan uit. Na het leegpompen van de kelder kon men de noodgeneratoren drogen en weer opstarten. De stroomvoorziening voor geheel Manhattan was namelijk dagenlang ontregeld.

Daarnaast lagen er honderden telefoonpalen in het getroffen gebied plat door omgevallen bomen en waren vele telefoon- en elektriciteitskabels stukgetrokken.

Een deel van de mobiele telecommunicatiemasten en –apparatuur van Verizon Wireless, AT&T Inc, Sprint Nextel, T-Mobile USA waren getroffen door overstromingen, harde wind of door mechanische schade door omgevallen bomen. Een deel van de netwerken kon niet opgestart worden door de uitval van elektriciteit. Er waren onvoldoende noodgeneratoren beschikbaar daar een deel ingezet werd voor andere vitale diensten als benzine, noodopvang enzovoorts.

Cablevision kon geen kabeldiensten leveren aan 3.3 miljoen abonnees. De helft daarvoor door gebrek aan elektriciteit; de andere helft door kabelbreuken.

Bronnen: De impact van de wervelstorm Sandy op infrastructuur van Verizon en AT&T is onder andere beschreven in:

<http://www.reuters.com/article/2012/10/30/storm-sandy-telecommunications-idUSL1E8LU5EX20121030> en <http://www.businessweek.com/news/2012-11-02/verizon-cablevision-faced-with-power-outages-low-fuel>

Hier is sprake van een tijdelijke of grote impact gegeven de kans op grote directe en vervolgschade en een langdurige periode van vervanging/herstel. Indien deze objecten een back-uplocatie hebben, dan ligt die back-uplocatie soms (onverstandig) om historische of technische redenen ook in hetzelfde gebied. Is er gedacht aan redundantie, dan blijkt vaak de opvangcapaciteit daarvan onvoldoende. Dit komt doordat men de redundante capaciteit niet heeft mee laten groeien met de continue groei in ICT-diensten en –dienstverlening. De behoefte aan communicatiecapaciteit tijdens een extreme weersituatie is tegelijkertijd hoger dan waar de netwerkplanningen op economische grond rekening mee houden.⁴³

Door alle cruciale en ondersteunende apparatuur, accu's, kabelterminaties boven het ergst denkbare overstromingsniveau te plaatsen kan de continuïteit of in ieder geval snel herstel geborgd worden. Daarbij moet ook rekening gehouden worden met vulpunten voor dieselolie boven waterniveau en maatregelen tegen opdrijven van tank. Ook hier geldt dat architecturale en monumentzorgeisen haaks kunnen staan op eisen van adaptatie. Dit zijn dure aanpassingen waarvoor niet snel besloten zal worden.

Daar een aantal van de ICT-diensten door meer operators geleverd worden, zal tijdelijke uitval van één netwerk door extreem weer weliswaar heel vervelend voor de klanten zijn, maar er ontstaat niet gelijk een maatschappelijke ontwrichting temeer daar het voor de klanten snel duidelijk zal zijn wat de oorzaak is.

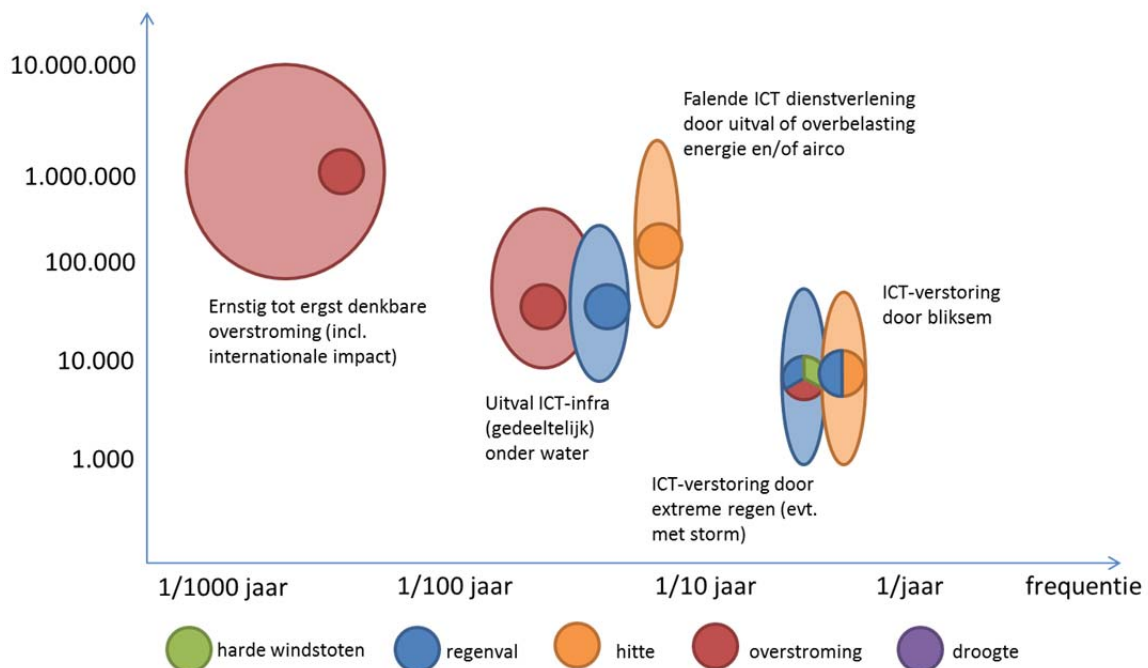
⁴³ Uit onderzoek na de Hyogo-Ken Nanbu aardbevingsramp in Kobe, Japan (1995) en aardbevingen in Los Angeles en San Francisco blijkt dat de behoefte aan communicatie in en na de herstelfase van een ramp zo'n 30% hoger is dan daarvoor omdat men sterkere banden heeft aangehaald met familie en vrienden in het getroffen gebied en omgekeerd. Een effect dat in 1995 en 1996 ook in Nederland is waargenomen na de grootschalige evacuaties in Limburg en Brabant.

Gelijktijdige, grootschalige uitval van ICT van meer operators tegelijk, uitval van de backbone-infrastructuur van KPN Telecom die ook veel transmissiediensten aan andere operators levert, of een te vaak voorkomende uitval kan wel leiden tot maatschappelijke onrust.

Een gebrek aan redundantie komt voor door “platte ringen” (twee delen van een ring liggen in hetzelfde kabeltracé) of corridors waar de verbindingen van alle operators dicht naast elkaar liggen (bijv. onder bruggen of bij rivieroversteken).

De in Tabel 3 genoemde risicofactoren in combinatie met de impact- en waarschijnlijkheidsklassen uit paragraaf 3.1 leidt tot Figuur 4.

Maatschappelijke schade (aantallen getroffen)



Figuur 4 Maatschappelijke gevolgen van uitval.

3.3 De belangrijkste kansen voor de ICT-sector

3.3.1 De ICT-sector zelf: componenten

ICT wordt gekenschetst als een sector met razendsnelle technische hardware- en softwareontwikkelingen waardoor korte economische afschrijfperiodes en hoge vervangingsnelheid geaccepteerd zijn. Voor de ICT-sector betekent dat, dat componenten in de infrastructuur snel economisch vervangbaar zijn ten faveure van nieuwe technologie, soms door ‘oude’ componenten door te schuiven naar minder kritische omgevingen in de infrastructuur.

De wijzigingsnelheid geldt niet alleen voor de informatie- en datadiensten, maar ook voor de publieke telecommunicatiediensten. In snel tempo zijn tussen 1993 en nu de GSM-900, GSM-1800 en 3G netwerken uitgerold. Nu wordt in hoog tempo door de operators 4G uitgerold door vervanging van netwerkcomponenten. Aan de opvolger van 4G wordt al gewerkt, welke feitelijk alleen een softwarewijziging betreft voor de software defined radio-componenten in en naast de antennemasten. Afschrijvingstermijnen van masten en bijbehorende apparatuur liggen in de buurt van de 30 jaar.

Op het vaste netwerk is rond 1995 ISDN beschikbaar gekomen. Inmiddels neemt voice-over-IP de spraakdiensten van de klassieke telefonie en ISDN geheel over. In Duitsland en Zwitserland worden de vaste telefoondiensten en ISDN in 2018 stopgezet; KPN Telecom zal niet lang achterblijven.

Hierdoor is een snelle adaptatie van de ICT-infrastructuurcomponenten mogelijk aan wijzigende weers- en klimaatomstandigheden⁴⁴.

3.3.2 *De ICT-sector zelf: de objecten*

Voor de meer statische objecten zoals technische gebouwen en zendtorens geldt een veel langere economische en technische afschrijftermijn (bijvoorbeeld 70 tot 100 jaar) en een veel lagere flexibiliteit voor aanpassingen. Daarbij geldt dat tijdens de 'verbouwing' de dienstlevering ook nog eens 24/7 zonder kwaliteitsverlies door moet gaan. Aanpassingen aan gebouwen dienen dus gesynchroniseerd te worden met groot onderhoud of majeure vervanging van ICT-technologie.

Het ITU-rapport⁴⁵ geeft de suggestie om de constructies van antennemasten en -opstellingen met zo'n 20% te versterken als er een 10% toename in de kracht van de extreme windstoten verwacht wordt. Aanscherping van (inter)nationaal geldende bouwconstructie-eisen (voor de gebruiksvergunning) zou hierbij een level playing field adaptatiemechanisme kunnen zijn.

3.3.3 *De ICT-sector zelf: vermindering CO₂ voetafdruk*

De grootste innovatie en kans voor de ICT-sector zit op dit moment enerzijds in het terugdringen van het energiegebruik door ICT en anderzijds om met innovatieve ICT-toepassingen het energieverbruik in andere sectoren en de samenleving als geheel terug te dringen. Dit heeft al zeer veel aandacht van de ICT-operators omdat het energieverbruik een hoge kostenpost is⁴⁶.

