

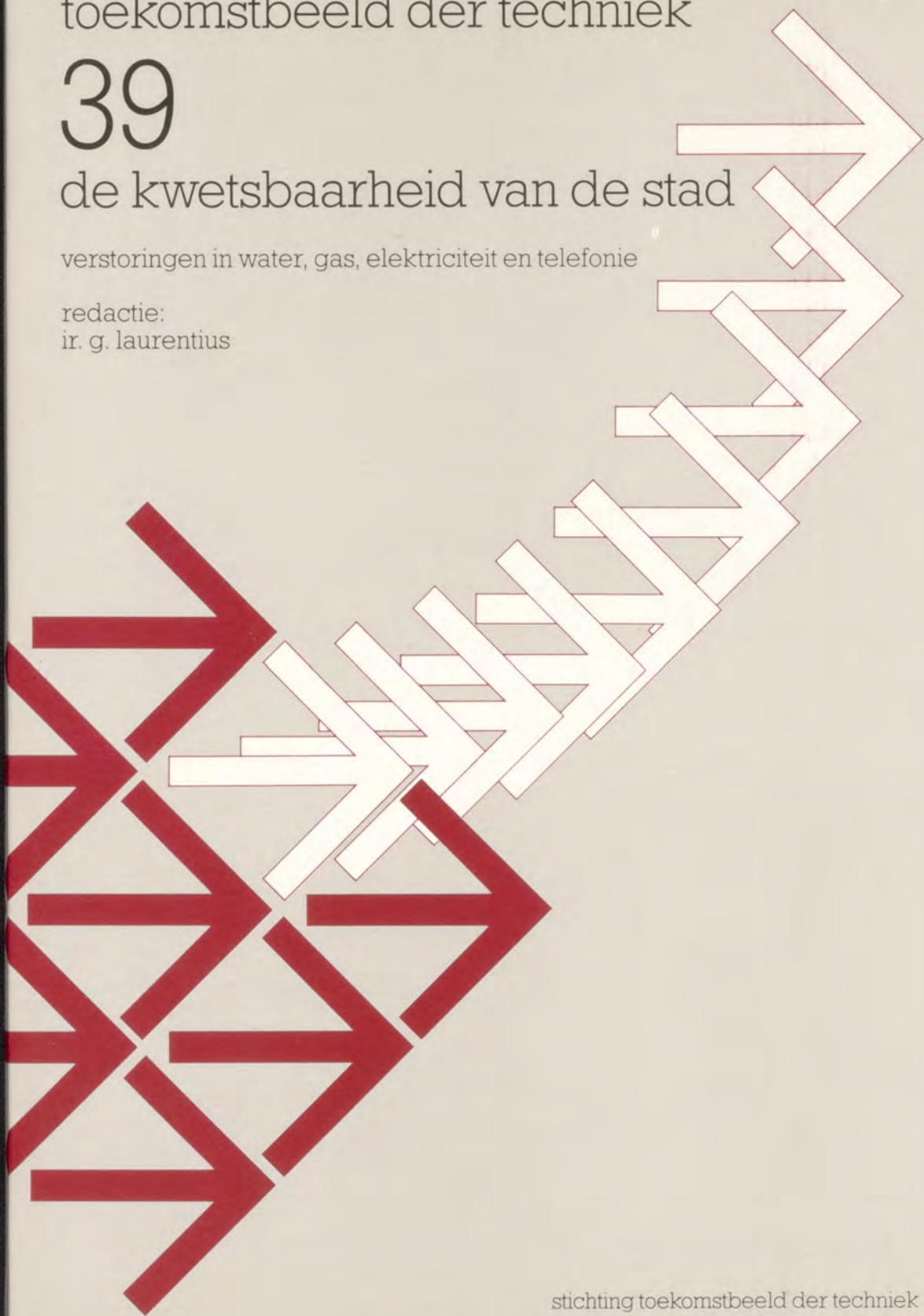
toekomstbeeld der techniek

39

de kwetsbaarheid van de stad

verstoringen in water, gas, elektriciteit en telefonie

redactie:
ir. g. laurentius



De kwetsbaarheid van de stad
Verstoringen in water, gas, elektriciteit en telefonie

Redactie

J. G. Laurentius

Stichting Toekomstbeeld der Techniek
1997/1998

Toekomstbeeld der Techniek 39

Stichting Toekomstbeeld der Techniek

De kwetsbaarheid van de stad Verstoringen in water, gas, elektriciteit en telefonie

Redactie:

ir. G. Laurentius

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek - in 1968 opgericht door het Koninklijk Instituut van Ingenieurs - heeft als doel:

- het van de ingenieurswetenschappen uit bestuderen van mogelijke toekomstige technische ontwikkelingen, in samenhang met andere maatschappelijke ontwikkelingen;
- het op ruime schaal bekend maken van de resultaten van die studies om daarmee bij te dragen tot het verkrijgen van een meer integraal beeld van de toekomstige Nederlandse samenleving.