Zoals eerder aangegeven gebruikt de steeds snellere ICT een toenemende hoeveelheid energie en is de ICT-sector als geheel energie-intensief.

Vermenigvuldigd met de vele miljoenen apparaten –iedere burger in Nederland gebruikt dagelijks vele tientallen, zo niet honderden (verstopte) ICT-processoren naast het mobieltje, de tablet en PC(s)– betreft het energiegebruik door de ICT-sector volgens de RVO zo'n twee procent van het totale energiegebruik in Nederland.⁴⁷

De meerjarenafspraken energie-efficiëntie (MJA3) uit 2008 tussen de Nederlandse overheid en de ICT-sector beoogt dit energiegebruik terug te dringen. Ruim dertig ICT-bedrijven, goed voor ruim 80% van het energieverbruik in de ICT-sector, doen mee aan de kabinetsdoelstellingen om jaarlijks 2% energie-efficiencyverbetering te bereiken. Die doelstelling wordt ruimschoots gehaald door de sector.

⁴⁴ Horrocks, L, Beckford, J, Hodgson, N, Downing, C, Davey, R and O'Sullivan, A. (2010). Adapting the ICT Sector to the Impacts of Climate Change – Final Report, Defra contract number RMP5604. AEA group, published by Defra. Online: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/183486/infrastructure-aea-full.pdf.

⁴⁵ Pagina 34 van Ospina, A.V., Faulkner, D., Dickerson, K., Buetti, Ch. (2014), Resilient pathways: the adaptation of the ICT sector to climate change, ITU, Geneve, Zwitserland. Online: http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/Documents/Publications/Resilient_Pathways-E.PDF.

⁴⁶ KPN wil in 2020 al 20% minder energie gebruiken dan in 2005. KPN gebruikt nu al 100% groene stroom.

⁴⁷ <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-besparen/ict-energie>.

Inmiddels is er een Stichting IIP Duurzame ICT met een portal voor de vergroening van de ICT⁴⁸ waarin ICT-aanbieders, gebruikers, wetenschap en overheid participeren en die een extra versnelling beoogt. Ook internationaal is er steeds meer aandacht voor laag energiegebruik door de ICT-sector. Processorfabrikanten als AMD en Intel voelen de druk om krachtiger processoren met lager energiegebruik en een 'slaapstand' te ontwikkelen.

Veel van de data en servers in de datahotels worden niet continu benaderd. Toch draait de apparatuur 24 uur per dag, 365 (of 366) dagen per jaar waarvoor vele megaWatten (MW) aan energie nodig zijn. Het ECN heeft een energy usage effectiveness (eue) maatstaf⁴⁹ ontwikkeld waarmee de energie-efficiëntie van datahotels (totale energie gedeeld door de energie voor alleen de ICT-apparatuur) vergelijkbaar en inzichtelijk gemaakt kan worden. Data centres gebruiken dergelijke metrieken inmiddels voor onderlinge vergelijking met hun concurrenten in de markt.

Steeds vaker wordt gebruik gemaakt van vrije koeling, dat wil zeggen de buitenlucht, gedurende zo'n acht maanden in het jaar. De stijgende trend in de gemiddelde temperatuur werkt hierbij negatief; anderzijds wordt volgens een nieuwsbericht⁵⁰ inmiddels een steeds hogere omgevingstemperatuur in de serverruimten aangehouden – indien de apparatuur dat toestaat - omdat mensen daar in principe niet aan het werk zijn. Bij PinkRocade bleken investeringen van 1.5 M€ om 5 GWh per jaar te besparen zich in drie jaar terug te betalen, maar ook zorgvuldige ruimte-indeling en aandacht voor koelsystemen levert veel energiewinst op.

De economische druk op kostenreductie stimuleert innovatieve ontwikkelingen in lager energieverbruik. Daardoor verminderen de in Tabel 3 genoemde risicofactoren met betrekking tot de luchtbehandeling van grote ICT-complexen (bijvoorbeeld server hotels, computer-, netwerk- en schakelcentra) tijdens hittegolven, droogte en hevige regenbuien.

3.3.4 *De ICT-sector als enabler*

Andere (vitale) sectoren, het MKB en de burgers gebruiken in toenemende mate ICT voor vele dagelijkse processen en innovatieve toepassingen. De maatschappijbrede aandacht voor energieverbruik en klimaatverandering brengen ook nieuwe kansen voor ICT-gebruik met zich mee welke deels worden geïnitieerd door de ICT-sector. De aandacht stimuleert namelijk de innovatie van allerlei processen met ICT waarbij die op afstand gemonitord en geregeld kunnen worden, zoals bijvoorbeeld innovatie met ICT in de agrarische sector⁵¹. In hoofdstuk 4 zullen we enkele toekomstige ontwikkelingen schetsen.

Voorbeelden van een kans om energieverbruik met behulp van ICT terug te dringen is bijvoorbeeld telewerken waardoor het woon-werkverkeer en de energie die dat kost teruggedrongen wordt. Een ander voorbeeld zijn de slimme internet-

⁴⁸ <http://www.ictgaatvoorgroen.nl/>.

⁴⁹ Sijpbeer, N.C., (2008) Energiebesparing in datahotels; Meer met minder. Rapport ECN-E--08-019, ECN, Petten. <https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ECN-E--08-019>.

⁵⁰ <http://www.betabanen.nl/je-loopbaan-in-20-stappen/thema-van-maand-energie/datahotels-de-nieuwe-grootverbruikers.219673.lynkx>.

⁵¹ Sala, S. (2009). Information and Communication Technologies for climate change adaptation, with a focus on the agricultural sector, Università degli Studi di Milano, Milan, Italy. Online: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/295345/Sala ICT-climate change Agriculture.pdf>.

gekoppelde energiemonitoren en -meters die de gebruikers inzicht in hun energiegebruik geven. Via persoonlijk advies door de energieleverancier zijn soms aanzienlijke energiebesparingen haalbaar.



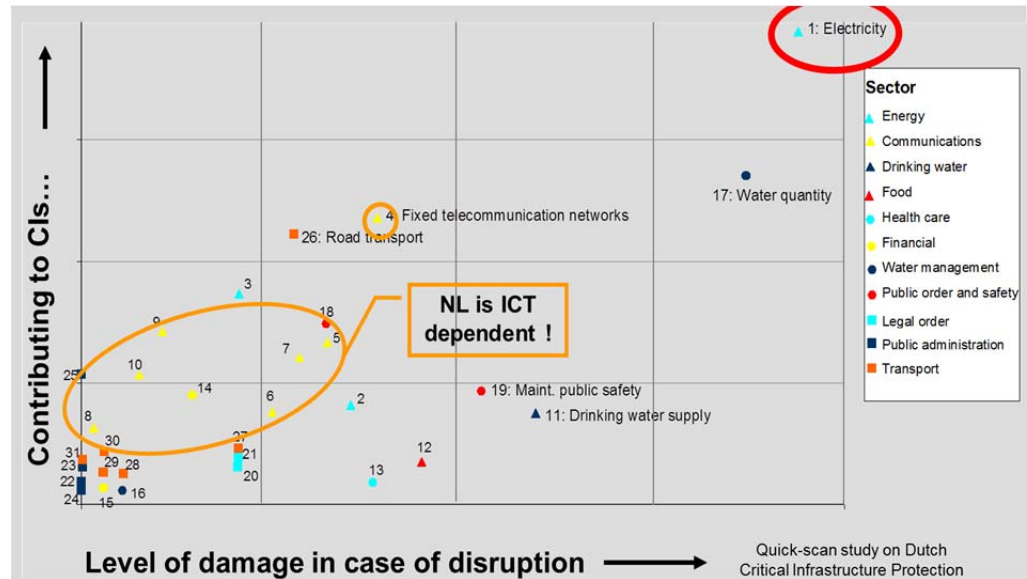
Figuur 5 Foto van het bezwijken van een met vele sensoren en ICT gemonitorde dijk (bron: Stichting IJkdijk).

Een andere Nederlandse innovatieve ontwikkeling is gebaseerd op het inbouwen van ICT en sensortechniek in dijken, bijvoorbeeld het inbedden van een glasvezel om dijklichaamverschuivingen te meten. Daardoor wordt het mogelijk de relatieve kwaliteit van een dijk in real-time te monitoren. Dit maakt effectiever dijkonderhoud mogelijk. Analyse van de “big data” aan meetreeksen van grotere en meer fluctuerende belastingen, bijvoorbeeld ten gevolge van extremere regenval, kan leiden tot de identificatie van zwakke dijksecties. Gerichte dijkversterking kan dan plaatsvinden. Daarnaast zorgt het voor significante kostenbesparingen en uitgestelde investeringen voor waterbeheerders in Nederland. Deze innovatieve aanpak creëert ook business cases voor nieuw type dienstverlening. Vanuit Nederland worden inmiddels dijken in andere landen, waaronder China, gemonitord.