De Stichting richt zich daarbij tot het bedrijfsleven, de overheden, het onderwijs en - uiteraard - de geïnteresseerde staatsburger.

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek is gevestigd in het gebouw van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Prinsessegracht 23, Postbus 30424, 2500 GK 's-Gravenhage; telefoon (070) 64 68 00.

Uitgegeven door de
Delftse Universitaire Pers
Mijnbouwplein 11
2628 RT Delft
telefoon (015) 78 32 54

Copyright © 1984 by Stichting Toekomstbeeld der Techniek

No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from Stichting Toekomstbeeld der Techniek.

ISBN 90 6275 145 8

Inhoud

Voorwoord	VII
1. Inleiding	1
1.1 Probleemstelling en hoofdlijnen van de analyse	1
1.2 Doel van de studie	4
1.3 Opzet van de studie	4
1.4 Opbouw van de publikatie	5
2. Een nadere omschrijving van enige gehanteerde begrippen	8
2.1 Een nadere omschrijving van de kwetsbaarheid van de stad	8
2.2 Een nadere omschrijving van het begrip ramp	10
2.3 Factoren die tijdsduur en omvang van een verstoring bepalen	11
3. Algemene inzichten betreffende verstoringsoorzaken	12
3.1 Inleiding	12
3.2 Psychologische aspecten van natuur- en technische rampen	14
3.3 Technische storingen	21
3.4 Menselijke fouten	26
3.5 Besluitvorming in crisissituaties	28
3.6 De economie als storingsoorzaak	30
3.7 De sociale omgeving als storingsbron	32
4. Watervoorziening	36
4.1 Het technisch systeem	36
4.2 Het economisch systeem	38
4.3 Beheer en onderhoud	39
4.4 Gewenst voorzieningsniveau en criteria	39
4.5 Kwetsbaarheden en afhankelijkheden	40
4.6 Ervaringen van de waterleidingbedrijven met vroegere storingen	42
4.7 Toekomstige ontwikkelingen	43
4.8 De gevolgen van enkele recente verstoringen	43
5. Elektriciteitsvoorziening	48
5.1 Het technisch systeem	48
5.2 Het economisch systeem	55
5.3 Beheer en onderhoud	56
5.4 Gewenst voorzieningsniveau en criteria	57
5.5 Kwetsbaarheden en afhankelijkheden	57
5.6 Ervaringen van de elektriciteitsbedrijven met vroegere storingen	60
5.7 Toekomstige ontwikkelingen	61
5.8 De gevolgen van enkele recente verstoringen	61
6. Gasvoorziening	66
6.1 Het technisch systeem	66
6.2 Het economisch systeem	69
6.3 Beheer en onderhoud	70
6.4 Gewenst voorzieningsniveau en criteria	70
6.5 Kwetsbaarheden en afhankelijkheden	71

6.6	Ervaringen van de gasbedrijven met vroegere storingen	72
6.7	Toekomstige ontwikkelingen	72
6.8	De gevolgen van enkele recente verstoringen	73
7.	Telefonie	74
7.1	Het technisch systeem	74
7.2	Het economisch systeem	77
7.3	Beheer en onderhoud	78
7.4	Gewenst voorzieningsniveau en criteria	78
7.5	Kwetsbaarheden en afhankelijkheden	79
7.6	Ervaringen van PTT met vroegere telefoonstoringen	80
7.7	Toekomstige ontwikkelingen	80
7.8	De gevolgen van enkele recente verstoringen	81
8.	De onderlinge beïnvloeding van infrastructuren	82
8.1	De normale bedrijfssituatie	82
8.2	De samenhang van infrastructuren bij een storing	83
8.3	Andere verbanden	84
9.	Verstoringen die meer dan één infrastructuur tegelijk treffen	86
9.1	Natuurrampen	86
9.2	Verwaarlozing van infrastructuren	95
9.3	Infrastructuren in oorlogssituaties	97
10.	Preventie	99
10.1	Algemeen	99
10.2	De beheersbaarheid van het systeem voor kortstondige verstoringen	102
10.3	De beheersing van langdurige uitval van de kwantiteit van een voorziening	104
11.	Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	107
11.1	Inleiding	107
11.2	Kwetsbaarheid	107
11.3	Verstoringen in technische systemen	107
11.4	Beheer	109
11.5	Motivatie	110
11.6	De relatie van de infrastructuren tot de rijksoverheid	111
11.7	De watervoorziening	112
11.8	De elektriciteitsvoorziening	112
11.9	De gasvoorziening	113
11.10	De telefonie	114
11.11	De onderlinge verbanden tussen infrastructuren	114
11.12	De gevolgen voor de stad	114
	Geraadpleegde literatuur	116