3.4 Afhankelijkheden en cascade-effecten

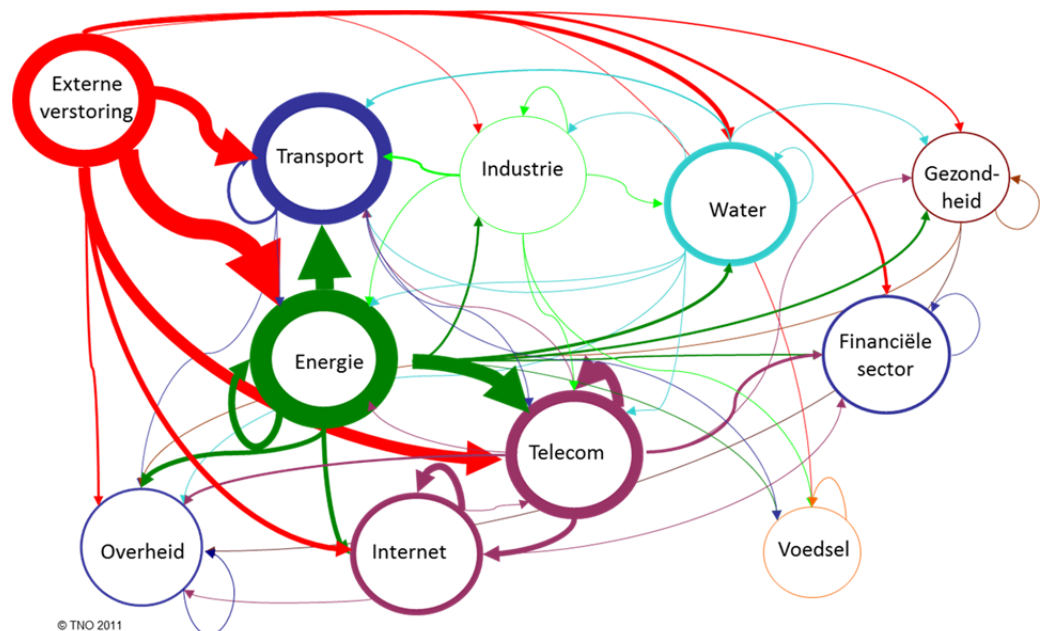
In de quick-scan vitale infrastructuur⁵² kwam het vitale belang van de ICT-producten en –diensten al naar voren. Vele vitale infrastructuren in Nederland bleken sterk afhankelijk te zijn van de in de studie onderkende vitale ICT-producten en –diensten (zie ook Figuur 6). Ruim tien jaar verder is de afhankelijkheid van de vitale sectoren van de ICT-infrastructuur en –sector alleen maar groter geworden. Verstoring of langdurige uitval van ICT kan daardoor een directe impact hebben op vitale infrastructuren. Die kunnen op hun beurt ook uitvallen, het domino- of cascade-effect.

⁵² Luijff, H.A.M., Burger, H.H., Klaver, M.H.A. (2003). Bescherming Vitale Infrastructuur: Quick-scan naar vitale producten en diensten. Rapporten FEL-03-C001/C0002, TNO, Den Haag.



Figuur 6 In 2003 bleken vitale infrastructures in Nederland sterk afhankelijk te zijn van de onderkende Critical Infrastructures (CI) of te wel vitale ICT-producten en –diensten. De meeste ICT producten en diensten dragen bij aan / zijn noodzakelijk voor de andere vitale diensten (contributing).

De ICT-sector zelf is uitermate sterk afhankelijk van elektriciteit. Daar waar dit lokaal voortgebracht wordt met generatoren zoals bij sommige antennemasten in het veld of bij evenementen, is de ICT-sector afhankelijk van dieselolie als brandstof (waarvoor op haar beurt chauffeurs, trucks en werkende laadfaciliteiten nodig zijn).



Figuur 7 Relatieve uitval van vitale infrastructures in Nederland (2005-2011) en cascade-effecten (de aantallen externe verstoringen zijn gedeeld door vijf in verband met de visualisatie) [N=911].

Uit een eerdere analyse van de TU Delft en TNO⁵³ blijkt dat cascade-effecten minder vaak voorkomen dan gedacht en dat cascades niet (te) diep propageren. Dat komt omdat er veelal mitigerende maatregelen getroffen zijn om uitval van de primair benodigde vitale producten en diensten op te vangen door bijvoorbeeld noodgeneratoren, buffers of alternatieve modaliteiten van transport. Anderzijds constateert⁵⁴ dat organisaties die geconfronteerd worden met niet-normale bedrijfsomstandigheden, ineens vitaal afhankelijk blijken te zijn van een totaal andere mix aan vitale producten en diensten zoals ICT. Zo wordt nu in de dagelijkse situatie geen gebruik gemaakt van noodcommunicatie. Na een stroomuitval kan de noodcommunicatie ineens vitaal zijn voor een vitale sector.

De grote afhankelijkheid die de ICT-infrastructuur heeft met de energievoorziening is wel belangrijk hier te vermelden. Op 29 mei 2006 zorgde een kortstondige storing bij NUON voor stroomuitval bij de Amsterdam Internet Exchange (AMS-IX). Het gevolg was dat veel Nederlandse internetgebruikers soms urenlang zonder internettoegang kwamen te zitten, omdat hun ISPs geen back-up power op de AMS-IX locatie geregeld hadden voor de koppeling met hun autonome netwerk.

Bron: <http://webwereld.nl/netwerken/47031-internetproblemen-door-stroomstoring-amsterdam>.

Figuur 7 toont de grote(re) verstoringen in de Nederlandse vitale infrastructuur tussen 2005 en 2011. Duidelijk komt uit de figuur naar voren dat uitval van energie, met name elektriciteit, leidt tot cascade-uitval in de ICT-sector. Uitval in de ICT-sector leidt met name tot (ver)storingen in de financiële sector (bijv. elektronisch bankieren, pinnen en gelduitgifteautomaten), informatiediensten van de overheid, ICT-diensten van en tussen ziekenhuizen en de transportsector.^{55 56} Anderzijds bleek in april 2014 een brandje in het hoofdkantoor van Samsung wereldwijd te leiden tot uitval van digitale Samsung tv's, tablets en smart phones.⁵⁷

Qua afhankelijkheden van andere vitale infrastructuren is wellicht een van de grote extreem weer gedreven risicofactoren voor ICT-infrastructuren de *uitval van de elektriciteitsvoorziening door extreem weer of overstroming*.

Paradoxaal is dat, omdat de Nederlandse elektriciteitsvoorziening zeer betrouwbaar is (gemiddelde onderbreking in 2013: 23 minuten met een mean-time-between-failure van zo'n vijf jaar), veel organisaties in Nederland geen noodstroomvoorzieningen installeren. Ook delen van de ICT-distributienetwerken zijn niet voorzien van noodstroom. Sterker nog, omdat de elektriciteitsvoorziening in Nederland zo betrouwbaar lijkt, stapelen we vele nieuwe ICT-diensten op andere ICT-infrastructuurdiensten (bijvoorbeeld de Yellowbrick betaalapp voor parkeren).

⁵³ Van Eeten, M., Nieuwenhuijs, A., Luijff, E., Klaver, M., Cruz, E. (2011). *The State and the Threat of Cascading Failure across Critical Infrastructures: The Implications of Empirical Evidence from Media Incident Reports*, Public Administration, Vol. 89, No. 2, 2011, (381-400).

⁵⁴ Nieuwenhuijs, A.H., Luijff, H.A.M., Klaver M.H.A., "Modeling Critical Infrastructure Dependencies", in: IFIP International Federation for Information Processing, Volume 290, Critical Infrastructure Protection II, eds. P. Mauricio and S. Shenoi, (Boston: Springer), October 2008, pp. 205-214, ISBN 978-0-387-88522-3.

⁵⁵ Impact op de industrie en het overige bedrijfsleven komt niet naar voren in de publieke bronnen die gebruikt worden om inzicht te krijgen in vitale infrastructuurafhankelijkheden in Nederland, Europa en daarbuiten.

⁵⁶ Zo is eerder openbaar vervoer uitgevallen als gevolg van uitval van mobiele telecommunicatie: metrodiensten in Rotterdam en sneltramdiensten tussen Utrecht en Nieuwegein.

⁵⁷ Zie bijvoorbeeld <http://www.nutech.nl/internet/3756325/samsungcom-kampte-met-storingen.html>.

Bij grootschalige uitval van elektriciteit leidt dat tot uitval van meer ICT-modaliteiten (internettoegang, mobiele telefonie, vaste telefonie, digitale TV, et cetera) en vele gestapelde ICT-diensten tegelijkertijd.

De rijksoverheid heeft om die reden eind 2010 geprobeerd om met een campagne de verantwoordelijken bij de rijksoverheid, lagere overheden en hulpdiensten te wijzen op die afhankelijkheden en de noodzaak om zich op een mogelijke ernstige uitval voor te bereiden⁵⁸.

De hiervoor genoemde noodstroomvoorzieningen zijn of een UPS (accu's) met een capaciteit van enkele uren of dieselaggregaten. De duur dat een aggregaat elektriciteit kan leveren is afhankelijk van de staat van onderhoud (vaak sluitpost omdat de noodstroom feitelijk nooit gebruikt wordt) en de voorraad dieselolie (halve dag tot enkele weken). Aanvulling van dieselolie bij grootschalige elektriciteitsuitval voor vitale sectoren is echter nog niet 100% gegarandeerd, zie ook de uitkomsten van het Capaciteitsadvies Elektriciteit en Telecom (CAET) project⁵⁹. Deze aanvulling is namelijk afhankelijk van de bereikbaarheid van de locatie, de beschikbaarheid van tankauto's en de mogelijkheid die te laden bij een diesel(tussen)opslag, en de mogelijkheid om politiebegeleiding voor de transporten te krijgen. Ook de noodzaak van een soepeler vergunningverlening voor het opstellen en in gebruik hebben van een noodstroomaggregaat en bijbehorende brandstofopslag (voor bijvoorbeeld diesel op het dak) wordt genoemd als knelpunt.

KPN storing Rotterdam

In juli 2011 leidde een nachtelijke storing in het telecommunicatieknooppunt van KPN in de Waalhaven in Rotterdam tot uitval van cruciale verbindingen, waaronder C2000 en – op beperkte schaal – in de verbindingen van 1-1-2. Ook andere sectoren ondervonden hinder; zo konden Rotterdamse metro's 's-ochtends niet vertrekken, was de verbinding tussen de meldkamer Zeeland en ziekenhuizen verstoord en konden loodsen in de Rotterdamse haven bepaalde meldingen niet ontvangen.

Bron: www.agentschaptelecom.nl.

De ICT-afhankelijkheid van de Nederlandse burger

Nederland onderscheidt zich op internationaal vlak in ICT-infrastructuur met name door de kwaliteit en hoge penetratiegraad van high-speed internetverbindingen. Na Denemarken heeft Nederland het hoogste aantal breedbandaansluitingen per hoofd van de bevolking ter wereld. Dit brengt ook een grote economische afhankelijkheid met zich mee: het Nederlandse bedrijfsleven en de burger zijn ingesteld op een hoge beschikbaarheid van hoge kwaliteit internetverbindingen. Dit leidt tot een internationaal relatief hoge mate van acceptatie en gebruik van internetdiensten als internetbankieren en ook online winkelen. In Nederland maakt 83% van de internetters gebruik van online bankieren. Grootschalige verstoring heeft daarmee ook direct een relatief grote economische schade tot gevolg.

Bron: Bakker, T., Bouman, A., van der Giessen, A., Holtzer, A., Huijboom, N., Ooms, M., van Schoonhoven, B. (2013). Marktrapportage Elektronische Communicatie 2013. TNO, Delft. Online: <http://publications.tno.nl/publication/101027/FF4LpN/TNO-2013-R11111.pdf>.

⁵⁸ MinV&J (2010). Bent u voorbereid op uitval van elektriciteit of ICT? (campagne met DVD, boekjes en hulpmiddel voor zelfanalyse en vervolgactie), Den Haag.

⁵⁹ NICC/NAVI (2010). Rapportage weerbaarheid van telecommunicatie sector tegen ernstige uitval van elektriciteit, Den Haag. Online: <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/wob-verzoeken/2010/04/25/bijlage-5-bij-wob-verzoek-aan-ez-over-het-capaciteitsadvies-elektriciteit-en-telecom-ict-caet/22-eindrapportage-caet-telecom-v1-2-25-april-2010.pdf>.

4 Risicofactoren en kansen op basis van toekomstige ontwikkelingen

4.1 ICT-sectorperspectief 2030 met doorkijk naar 2050

De innovatie in ICT en het gebruik van ICT kennen beide al jaren een explosieve groei die vooralsnog niet ten einde is. Zoals we uit de afgelopen periode hebben geleerd (zie enkele voorbeelden in de inzet en Figuur 8) is het daarom lastig om in deze sector langer dan enkele jaren vooruit te kijken anders dan het duiden van enkele hoofdtrends. Een doorkijk naar veel verder dan 2020 lijkt voor deze sector echter onmogelijk. Trends zijn:

1 Sterke convergentie van ICT-diensten.

De (functionaliteit van) meer klassieke communicatietechnologie verschuiven naar IP-gebaseerde diensten over vaste en mobiele communicatietoegangen, denk aan directe communicatie (telefonie), televisie en radio.

Deze convergentie kan vanuit een risico-optiek ongewenst zijn wanneer met deze convergentie redundante communicatiemodaliteiten en andere terugvalopties verloren gaan. Nu is het nog zo dat de functie telefonie bijvoorbeeld aangeboden wordt via het vaste telefonienetwerk, het mobiele telefonienetwerk én de verschillende IP-netwerken.

Zo laten ontwikkelingen in ons nabije landen zien dat de klassieke telefonie en ISDN binnen enkele jaren vervangen worden door Voice over IP (VoIP) en als diensten in enkele jaren afgebouwd worden. De verplichting tot leveren van fantoomspanning zodat men altijd vanaf één telefoon kan bellen met 1-1-2 is al weggevallen in Duitsland; Nederland zal waarschijnlijk snel volgen. Dit soort trends zijn niet nieuw, denk aan het eerder wegvallen van de alarmzuilen op straat voor directe oproep van politie of brandweer en de telefooncellen. Het verhoogde risicoaspect voor de burger bij grootschalige storingen in de ICT-infrastructuur bij convergentie en vervallen van veiligheidsfunctionaliteit lijkt minder van belang te zijn, al heeft de rijksoverheid in 2010 een bewustwordingscampagne geïnitieerd binnen de rijksoverheid, provincies, veiligheidsregio's, gemeenten, politie en brandweer⁶⁰.

2 Alle apparatuur bij burgers thuis wordt gekoppeld aan netwerken (zoals het internet). Alle witgoed wordt slimme apparatuur en gaan communiceren en onderhandelen over hun energiegebruik en het meest optimale tijdstip om 'hun ding' te doen. De slimme koelkast stelt de reguliere boodschappenlijst op die met een druk op de knop zorgt dat de bestelservice van de supermarkt tijdig voor de aanvulling van melk, bier en eieren zorgt. ICT zorgt voor de hoogst mogelijk opbrengst van de zelf opgewekte energie: verkoop je je kWatts aan de buurman of start de witte was?

⁶⁰ MinV&J (2010). Bent u voorbereid op uitval van elektriciteit of ICT? (campagne met DVD, boekjes en hulpmiddel voor zelfanalyse en vervolgactie), Den Haag.

- 3 De samenleving gaat over op 'slim' en 'mobiel/op afstand'. Steeds meer zaken in onze leefomgeving worden door gebruik van ICT communicatief: dijken, auto's, gebouwen, ons energiesysteem, sluizen, enzovoorts⁶¹. Steden worden slim, waarbij functies met behulp van ICT zo optimaal mogelijk ingericht worden en invulling proberen te geven aan de voor vier g-waarden voor de burger: geld (efficiëntie), gemak, genot en geluk. Ook bedrijven worden 'slim' door handig gebruik van ICT die de globale 24-uurs economie faciliteert.
- 4 Ons energiesysteem gaat over op slimme netwerken (smartgrid). De eerste aanzet om die ontwikkeling te faciliteren vormt de uitrol over geheel Nederland van de slimme meter. De slimme meters communiceren met concentratiepunten in de wijk die op hun beurt weer in verbinding staan met systemen op een hoger aggregatieniveau. Na die uitrol moeten slimme verbruiksapparatuur en elektrische auto's via ICT gaan samenwerken met de privé en lokale energie-opwekkers (zonnepanelen, molens) om een zo lokaal mogelijk groen energiegebruik te realiseren. Het inpassen van kleinschalige duurzame opwekkers wordt hiermee veel beter mogelijk. Naast de consument ontstaat de zogenaamde *prosumer*: de consument die zelf ook produceert en energie teruglevert aan het net. De smartgrid-ontwikkelingen zorgen echter ook voor wederzijdse afhankelijkheden: niet alleen hangt de goede werking van de ICT af van de levering van elektriciteit, maar de elektriciteitsvoorziening wordt ook afhankelijk van goed en veilig functionerende ICT die ook nog eens de privacy van de burger moet beschermen.
- 5 Over enkele jaren zullen personen:
 - 24 uur per dag "online" zijn,
 - voorzien zijn van middelen die ons continu voorzien van relevante informatie (de "Google glass" en e- of i-watch vormen de nulgeneratie van de middelen die op ons afkomen),
 - voorzien zijn van eenvoudige mogelijkheden voor betaal- en andere functies,
 - continu gemonitord worden qua fysiek gestel (temperatuur, hartslag, vocht, glucoseniveau, slaappatroon, fysieke inspanningen (training; werk), ...),
 - enzovoorts.
- 6 Een voorziene revolutie in de transport- en logistieke werelden waarbij ICT een cruciale faciliterende rol in speelt: vervoer op verzoek (geen eigen autobezit meer) gebruikmakend van een optimale keten aan vervoersmodaliteiten⁶². Auto's en trucks, nu al complexe samenstelsels van sensoren, computers en actuatoren, gaan autonoom rijden, communiceren met elkaar en met de weg(omgeving) over zaken als gevaarlijke weerscondities (nat, ijsvorming, wind), de onderlinge snelheden, de mogelijkheden voor energiebesparing door coöperatief rijden.
- 7 Toenemende vervaging van waar bedrijfs- en privédata opgeslagen is en waar verwerking allemaal plaatsvindt (cloud, applicatieservices, managed service provision, ...).

⁶¹ De huidige afhankelijkheid en weerbaarheid van de sector kernen en beheren oppervlaktewater tegen ernstige uitval van elektriciteit en telecommunicatie wordt beschreven in NICC (2010). Rapportage weerbaarheid van kernen en beheren oppervlaktewater tegen ernstige uitval van elektriciteit en telecommunicatie, Den Haag.

Online: <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/wob-verzoeken/2010/04/25/bijlage-4-bij-wob-verzoek-over-het-capaciteitsadvies-elektriciteit-en-telecom-ict-caet/document-4-weerbaarheid-sector-kernen-en-beheren.pdf>.

⁶² Van Voorst tot Voorst, M-P., Hoogerwerf, R. (2013). Het vervoer van morgen begint vandaag. Rapport STT 78, Stichting Toekomstbeeld der Techniek, Den Haag.