Voorwoord

Het leven in de stad is sterk afhankelijk geworden van het functioneren van gecentraliseerde technische voorzieningen en diensten. Deze sterke afhankelijkheid maakt de stadsbewoner kwetsbaar voor verstoringen in deze voorzieningen. Hoewel deze kwetsbaarheid wel wordt onderkend, bestaat er geen samenhangend beeld over mogelijke oorzaken en gevolgen.

Vooraf het verschil tussen de diverse voorzieningssystemen in kwetsbaarheid en in mogelijkheden van snel herstel is nooit systematisch onderzocht.

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek zag hierin aanleiding een studie te verrichten, waarmee meer inzicht kan worden verkregen in verstoringen in een aantal essentiële stedelijke infrastructuren, hun oorzaken en gevolgen en hun invloed op het functioneren van de stad. De beschouwingen werden doelbewust beperkt tot water, gas, elektriciteit en telefo-
nie.

De studie brengt aan het licht dat de Nederlandse stedelijke infrastructuur een grote betrouwbaarheid bezitten en dat de voorzieningen bij verstoring in het algemeen betrekkelijk snel kunnen worden hersteld.

Verstoringen met ernstige gevolgen zijn zeer zeldzaam. Er dient voor te worden gezorgd dat deze zeldzame verstoringen goed worden beheerst. Het hoge betrouwbaarheidsniveau is bovendien geen vast gegeven. De studie wijst op een aantal ontwikkelingen die de continuïteit negatief kunnen beïnvloeden als we daarop niet alert reageren.

Met de verworven inzichten zijn aanbevelingen gesuggereerd ter voorkoming van verstoringen en ter vermindering van de ernst van de gevolgen. Deze aanbevelingen hebben betrekking op technische en bestuurlijke aspecten.

De Stichting verwacht met deze publikatie een bijdrage te kunnen leveren aan de juiste beeldvorming van stedelijke voorzieningen, waaraan door velen - ten onrechte - als vanzelfsprekend wordt voorbijgegaan.

De Stichting is zeer veel dank verschuldigd aan allen die belangeloos hun tijd en energie hebben besteed aan de totstandkoming van dit rapport.

dr.ir. A.E. Pannenburg
voorzitter

1. Inleiding

1.1 Probleemstelling en hoofdlijnen van de analyse

13 juli 1977 was een warme dag geweest in New York. In de wolkenkrabbers en in de huizen werkte de airconditioning op volle toeren om de vochtige warmte buiten te houden. Zoals gebruikelijk bij een hoog verbruik moest New York een groot gedeelte van de elektriciteit via hoogspanningsleidingen uit Canada aanvoeren. Toen dan ook ten gevolge van een zware onweersbui die tegen de avond kwam opzetten deze hoogspanningsverbindingen een voor een buiten bedrijf raakten, ontstonden er ernstige problemen.

Om 21.34 uur begon het licht zwakker te branden om enige minuten later geheel uit te gaan.

De uitval, die vijftientig uur zou duren en negen miljoen mensen trof, zou de activiteiten in de stad en van zijn bewoners ernstig verstoren.

Naarmate het duidelijk werd dat de uitval langer zou gaan duren en de stad in donker gehuld bleef, braken in bepaalde wijken rellen uit en sloegen grote groepen mensen aan het plunderen en brandstichten.

In totaal werden 1.037 branden gerapporteerd en 1.809 gevallen van plundering en vandalisme. Dit noodzaakte de politie haar bezetting in zeer korte tijd van 4.700 op 17.000 man te brengen.