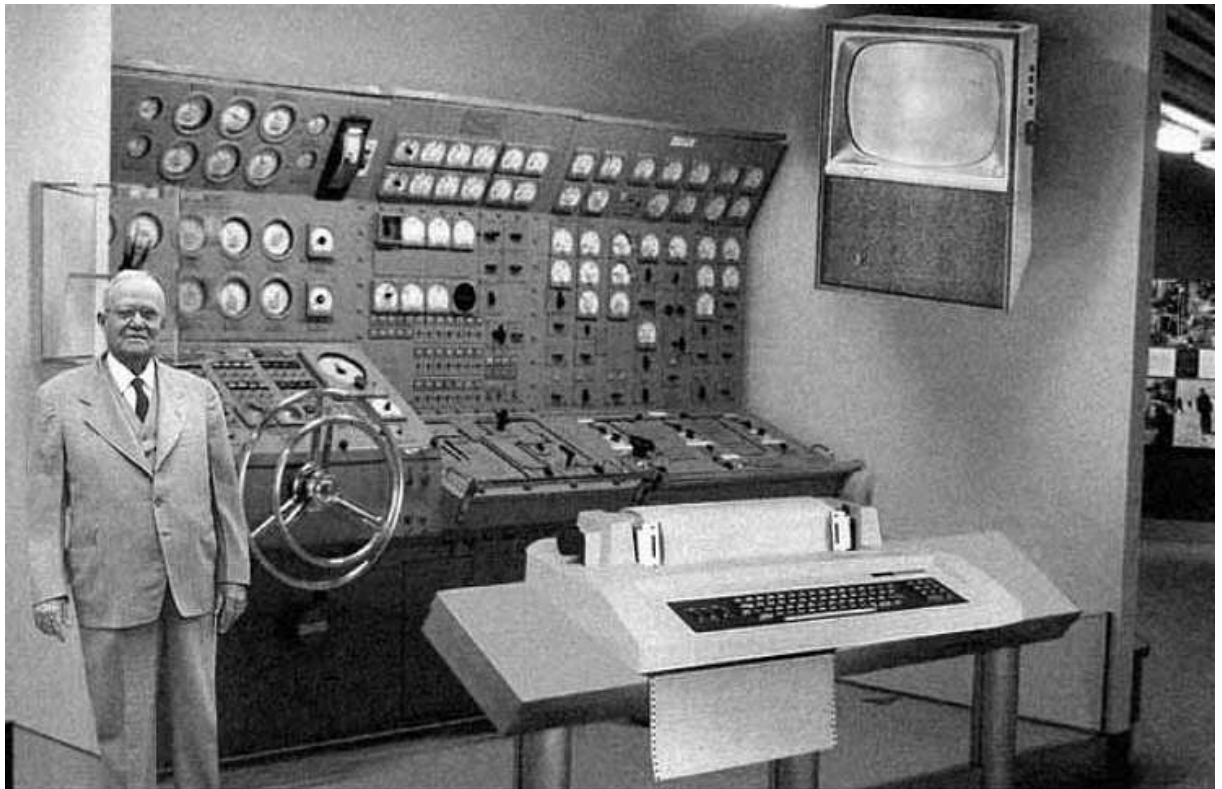
- 8 Internet-of-Things (IoT): alle denkbare apparatuur wordt gekoppeld van deurbel tot bewakingssysteem, van beregeningssensoren bij planten tot houdbaarheidssensor in de verpakking van vlees of vis, enzovoorts, niet alleen tussen mens en systeem, maar steeds vaker zal er sprake zijn van machine-to-machine communicatie (M2M), welke zowel mobiel als op afstand plaatsvindt.

Al deze trends vragen om nog meer fijnmazige, publieke draadloze communicatie--infrastructuur met volautomatische handovers tussen het draadloze netwerk thuis, draadloze ICT-netwerken van burgers in de omgeving, mobiele operators en bij het bedrijf waar men werkt. Continu een zo goed mogelijke service, de breedst mogelijke bandbreedte die men nodig heeft tegen de laagste kosten. Ontwikkelingen van picocellen, 5G mobiele communicatie en dynamische antennetechnologie die automatisch aanpast aan de richting waar de ontvanger(s) zich bevinden zijn ontwikkelingen die deze trends gaan dat ondersteunen.

Het verleden van enkele ICT-ontwikkelingen en enkele 'famous last words' betreffende ICT-sectorperspectieven

- "Worthless" – Uitspraak van Sir George Bidell in 1842 over de 'analytische computer' van Babbage.
- "Well informed people know it is impossible to transmit the voice over wires, and that were it possible to do so, the thing would be of no practical value" (1865) Boston Post.
- "Radio has no future." (1897) Lord Kelvin.
- "I think there is a world market for about five computers" (1943) – Thomas J. Watson, de Raad van Bestuursvoorzitter van IBM.
- DEC introduceert de PDP-8 minicomputer (1965).
- "What the hell it is good for?" (1968) IBM deskundige over de microprocessor die volgens andere collega's het toekomstige ICT-landschap zou gaan veranderen.
- "Get your feet of my desk, get out here, you stink, and we're not going to buy your product" (1976) – de bestuursvoorzitter van Atari over Steve Jobs aanbod voor de verkoop van de rechten op de Apple PC.
- "There is no reason for any individual to have a computer in their home." (1977) Ken Olson, de bestuursvoorzitter van Digital Equipment Corporation (DEC). DEC, eens een succesvol ICT-bedrijf, werd in 1998 overgenomen door Compaq dat later opging in HP.
- De Apple II PC werd op 16 augustus 1977 geïntroduceerd. De IBM PC volgde op 12 augustus 1981 met de opmerking van Bill Gates "640 kbyte ought to be enough for anybody".
- De Nederlandse PTT introduceert autotelefonie (ATF) begin 1980 voor maximaal 2500 gebruikers. In 1992 volgde de Greenpoint mobiele telefonie en in 1993 de introductie van GSM in Nederland.
- Introductie van ISDN in Nederland (1995).
- Opkomst van Voice-over-IP diensten (2005).
- Hyves startte in 2004 en werd zeer snel populair bij de Nederlandse jeugd. Sinds 2010 is Hyves 'uit' en is de jeugd overgestapt op Facebook.
- Apple introduceert de iPad in januari 2010.
- Facebook start in 2004. In 2008 volgde een Nederlandstalige versie. In 2014 heeft Facebook ongeveer 1.2 miljard geregistreerde gebruikers.

Bron: Cerf, C. en Navasky, V. (1998). The Experts Speak (expanded and updated). Randomhouse, USA.



Scientists from the RAND Corporation have created this model to illustrate how a "home computer" could look like in the year 2004. However the needed technology will not be economically feasible for the average home. Also the scientists readily admit that the computer will require not yet invented technology to actually work, but 50 years from now scientific progress is expected to solve these problems. With teletype interface and the Fortran language, the computer will be easy to use.

Figuur 8 Technologie-ontwikkelingen in ICT voorspellen is moeilijk: de thuis PC anno 2004 zoals voorzien 50 jaar eerder (bron: RAND Corporation).

4.2 Klimaat- en sociaaleconomische ontwikkelingen tot 2050: De Deltascenario's

Zoals hiervoor aangegeven is iedere poging om de autonome ontwikkelingen in de ICT-sector en het gebruik van ICT in de samenleving verder dan enkele jaren vooruit te voorspellen onmogelijk. Wel hebben we geanalyseerd welke van de genoemde Deltascenario's de grootste risicofactoren met zich meebrengen of de grootste kansen genereren.

Risicofactoren en kansen in de Deltascenario's (ICT)

De in hoofdstuk 3 geïdentificeerde kansen en risicofactoren kunnen in de toekomst veranderen. De veranderingen als gevolg van klimaatverandering zijn in paragraaf 2.2 beschreven en de consequenties van veranderingen voor de ICT-sector zelf zijn ook al belicht. Maatschappelijke en economische veranderingen kunnen ook van invloed zijn op de risicofactoren en kansen. De veranderingen van het klimaat alsmede de sociaaleconomische en ruimtelijke ontwikkelingen van Nederland zijn echter niet te voorspellen. Door te werken met scenariomethodiek zijn in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu deltasenario's opgesteld voor het jaar 2050 en 2100. Deze deltasenario's worden geconstrueerd door twee assen loodrecht op elkaar. Eén as beschrijft de mate van klimaatverandering, van matig tot snel; de andere as gaat van sociaaleconomische krimp naar sociaaleconomische groei. Uitsplitsen van de mogelijke ontwikkelingen langs deze assen geeft vier scenario's.



Figuur 9 De Deltascenario's langs de twee assen van klimaatverandering en economische ontwikkeling.

Deze toekomstbeelden geven niet alleen een indicatie van de mogelijke veranderingen in de fysische en sociaaleconomische omgevingsfactoren, maar ze laten ook zien hoe dit tot verschuivingen in het gebruik van ruimte, land en water kan leiden. De scenario's zijn opgesteld vanuit het perspectief van waterveiligheid en waterbeheer; in deze rapportage zijn ze gebruikt om de invloed op de sector ICT te duiden.

De deltasenario's beschrijven niet specifiek de gevolgen voor de ICT-sector. Het meest relevant zijn de veranderingen in economie en verstedelijking.

In STOOM en DRUK is de gemiddelde economische groei met circa 2,5% per jaar hoog en ook de bevolking neemt, mede door immigratie, tot toe ongeveer 20 miljoen inwoners omstreeks het jaar 2050. Dit alles leidt tot een sterke verstedelijking, vooral in STOOM. In dat scenario gaan mensen bij toenemende welvaart ruimer wonen, in aantrekkelijke gebieden ook buiten de nu bestaande grote steden. Dat gaat ten koste van de minder rendabele landbouwgrond. [...] In DRUK wordt daarentegen zuiniger en efficiënter omgegaan met grondstoffen en water, en ook met ruimte. Daar zien we veel meer concentratie van wonen en werken in grote en middelgrote steden, soms met hoge dichtheden van bebouwing.

In RUST en WARM daalt de bevolking geleidelijk vanaf 2020, door vergrijzing en emigratie bij een lage economische groei van 1 % per jaar. We zien daar in de eerste helft van deze eeuw weinig spectaculaire ontwikkelingen in het ruimtegebruik. Ook na 2050 zijn er in deze scenario's weinig veranderingen zichtbaar op de kaart.

Citaat uit: Deltares/PBL (2013) Deltascenario's 2050 en 2100.

Het STOOM scenario zal in het algemeen het scenario zijn met de grootste risicofactoren omdat de klimaatverandering én de sociaaleconomische groei het grootst is. We veronderstellen dat dit ook voor de ICT-sector het scenario is met de grootste risicofactoren. In dit scenario zal de vraag naar ICT-diensten en de vitale afhankelijkheid van de samenleving van ICT onverminderd doorzetten door hoge economische groei. De weersextremen zijn in dit scenario het meest heftig en leiden ook tot de meeste directe en indirecte effecten mede door de hoge economische groei. De risicotabel voor ICT blijft hierbij relatief gezien gelijk, maar de impact wordt groter en de kans wordt groter.