Door de ontregeling van het autoverkeer hadden politie en brandweer moeite de plaatsen des onheils te bereiken.

Operators op de bewakingscentrale van de ondergrondse bemerkten gelukkig de slingeringen van de elektrische spanning tijdig op en gaven de bestuurders opdracht naar het dichtstbijzijnde station te rijden en daar te blijven.

Tijdens de uitval werden ongeveer tachtig miljoen telefoongesprekken gevoerd die het telefoonsysteem overbelastten en communicatie moeilijk maakten.

Mensen die thuis afhankelijk waren van beademingsapparatuur of een ijzeren long moesten ijlings worden voorzien van een noodstroomaggregaat.

De volgende dag bleef de beurs van New York gesloten, evenals de banken. Dit had gevolgen voor de handelsactiviteiten in de gehele Verenigde Staten en de rest van de wereld. De totale schade in de financiële sector werd geschat op achtentwintig miljoen dollar.

Het voorgaande voorbeeld dient ter illustratie van het feit dat in de afgelopen honderdvijftig jaar vele voorzieningen in onze maatschappij nieuw zijn ontstaan, dan wel van een kleinschalige opzet in privé handen zijn overgegaan in grote publieke systemen. Dergelijke grote complexe systemen kunnen door hun aard kwetsbaarder zijn dan kleine en eenvoudiger systemen. De burger is door het ontbreken van kleinschalige alternatieven sterk afhankelijk geworden van deze grote systemen. Onze leefgewoonten zijn aangepast aan hun bestaan. Zowel het vermogen als de mogelijkheden van onze bevolking zich aan te passen aan een uitval van deze systemen zijn sterk verminderd.

Tegenover deze toegenomen afhankelijkheid staan de sterk gegroeide mogelijkheden het leefmilieu te beheersen. In geval van een onderbreking van een der systemen zijn onze middelen voor herstel ook in sterke mate vergroot. Moderne transport- en communicatiemiddelen maken een snelle en omvangrijke verzending van goederen naar een bedreigd of getroffen oord mogelijk.

Gezien de grote gevolgen van het uitvallen van een of meer van onze moderne infrastructuur lijkt een systematische beschouwing van de daarmee samenhangende problematiek gewenst.

De stad wordt geacht kwetsbaar te zijn omdat een zodanige concentratie van mensen alleen dank zij het gebruik van infrastructuur een menswaardig bestaan kan leiden. Weliswaar is ook het platteland na de tweede wereldoorlog in toenemende mate afhankelijk geworden van de stedelijke infrastructuur, maar de geringe bevolkingsconcentratie maakt terugkeer naar een primitiever voorzieningssysteem niet a priori onmogelijk.

Ter beheersing van belangrijke storingen in het voorzieningenniveau kan het bestuur zich bedienen van een drietal hoofdmechanismen:

- waarnemen;
- kennis;
- hulp van buiten.

Onder waarnemen verstaan we die methoden waarbij men door het vroegtijdig krijgen van informatie (bijv. over een tornado door middel van weersatellieten) de bevolking kan inlichten zonder de gebeurtenis zelf te wijzigen.

Kennis kan bijdragen tot het vermijden en het verhelpen van rampen.

Hulp van buiten ten slotte is zo'n essentieel element dat hier, zij het kort, nader op wordt ingegaan.

Wordt een stad met zijn naaste omgeving getroffen door bijvoorbeeld een natuurramp, dan treedt een rampenbestrijdingsapparaat in werking dat in de vorm van mankracht en goederen hulp zal verlenen.

Zelfs als de stedelijke infrastructuur onwerkzaam zijn geworden, kan deze rampenbestrijdingsorganisatie voor bepaalde essentiële zaken zoals water en voedsel een minimumvoorziening op gang houden. De verre omgeving fungeert als externe voorraad.

Ook voor de infrastructuur zelf is van deze methodiek gebruik gemaakt. Zo speelt het landelijke koppelnet, dat alle elektriciteitscentrales onderling verbindt, een belangrijke rol om het uitvallen van een elektriciteitscentrale op te vangen.

Er zijn echter verstoringen waarbij het mechanisme van hulp van buiten niet of gebrekkig functioneert. Zo losten de vervuilde steden hun drinkwaterprobleem op door bronnen aan te boren op grote afstand. Inmiddels zijn echter ook deze gebieden onderhevig aan sterke milieuverontreiniging.

De oliecrisis had vooral grote gevolgen omdat het tijdelijk wegvallen van de aanvoer van olie uit het Midden-Oosten niet kon worden opgevangen door aanvoer van elders, zoals bijvoorbeeld bij de Suezcrisis in 1956 wel het geval was.

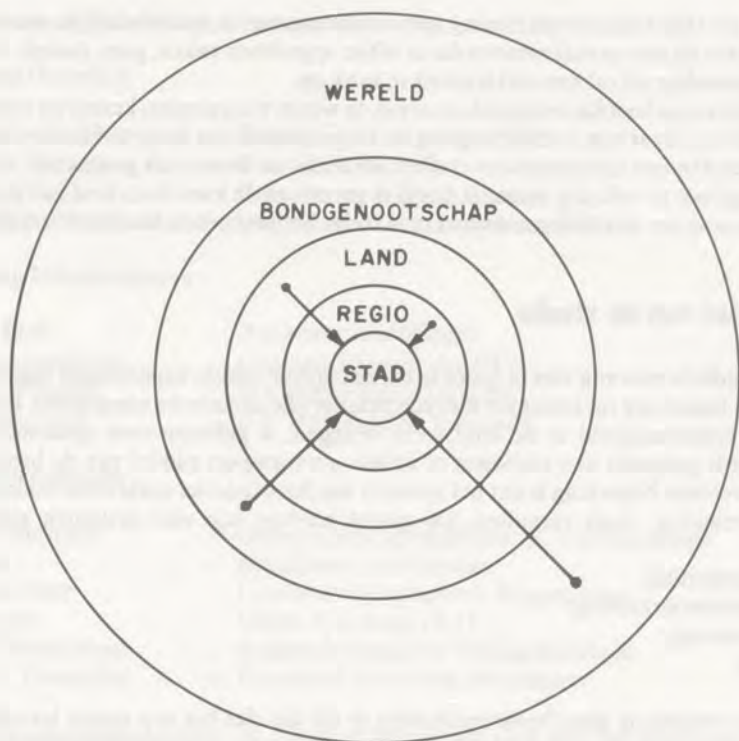
Ook bij een landelijke staking van het personeel van een infrastructuur kan geen hulp van buiten worden verkregen.

In het algemeen zijn tekorten aan water en energie waarbij hulp van buiten faalt, ernstiger dan verstoringen waar dit mechanisme wel normaal functioneert.

De rijksoverheid is in Nederland het belangrijkste sturende orgaan. Zij schept met de onder haar ressorterende instanties en door middel van wetten een kader waarmee verstoringen zo snel mogelijk worden opgevangen.

Verstoringen van landelijke omvang of waarvan de oorzaak zich aan beheersing door de rijksoverheid onttrekt, zijn dus ernstiger dan lokale verstoringen.

In sommige van deze gevallen kan een organisatie van grotere omvang hulp van buiten bieden (bijvoorbeeld de Europese Gemeenschap of het Internationaal Energie Agentschap). Soms kunnen ook andere gebieden hulp verlenen. De vanzelfsprekendheid van deze hulp is echter minder dan bij verstoringen die door de rijksoverheid kunnen worden beheerst.



→ = HULP VAN BUITEN

Figuur 1.1 De bestuurseenheden die hulp kunnen verlenen aan de stad.

Aangezien verstoringen van een grote omvang en met een ernstig karakter zeldzaam zijn, wordt de bewoner van de stad bij hoge uitzondering met een verstoring geconfronteerd. Hij is hierop niet voorbereid. Door de grote omvang van zo'n storing zijn alternatieven bovendien schaars. De wijde omgeving verkeert in dezelfde situatie.

Het is verder van belang of een storingsoorzaak slechts een, dan wel verschillende infra-structuren zal treffen. Dit bepaalt namelijk het aantal alternatieven dat overblijft. Is bijvoorbeeld het water verontreinigd door bacteriën, dan kan koken uitkomst brengen. Is echter de gasvoorziening eveneens gestoord, dan vervalt deze mogelijkheid.