Het scenario met de grootste kansen voor de ICT-sector is het DRUK scenario. Die kansen hebben betrekking op ondernemerschap en innovatie en op een gunstig vestigingsklimaat. Juist door de hoge economische groei ontstaat er veel ruimte voor innovatie en ondernemerschap. Smart technologie maakt het ook mogelijk om de steden steeds efficiënter en zuiniger in te richten. En de matige klimaatverandering maakt Nederland nog steeds een aantrekkelijke vestigingsplaatsfactor voor datacenters. Door de geografische en huidige klimatologische omstandigheden van Nederland hebben recent grote internationale bedrijven als Apple, Google en Microsoft zich hier gevestigd. Ook het stabiele en betrouwbare elektriciteitsnetwerk draagt daaraan bij⁶³.

4.3 Risicofactoren

Het zo kwantitatief mogelijk qua omvang/ernst en waarschijnlijkheid van belangrijkste risicofactoren gegeven de ontwikkelingstrends in de ICT-sector is zeer lastig. Het enige dat aan te geven is dat iedere grootschalige en/of langdurige storing in ICT onze samenleving hard kan en zal raken ongeacht de aanwezigheid van alternatieve modaliteiten. We hebben onszelf dermate afhankelijk gemaakt van ICT dat ontwerpen voor vitale en belangrijke functies geen rekening houden met terugvalopties.⁶⁴ Of de kwetsbaarheid toeneemt of niet door extreem weer is geheel afhankelijk van of en hoe de ICT-sector zich aanpast op het zich wijzigende risico.

4.4 Kansen

Qua kansen staat het gebruik van ICT voor innovatieve slimme toepassingen boven aan de lijst van CO₂-verminderende technologie mits het energieverbruik door ICT beperkt kan worden (zie paragraaf 3.3.3). Nieuwe ICT-toepassingen kunnen ook kwetsbaarheden die gevoelig zijn voor extreem weer of andere effecten van klimaatveranderingen continu monitoren zodat tijdig ingegrepen kan worden, denk aan de IJkdijk. De hoge innovatiesnelheid van ICT zorgt voor een snelle economische en technologische afschrijvingen van ICT waardoor klimaat- en extreem weer gerelateerde adaptaties vrij geruisloos breed geïntroduceerd kunnen worden.

4.5 Cascade-effecten en interacties met / doorwerking in andere sectoren

ICT is een vitale dienst voor vrijwel alle vitale infrastructuurproducten en –diensten in Nederland (zie bijv. ⁶⁵). Die afhankelijkheid wordt in de komende periode alleen maar groter, denk bijvoorbeeld aan de ICT waarvan de just-in-time logistieke processen tussen ketenpartners, nationaal en internationaal, afhankelijk zijn. Het risico van initiatie van verstoringen in andere (vitale) sectoren door verstoring of uitval van ICT-infrastructuur stijgt daardoor autonoom en kan nog eens worden versterkt door de eerder in paragraaf 3.1 besproken risicofactoren die gerelateerd zijn aan extreem weer en andere effecten van klimaatveranderingen.

Eenzijds neemt de afhankelijkheid van ICT de komende tijd alleen maar toe gepaard gaande met een stijgend risico van uitval door extreem weer en andere

⁶³ http://www.dutchnews.nl/news/archives/2013/12/apple_microsoft_plan_to_open_d.php.

⁶⁴ <http://www.nu.nl/algemeen/erasmusbrug-kan-niet-open-door-kapotte-chip.17971717.lynx>.

⁶⁵ Luijff, H.A.M., Burger, H.H., Klaver, M.H.A. (2003). Bescherming Vitale Infrastructuur: Quick-scan naar vitale producten en diensten. Rapporten FEL-03-C001/C0002, TNO, Den Haag.

effecten van klimaatveranderingen. Anderzijds is onze ICT-infrastructuur in Nederland relatief betrouwbaar⁶⁶ waardoor burgers en organisaties geen mitigerende maatregelen treffen tegen ICT-verstoring en eventuele langdurige uitval. Het doorbreken van deze paradox is niet eenvoudig gegeven de wijze waarop mensen risico percipiëren.

Common cause failure

Op 8 en 9 januari 2005 trok een grote storm over oost-Denemarken en zuid-Zweden. 860.000 huishoudens in Denemarken en 4.8 miljoen mensen in Zweden zaten dagenlang zonder elektriciteit, zo'n 10.000 huishoudens zelfs meer dan vier weken, doordat 20.000 km aan distributienetwerken beschadigd raakten door afgebroken takken en omgevallen bomen. Zo'n 150 miljoen bomen knapten; evenveel als een gehele Zweedse jaarproductie aan hakhout. De omgevallen bomen onderbraken een kleine twee weken de telecommunicatie voor zo'n 530.000 klanten van vaste telecommunicatie (Telia) en zo'n 1.3 miljoen mobiele telecommunicatiegebruikers. De omgevallen bomen veroorzaakten ook chaos op wegen en het spoor. Een aantal bruggen werkte niet meer waardoor de scheepvaart stil lag. De kerncentrale Barsebäck kon zijn elektriciteit niet kwijt en werd gescremd.

Naast directe technische ICT-afhankelijkheden moet ICT-operators en -eigenaren planmatig ook rekening houden met 'common cause failure' door extreem weer en andere effecten van klimaatveranderingen die de werking van meer vitale infrastructuren tegelijk ontregelen. Denk aan verstoringen door extreem weer van de transportinfrastructuur die reparatie van getroffen ICT-infrastructuur vertraagd zo niet voor enige tijd onmogelijk maakt. Denk ook aan overbelasting van de ICT-netwerken doordat extreem weer zorgt voor een extreme hoeveelheid mensen die proberen te telewerken of mobiel te bellen⁶⁷.

Daarbij moeten we niet vergeten dat ICT niet bij de Nederlandse landsgrenzen ophoudt. ICT levert globale connectiviteit en gebruikt globale resources waar al onze vitale infrastructuren en onze economie sterk van afhankelijk zijn. Denk aan de besturing van het Europese ENTSO-E elektriciteitsnetwerk van Noordkaap tot Portugal met een uitloper naar Marokko en Polen tot Griekenland aan de oostkant of aan de logistieke informatiestromen rond containervervoer van een locatie in de VS of Singapore via zeeschepen, de Rotterdamse haven en dan via trein of schip verder naar Polen of Zwitserland.

4.6 'Wild cards'

Er zijn enkele wildcards (zeer onverwachte gebeurtenissen met wellicht grote gevolgen) die de ICT-sector en infrastructuur op zijn kop kunnen zetten. Of dat op enige wijze een wisselwerking met de risicofactoren gerelateerd aan extreem weer en andere effecten van klimaatveranderingen hebben, is (nog) niet te voorspellen:

- 1 De opkomst van nanotechnologie en de mogelijke innovatiecyclus voor de combinatie van nanotechnologie en ICT. Net zoals nauwelijks iemand zich meer afvraagt hoeveel paardenkrachten er in een getemde elektrische auto zitten, zal ook het begrip ICT eenzelfde lot beschoren zijn. We zullen het alleen nog hebben over functies of diensten (ICT zit overal in of omheen).

⁶⁶ Agentschap Telecom (2013), Staat van de Ether 2013, Groningen. Online: https://www.agentschaptelecom.nl/sites/default/files/staat_van_de_ether_2013.pdf.

⁶⁷ Overbelasting mobiele telecommunicatie bij extreem weer: Nijmeegse Vierdaagse (hittegolf, 18/07/2006), zwaar onweer Pukkelpop (19/08/2011) en sneeuw in België (03/02/2012).

- 2 De volgende 'killerapplicatie', het equivalent van de explosieve Facebook-ontwikkeling in 2025 ..., bijvoorbeeld holografische aanwezigheid in de huiskamer en bij vergaderingen.
- 3 Draadloze energie die net zo vanzelfsprekend is als bijvoorbeeld draadloos internet waarbij ICT-apparatuur de energie zelf "uit de lucht" haalt.⁶⁸
- 4 Doorbraken in quantum computing waardoor in korte tijd alle huidige cryptografische bescherming van informatiestromen en authenticatie wegvalt als onbetrouwbaar. De snelle expansie van ICT in alle sectoren van de samenleving kan door verlies aan vertrouwen ernstig vertraagd worden zo niet in een aantal toepassingen leiden tot terugkeer naar niet ICT-gebaseerde oplossingen.
- 5 Hoe werkt de wereld vanuit economisch perspectief in 2050 als we alle basiswerkzaamheden geautomatiseerd hebben en er alleen nog werk is voor universitair geschoold personeel?
Worden de ICT- en internet-business modellen uit 2014 beschouwd als "historie uit het verleden" en zetten nieuwe business modellen de maatschappij van 2030+ op zijn kop?

⁶⁸ <http://www.dutchcowboys.nl/Technology/31306>.