Het niet beschikbaar zijn van een voorziening kan het gevolg zijn van een verstoring van de kwaliteit (bijvoorbeeld verontreiniging van het drinkwater) of van de kwantiteit (er komt geen water uit de kraan). De eerstgenoemde verstoring kan, zoals bij water, levensbedreigend zijn en zal derhalve tot crisisgedrag aanleiding geven. Dat wil zeggen dat mensen die menen dat ze verontreinigd water hebben gedronken of die niet zeker weten of het water verontreinigd is, in grote getale (telefonisch) informatie zullen trachten in te winnen. De verantwoordelijke autoriteiten komen onder grote beslissingsdruk en neigen tot overhaaste maatregelen.

Totale uitval van een infrastructuur is op korte termijn doorgaans niet bedreigend, zolang die niet het gevolg is van een andere wel bedreigende gebeurtenis zoals een natuurramp.

Uitval van de elektriciteitsvoorziening gedurende een uur is wel hinderlijk, maar veroorzaakt, behalve bij een aantal mensen die in liften opgesloten raken, geen paniek. Daarvoor treedt kortstondige uitval van elektriciteit te vaak op.

Hiermee zijn enige hoofdlijnen van de analyse, te weten waarnemen, kennis en bestuurlijke schaalgrootte en daarmee samenhangend de mogelijkheid van hulp van buiten, verstoringen die meer dan een infrastructuur treffen, kwaliteit en kwantiteit geschetst.

Er is gepoogd een zo volledig mogelijk beeld te geven van de kwetsbaarheid van de stad. De omvang en aard van het onderzoeksveld maakt dat het geschetste beeld zeker niet volledig is.

1.2 Doel van de studie

Om deze studie in omvang niet te groot te maken zijn er enkele beperkingen ingevoerd. De eerste is een beperking tot systemen met een belangrijke technische component. Om bovendien enige eenvormigheid in de analyse te brengen, is gekozen voor systemen waarbij gebruik wordt gemaakt van leidingen of kabels als transportmiddel van de bron naar de klant. Een verdere beperking is dat het systeem een basisfunctie, zoals watervoorziening of energievoorziening, moet vervullen. Op grond hiervan zijn vier systemen gekozen, te weten:

- watervoorziening;
- elektriciteitsvoorziening;
- gasvoorziening;
- telefonie.

Het laatste systeem is geen basisvoorziening in die zin dat het een eerste levensbehoefte vormt, maar het biedt de mogelijkheid tot snelle informatie-uitwisseling voor het beheersen en verhelpen van een verstoring. Voor het normaal functioneren van de stad is de telefonie bovendien onontbeerlijk.

1.3 Opzet van de studie

Voor het opzetten en uitwerken van het kader van deze studie is een stuurgroep samengesteld. Deze stuurgroep, samengesteld uit personen uit verschillende disciplines, heeft de projectleider bijgestaan bij de opbouw van de studie en het bemannen van de projectgroepen.

De stuurgroep is als volgt samengesteld:

prof.dr.s. E.L. Berg	- Vereniging van Nederlandse Gemeenten
ir. A. Boesveld	- Centrale Directie PTT
ir. H. Bosch	- Haags Duinwaterleidingbedrijf
prof.dr. J.E. Ellemers	- Rijksuniversiteit Groningen
ir. H. Engel	- Deltadienst, Rijkswaterstaat
prof.ir. J. de Haas	- Electriciteitsbedrijf Zuidholland
prof.ir. H. Wiggerts	- Technische Hogeschool Delft

Er zijn drie werkgroepen gevormd. De werkgroep 'Infrastructuren' had tot taak een beschrijving te vervaardigen van de beschouwde infrastructuren. De werkgroep 'Oorzaken', bestaande uit deskundigen op het gebied van risico-analyse, risk-management, man-made disasters en stedelijke economie, heeft de beschreven infrastructuren systematisch geanalyseerd. De werkgroep 'Gevolgen' heeft aan de hand van vijf voorbeelden de gevolgen voor de stad geanalyseerd.

De werkgroepen zijn als volgt samengesteld:

Werkgroep Oorzaken

prof.dr. J.G. Lambooy	- Economisch Geografisch Instituut
ing. G. van der Ley	- Consultass BV
ir. J.K. Vrijling	- Deltadienst, Rijkswaterstaat
prof.dr. W.A. Wagenaar	- Instituut voor Zintuigfysiologie TNO

Werkgroep Infrastructuren

ir. P.J.J. Blok	- Arnhemse Instellingen
ir. H. Kraaijenbrink	- Centrale Directie der PTT
ir. L.J.M. Plouvier	- NV Nederlandse Gasunie
ir. L.J. Zwierstra	- NV Waterleiding Friesland

Werkgroep Gevolgen

ir. R. Bruynesteyn	- Gemeentelijk Energiebedrijf, 's-Gravenhage
J. Haster	- Brandweer, Amsterdam
drs. R.J. Kleber	- Landbouw Hogeschool, Wageningen
F.J. Laméris	- Politie Voorburg (Z.H.)
dr. G.C. Molenkamp	- Regionale Inspectie Volksgezondheid
prof.dr. U. Rosenthal	- Erasmus Universiteit Rotterdam

Enige werkgroepleden hebben een inleiding geschreven over voor het onderwerp relevante wetenschappelijke inzichten.

Psychologische aspecten van natuurrampen	- R.J. Kleber
Risico-analyse	- J.H. Vrijling
Menselijke fouten	- W.A. Wagenaar
Het besluitvormingsproces in crisissituaties	- U. Rosenthal

Aan de inhoud van 4.8.1 en 4.8.2 werd medewerking verleend door dr.ir. A.P. Meijers, Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland respectievelijk ing. J.J. de Jong, Gemeentelijke Drinkwaterleiding Rotterdam.

De bijdrage van de Arnhemse Instellingen kwam mede tot stand met hulp van ir. G.H. Bontius en ir. N.S. van Nielen.

Het project stond onder leiding van ir. G. Laurentius, project-ingenieur bij de Stichting Toekomstbeeld der Techniek.

Agaath van der Kamp-Thomasson verleende medewerking bij de organisatie van de studie het verwerken van de tekst.

De Stichting is zeer veel dank verschuldigd aan allen die belangeloos een aanzienlijke hoeveelheid tijd en energie aan dit project hebben gewijd.

1.4 Opbouw van de publikatie

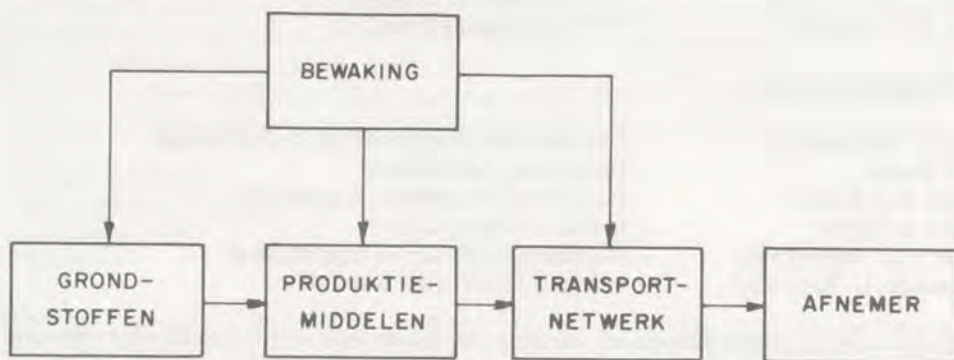
In hoofdstuk 2 zullen we het begrip kwetsbaarheid van de stad en in samenhang daarmee het begrip ramp trachten te definiëren. Dit is nodig om deze vrij vage begrippen zodanig

richting te geven dat ze werkbaar worden zonder al te veel af te doen aan de subjectieve elementen die deze begrippen bevatten.

In hoofdstuk 3 komt een aantal algemene inzichten van diverse disciplines aan de orde betreffende een aantal oorzaken die verstoringen in infrastructuur kunnen veroorzaken. Achtereenvolgens worden behandeld: natuurrampen, technische storingen, menselijke fouten en crisisbesluitvorming, de economie als storingsbron en de sociale omgeving als storingsbron.

In de hoofdstukken 4 tot en met 7 worden de vier te beschouwen infrastructuur beschreven en geanalyseerd. Het technische systeem is opgedeeld in vier subsystemen, t.w.:

- grondstoffen
- produktiemiddelen
- transportnetwerk
- bewaking, bediening en bedrijfsvoering.



Figuur 1.2 Blokschema van een infrastructuur.

Alleen voor de telefonie is een afwijkend patroon gevolgd.

Vervolgens is het effect van uitval van een van deze subsystemen op het totale systeem nagegaan. Bij de beoordeling of het aannemelijk is dat het gehele subsysteem of slechts een deel daarvan uitvalt, zijn onder andere de geografische spreiding en het boven- en ondergronds uitgevoerd zijn van het subsysteem als criterium gehanteerd. Voor zover van belang is bovendien onderscheid gemaakt tussen kwaliteit en kwantiteit. In de evaluatie van het systeem is enerzijds gekeken naar de beheersbaarheid van het systeem in termen van de benodigde beslissingssnelheid en anderzijds naar die systemendelen, die bij uitval een aanzienlijk aantal mensen treft, terwijl de hersteltijd langdurig kan zijn.