5 Handelingsperspectief en aangrijpingspunten voor verminderen van het risico en benutten van kansen

Voor de ICT-sector kunnen een aantal handelingsperspectieven worden onderkend:

- 1 Internationale UNFCCC/UNESCO/ITU-adaptatiesuggesties voor de ICT-sector. Het ITU-rapport⁶⁹ geeft op pagina 40 een aantal adaptatiesuggesties waarvan een aantal voor de Nederlandse en Europese situatie minder relevant lijken. Sommige aanbevelingen zijn theoretisch daar ze haaks staan op de huidige ontwikkelingen. Het rapport stelt bijvoorbeeld ICT- en elektriciteitsinfrastructuren zoveel mogelijk te scheiden om onderlinge afhankelijkheden te voorkomen, daar waar de trend juist naar een geïntegreerd smart grid gaat.
- 2 Vervangingsstrategie ICT-componenten. Gegeven de hoge vervangingsnelheid van componenten in de ICT-infrastructuur is het handelingsperspectief heel simpel: let op bij wat je koopt bij de overgang naar de volgende ICT-cyclus.
- 3 Business-as-usual. Risicofactoren die vallen onder het 'business as usual' risico worden hier niet beschouwd, al worden juist die factoren door de meeste ICT-bedrijven als meer reëel ingeschat en vormen daarom de basis om wel degelijk maatregelen te treffen die ook de nieuwe klimaat-gerelateerde risicofactoren afdekken.
- 4 Vervangings- en vernieuwingsstrategie ICT-infrastructuur. Bij ontwerp en installatie van nieuwe infrastructuur als backbones, distributienetwerken, antenne- en zendmasten en nieuwe gebouwen is het raadzaam om rekening te houden met toekomstige extreem weer en klimaatveranderingsscenario's waarbij het om die reden niet raadzaam is om apparatuurkasten, kabelterminaties en accu's op maaiveldniveau te plaatsen. Een dergelijke oplossing staat echter weer haaks op criminaliteitspreventie: hoe hoger de kast en hoe langer de kabels, hoe gemakkelijker het is om deze onklaar te maken (doorslijpen kabels, een shovel onder kast, et cetera).
- 5 Antenne- en zend/ontvangmasten. Bij groot onderhoud aan antenne- en zend/ontvangmasten is het raadzaam om te overwegen of verstijving van de constructie noodzakelijk is en hoe dat technisch eenvoudig gerealiseerd kan worden.⁷⁰
- 6 Vermindering van de CO₂ voetafdruk van ICT. In Nederland en daarbuiten lopen een aantal activiteiten op dit gebied zoals eerder beschreven in paragraaf 3.3.3 om het elektriciteitsgebruik door ICT (zo'n

⁶⁹ Ospina, A.V., Faulkner, D., Dickerson, K., Bueti, Ch. (2014), Resilient pathways: the adaptation of the ICT sector to climate change, ITU, Genève, Zwitserland. Online: http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/Documents/Publications/Resilient_Pathways-E.PDF.

⁷⁰ Vodafone Nederland vernieuwt op dit moment 4500 antennelocaties en moderniseert de techniek om de dekking en betrouwbaarheid te verhogen en de uitrol van 4G te vergemakkelijken. Bron: <http://www.nu.nl/internet/2868432/vodafone-belooft-betere-dekking-netwerkinnovatie.html>.

4% van het nationale elektriciteitsgebruik) terug te dringen. Aandacht bij verwerving van ICT-apparatuur voor bijvoorbeeld stand-by verliezen kan leiden tot lager energiegebruik en een betere CO₂ voetafdruk. Tegelijk vermindert daarmee het risico van overlaste stroomtoevoerkabels bij extreme hitte.

7 Sleutelgebouwen en objecten.

Bij inrichting van gebouwen waarin servers, dataopslag, netwerken en veel actieve componenten aanwezig zijn is het raadzaam om op slimme wijze om te gaan met energie en koeling. Gebruik maken van de eue-metriek voor energiegebruik, slimme vormen van koeling, hogere omgevingstemperatuur van de 'donkere' zalen met apparatuur en hergebruik van de opgewekte afvalwarmte kunnen leiden tot aanzienlijk lagere energierekeningen en een veel betere CO₂ voetafdruk.

De landelijke overheid kan richtlijnen en voorbeeldoplossingen ontwikkelen voor klimaatadaptatie van gebouwen met vitale ICT-functies die vallen onder de monumentwet of een anderszins (gemeentelijke) beschermde status hebben, bijvoorbeeld als industrieel erfgoed. Zelfs wet- en regelgeving is denkbaar, maar dan moet korte termijn winst geen doel zijn. Overigens daalt het aantal gebouwen waar dit voor geldt omdat ze steeds meer worden afgestoten omdat ze niet aan de moderne fysieke en beveiligingseisen voldoen die aan dergelijk objecten worden gesteld.

Voor gebouwen die vitale knooppunten herbergen zal bij risico voor ernstige overstromingen overwogen moeten worden of verplaatsing naar een andere locatie op termijn mogelijk noodzakelijk is.

8 Innovatief ICT-gebruik in andere sectoren.

Innovatief ICT-gebruik – de "verslimming" van transport, industrie, energie en steden – kan helpen om afgesproken en gestelde klimaatdoelstellingen te halen waardoor tegelijkertijd de risicofactoren voor de ICT-sector en –infrastructuur zelf op indirecte wijze aangepakt worden.

9 Monitoring van ICT-storingen en – uitval door klimaatverandering en extreem weer.

Met de juiste metrieken en rapportagemethoden kunnen ICT-sectoroperators en eigenaren enerzijds en toezichthouders anderzijds trend en risico monitoren (zie bijvoorbeeld paragraaf 6.1). Dat kan natuurlijk iedere operator zelf doen, maar samenwerking op het vlak van monitoring kan voordelig zijn.

10 Waarschuwingscirkels.

ICT middelen kunnen innovatief/innovatiever toegepast worden om organisaties, bedrijven en burgers enerzijds te waarschuwen voor directe dreiging door een zich ontwikkelende extreem weersituatie / overstroming en anderzijds om meldingen van burgers en bedrijven te ontvangen en te verwerken tot goed inzicht in een dergelijke, zich ontwikkelende situatie. De huidige alarmeringsmogelijkheden als burgernet en nl.alert vormen een eerste opstap naar nog innovatievere vormen van alertering van burgers en bedrijven.

Zoals eerder aangegeven is de ICT-sector voornamelijk in handen van private partijen. Als die een commerciële kans zien voor klimaatadaptatie, zal die kans al snel onderkend en gegrepen worden. Indien stimulering vanuit beleid nodig is, kan

voor de aanpak teruggegrepen worden op het rapport van de Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur (RLI) 'Gedragsanalysekader voor de ontwikkeling van effectiever milieubeleid'⁷¹. In dat rapport zijn handvatten opgenomen hoe milieubeleid uiteindelijk effectief omgezet kan worden in gedrag. Klimaatadaptatie is mogelijk een vergelijkbaar onderwerp dat in het begin ver van het bed is, doch uiteindelijk ingepast moet worden in bewust handelen en gedrag.

⁷¹ RLI (2014). Gedragsanalysekader voor de ontwikkeling van effectiever milieubeleid, Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur, Den Haag.

6 Mogelijke indicatoren voor monitoring en evaluatie

Er zijn twee indicatoren geïdentificeerd:

6.1 Aantal extreem weer en klimaatverandering-gerelateerde ICT-continuïteitsstoringen per jaar

Voor monitoring en evaluatie van de klimaatverandering-gerelateerde risicofactoren met impact op de (vitale) telecommunicatie-infrastructuur (noot: beperkt deel van de ICT-infrastructuur) kan als goede indicatoren het aantal klimaatverandering en extreem weer gerelateerde continuïteitsstoringen per jaar gelden.

Als toezichthouder monitort het Agentschap Telecom (AT) continu de beschikbaarheid van de telecommunicatie in en voor Nederland. De telecommunicatie-operators zijn sinds 5 juni 2012 onderworpen aan de Meldplicht continuïteitsstoringen op basis van artikel 11.a van de telecommunicatiewet. Storingen met een grote maatschappelijke impact of hoge economische schade moeten gemeld worden (incidenten die al gauw meer dan 100.000 klanten raken). Jaarlijks rapporteert het Agentschap Telecom in haar jaarverslag over het aantal meldingen⁷² na een eerder 0-meting⁷³. Op basis van inzicht in de detailinformatie zal het Agentschap Telecom als toezichthouder de incidenten vanaf 2014 gaan analyseren. Hier ligt een kans voor klimaatadaptatie door het Agentschap Telecom te vragen de klimaatverandering en extreem weer gerelateerde continuïteitsstoringen per jaar apart te laten monitoren en te rapporteren. Bij negatieve trends of groter wordend risico over de sector heen zou het Ministerie van Economische Zaken in het uiterste geval kunnen besluiten om de marktwerking te doorbreken en sectorbrede maatregelen af te dwingen.

Voor het landelijke informatie- en communicatiesystemen voor de overheden onderling en voor hulpdiensten (GMK, LCMS, 1-1-2 en C2000/P2000) en de noodcommunicatievoorziening (NCV) wordt de beschikbaarheid gemonitord door de Voorziening tot samenwerking Politie Nederland (vtsPN). Ook hier ligt een kans voor klimaatadaptatie door het vtsPN te vragen de klimaatverandering en extreem weer gerelateerde continuïteitsstoringen per jaar apart te laten monitoren en te rapporteren.

Voor alle andere eerder in paragraaf 2.1.1 genoemde vitale ICT-sectordiensten is er geen monitoring mogelijk op basis van de huidige wet- en regelgeving of taakopdracht. Omdat die diensten geleverd worden door een breed spectrum aan private partijen uit binnen- en buitenland ligt specifieke wet- en regelgeving en een verplichting tot monitoring en rapportage vooralsnog niet voor de hand.

Verdere inrichting van governance lijkt niet nodig vanwege:

- 1 de concurrentie in de private ICT-sector op dienstverlening,
- 2 in de praktijk geven de ICT-operators blijk van goed huisvaderschap gegeven het maatschappelijk belang van ICT.

⁷² Agentschap Telecom (2013), Staat van de Ether 2013, Groningen. Online: https://www.agentschaptelecom.nl/sites/default/files/staat_van_de_ether_2013.pdf.

⁷³ Agentschap Telecom (2013). Toezicht op zorg- en meldplicht continuïteit, Groningen.

- 3 Het overheidstoezicht op de beschikbaarheid van vitale ICT-infrastructuurdiensten en een teveel aan uitval door toezichthouders als Agentschap Telecom, de DNB (ICT in de financiële sector), DTE (energiesector), vtsPN en de verschillende inspecties.
- 4 De ministeriële aanwijzing tot verplichte deelname aan het Nationale Continuïteitsoverleg Telecom (NCO-T) voor de belangrijkste ICT-infrastructuuroperators in Nederland.

Als deze factoren lijken in principe voldoende governance borging te geven voor het tijdig inbedden van mogelijke gevolgen van klimaatverandering en extreem weer in de (zakelijke) risicoafwegingen.

Aanbeveling

Door ook klimaatverandering-gerelateerde risicofactoren voor ICT te monitoren kunnen toezichthouders op de vitale infrastructuursectoren, het Agentschap Telecom voor de ICT-sector in het bijzonder, een lichte, extra governancedruk tot stand brengen. De ICT-operators kunnen daardoor gestimuleerd worden om de nieuwe risicofactoren in te bedden in hun 'business as usual' risicobeheersing van hun (vitale) ICT-operaties.

6.2 ICT als innovatie: dreigingsmonitor voor andere sectoren

Sensoren kunnen samen met ICT netwerken vormen waarmee risicofactoren van andere vitale infrastructuur gemonitord wordt en waardoor tijdig ingegrepen kan worden om risico te voorkomen en/of impact te verminderen. De eerder genoemde ijdijktechnologie is een voorbeeld hiervan.

7 Belangrijkste kennislacunes om onzekerheden in risicoschattingen te verkleinen

Als we de risico-inschattingen voor overstromingen als een gegeven beschouwen, is de grootste onzekerheid en kennislacune hoe snel de ICT-infrastructuur hersteld kan worden. Dat bepaalt, samen met de onduidelijkheid over de herstelsnelheid van de overige infrastructuur en de terugkeer van burgers en bedrijven (de “klanten”) de impact.

Een andere kennislacune betreft de relatie tussen werkelijk kans op waterschade door extreme neerslag als er tegelijkertijd klimaatadaptatiemaatregelen worden genomen door overheid, gemeenten en waterschappen. Wordt bijvoorbeeld een nieuwe, grotere riolering gepland en het waterschap geeft meer ruimte over overstorten, dan kan een (semi)private partij wellicht volstaan met eenvoudiger maatregelen.

Algemene, doch preciezere informatie in de tijd over de toe- of afnemende frequentie en potentiële gevolgen die door de ICT-sector gebruikt kan worden in de eigen risicoafwegingen en het handelingsperspectief ontbreekt nog, iets waar andere sectoren ook behoefte aan zullen hebben. Is het risico onderdeel van de zich continu wijzigende patronen van ‘business as usual’ of moet er extra aandacht besteed worden aan het risico?

Een andere kennislacune is het ontbreken van inschattingen over directe en indirecte schade van uitval van ICT-diensten, zowel per dienst als in combinatie van diensten.

8 Achtergrondliteratuur

- [1] PBL (2013). Aanpassen met beleid. Bouwstenen voor een integrale visie op klimaatadaptatie, PBL (Planbureau voor de Leefomgeving) publicatie 1125, Den Haag. Online: Planbureau voor de Leefomgeving) publicatie 1125.
- [2] Ligtvoet, W., Van Bree, L., Van Dorland, R. (2013). Aanpassen met beleid. Bouwstenen voor een integrale visie op klimaatadaptatie. PBL, Den Haag.
- [3] Ministerie van Infrastructuur en Milieu/DGRW (2013). Brief d.d. 15 juli 2013 met kenmerk IENM/BSK-2013/152015 en onderwerp "Verzoek werkzaamheden klimaatadaptatie", Den Haag.
- [4] PBL/KvK/KNMI (2013). Plan van Aanpak "Onderzoek t.b.v. ontwikkeling adaptiestrategie NL", PBL/KvK/KNMI, versie 15 oktober 2013.
- [5] KvK (2013). Projectvoorstel "Onderzoek t.b.v. ontwikkeling adaptiestrategie NL – Bijdrage Kennis voor Klimaat", d.d. 18 november 2013, Kennis voor Klimaat.
- [6] Ospina, A.V., Faulkner, D., Dickerson, K., Bueti, Ch. (2014), Resilient pathways: the adaptation of the ICT sector to climate change, ITU, Genève, Zwitserland. Online: http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/Documents/Publications/Resilient_Pathways-E.PDF.
- [7] Andere online informatie van de ITU: www.itu.int/itu-t/climatechange.
- [8] Horrocks, L, Beckford, J, Hodgson, N, Downing, C, Davey, R and O'Sullivan, A. (2010). Adapting the ICT Sector to the Impacts of Climate Change – Final Report, Defra contract number RMP5604. AEA group, published by Defra. Online: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/183486/infrastructure-aea-full.pdf.
- [9] European Council (2008). COUNCIL DIRECTIVE 2008/114/EC of 8 December 2008 on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection, Brussels, 2008.
- [10] Internet-exchanges: <https://ams-ix.net/about/about-ams-ix>, http://nl.wikipedia.org/wiki/Amsterdam_Internet_Exchange, <http://www.datacentrum-datacenter.nl/internet-exchange-points.html>.
- [11] KNMI (2014). KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland. Online: http://www.knmi.nl/cms/mmbase/attachments/119676/KNMI'14-klimaatscenario's_folder__webversie.pdf.
- [12] Van Dorland, R. (2014). Fact sheet: Relatie Deltascenario's en KNMI klimaatscenario's, De Bilt.
- [13] <http://www.ictgaatvoorgroen.nl/>.
- [14] Sijpheer, N.C., (2008) Energiebesparing in datahotels; Meer met minder. Rapport ECN-E--08-019, ECN, Petten. <https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ECN-E--08-019>.
- [15] Agentschap Telecom (2013), Staat van de Ether 2013, Groningen. Online: https://www.agentschaptelecom.nl/sites/default/files/staat_van_de_ether_2013.pdf.

- [16] Sala, S. (2009). Information and Communication Technologies for climate change adaptation, with a focus on the agricultural sector, Università degli Studi di Milano, Milan, Italy. Online: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/295345/Sala ICT-climate change Agriculture.pdf>.
- [17] Luijff, H.A.M., Burger, H.H., Klaver, M.H.A. (2003). Bescherming Vitale Infrastructuur: Quick-scan naar vitale producten en diensten. Rapporten FEL-03-C001/C0002, TNO, Den Haag.
- [18] Van Eeten, M., Nieuwenhuijs, A., Luijff, E., Klaver, M., Cruz, E. (2011). *The State and the Threat of Cascading Failure across Critical Infrastructures: The Implications of Empirical Evidence from Media Incident Reports*, Public Administration, Vol. 89, No. 2, 2011, (381-400).
- [19] Nieuwenhuijs, A.H., Luijff, H.A.M., Klaver M.H.A., "Modeling Critical Infrastructure Dependencies", in: IFIP International Federation for Information Processing, Volume 290, Critical Infrastructure Protection II, eds. P. Mauricio and S. Sheno, (Boston: Springer), October 2008, pp. 205-214, ISBN 978-0-387-88522-3.
- [20] Bakker, T., Bouman, A., van der Giessen, A., Holtzer, A., Huijboom, N., Ooms, M., van Schoonhoven, B. (2013). Marktrapportage Elektronische Communicatie 2013. TNO, Delft. Online: <http://publications.tno.nl/publication/101027/FF4LpN/TNO-2013-R11111.pdf>.
- [21] Van Voorst tot Voorst, M-P., Hoogerwerf, R. (2013). Het vervoer van morgen begint vandaag. Rapport STT 78, Stichting Toekomstbeeld der Techniek, Den Haag.
- [22] Agentschap Telecom (2013). Toezicht op zorg- en meldplicht continuïteit, Groningen.
- [23] RLI (2014). Gedragsanalysekader voor de ontwikkeling van effectiever milieubeleid, Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur, Den Haag.
- [24] WGEV (2014). Tussen naïviteit en paranoia. Nationale veiligheidsbelangen bij buitenlandse overnames en investeringen in vitale sectoren. Rapportage werkgroep economische veiligheid, NCTV, Den Haag. Online: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-345380.pdf>.
- [25] MinV&J (2010). Bent u voorbereid op uitval van elektriciteit of ICT? (campagne met DVD, boekjes en hulpmiddel voor zelfanalyse en vervolgactie), Den Haag.
- [26] NICC/NAVI (2010). Rapportage weerbaarheid van telecommunicatie sector tegen ernstige uitval van elektriciteit, Den Haag. Online: <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/wob-verzoeken/2010/04/25/bijlage-5-bij-wob-verzoek-aan-ez-over-het-capaciteitsadvies-elektriciteit-en-telecom-ict-caet/22-eindrapportage-caet-telecom-v1-2-25-april-2010.pdf>.
- [27] NICC (2010). Rapportage weerbaarheid van kernen en beheren oppervlaktewater tegen ernstige uitval van elektriciteit en telecommunicatie, Den Haag. Online: <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/wob-verzoeken/2010/04/25/bijlage-4-bij-wob-verzoek-over-het-capaciteitsadvies-elektriciteit-en-telecom-ict-caet/document-4-weerbaarheid-sector-kernen-en-beheren.pdf>.

A Deelnemers bijeenkomsten

Deelnemers expertsessie (1 april 2014)

Zofia Lukszo (TU Delft TBM)
Hans Eerens (PBL)
Marijke Vonk (PBL)
Heleen Mees (UU)
Rob van Dorland (KNMI)
Marieke Klaver (TNO)
Eric Luijff (TNO)

Deelnemers stakeholderbijeenkomst (27 mei 2014)

Herman Kasper Gilissen (Universiteit Utrecht)
Rob van Dorland (KNMI)
Charles Angenendt (Min IenM)
Hans Eerens (PBL)
Marijke Vonk (PBL)
Jan Egbertsen (Port of Amsterdam)
Stefan Jak (ProRail)
Henk van der linden (PWN)
Paul Fortuin (RWS)
Hens Runhaar (Universiteit Utrecht)
Caroline Uijtenbroek (Universiteit Utrecht)
Leendert van Bree (PBL)
Anthony Meyer zu Schlotern (Innovation Booster) (HTM)
Erik van Garderen (KPN)
Leen Pronk (Gasunie)
Mattijs Hehenkamp (Movares)
Annemarie Zielstra (TNO)
Marieke Klaver (TNO)
Sander van Oort (TNO)
Ferdinand Timmermans (Movares)
Kees van Deelen (KennisvoorKlimaat)
Sonja Dopp (KennisvoorKlimaat)

Overige bijdragen

Simon van Merkom (Min EZ)
Leden NCO-T (via de heer Van Garderen)