Hoewel de aanvoer van grondstoffen wel kort wordt gememoreerd omdat die een wezenlijk onderdeel vormt van de kwetsbaarheid van stedelijke voorzieningen (en zoals bij de elektriciteitsvoorziening van invloed is op het soort produktiemiddel, bijvoorbeeld een oliegestookte centrale of een windmolen), beperkt de analyse zich in hoofdzaak tot het systeem zelf. In deze hoofdstukken zijn ook enkele praktische voorbeelden van verstoringen van infrastructuur opgenomen. Deze voorbeelden zijn slechts bedoeld de lezer enig gevoel voor de gevolgen van uitval van de diverse infrastructuur te geven. Deze voorbeelden zijn niet bedoeld als een complete weergave van verstoringen in een bepaalde periode.

In hoofdstuk 8 worden de onderlinge verbanden tussen de beschouwde infrastructuur beschreven. Dit heeft ten doel de gevolgen van uitval van een infrastructuur voor de andere infrastructuur aan te geven. Daarnaast wordt gekeken naar de gevolgen van uitval van een der infrastructuur voor een aantal stedelijke processen, zoals wonen en de voedselvoorziening.

In hoofdstuk 9 worden storingsorzaken die uitval van meer dan een infrastructuur zullen veroorzaken nader geanalyseerd. Beschouwd worden natuurrampen, verwaarlozing en oorlog.

In hoofdstuk 10 wordt een preventiefilosofie gepresenteerd. Daarbij wordt vooral aandacht besteed aan omvangrijke uitval van de beschouwde systemen, zowel kortstondig als langdurig. Bij langdurige uitval is de vraag gesteld in hoeverre delen van het systeem onafhankelijk kunnen functioneren dan wel of er een ander systeem is dat een bepaalde basisvoorziening kan bieden.

Hoofdstuk 11 geeft een samenvatting van de studieresultaten, alsmede een aantal conclusies en aanbevelingen.

2. Een nadere omschrijving van enige gehanteerde begrippen

2.1 Een nadere omschrijving van de kwetsbaarheid van de stad

In het kader van deze studie zullen we de stad definiëren als een verzameling processen. Zulke processen dienen het in leven houden van de stadsbewoner en zijn mogelijkheid zich te verplaatsen en te werken. Meier definieert in zijn boek 'Planning for an urban World' de stad als een 'resource transformer', waarbij hij het begrip 'resource' zeer ruim opvat: ook informatie en kennis vallen eronder. De stedelijke infrastructuren maken deze processen mogelijk.

Zonder deze infrastructuren zijn de moderne kantoren, winkelcentra, hotels en torenflats onbewoonbaar.

De vormgeving van de stad, met zijn ruim opgezette woonwijken en zijn grote afstanden tussen wonen en werken, wordt bepaald door de ruime transport- en communicatiemogelijkheden. Bij uitval van de elektriciteitsvoorziening treedt een ernstige verstoring van deze transport- en communicatiemogelijkheden op.

Vrachtwagens kunnen wel voedsel aanvoeren, maar omdat de voedseldistributie is afgestemd op het gebruik van koelkasten en diepvriezers is de stad niet meer in staat het in voldoende mate op te slaan. Na langere tijd komen ook de vrachtwagens tot stilstand omdat de benzinepompen niet meer werken. Supermarkten moeten sluiten omdat bij uitval van de verlichting diefstal toeneemt en de kassa's niet meer werken. Banken kunnen het saldo van hun cliënten niet meer controleren omdat de beeldschermen uitvallen.

Onder kwetsbaarheid van de stad zullen we verstaan de kans dat een of meer van de essentiële processen in ernstige mate verstoord raken als gevolg van het uitvallen van een of meer infrastructuren. De mate van verstoring is in sterke mate afhankelijk van de situatie en van de perceptie van de bewoners van de getroffen stad.

Dit laat zich het beste toelichten aan de hand van twee voorbeelden.

De uitval van elektriciteit gedurende twaalf uur in zuid-west Den Haag in de zomer van 1983 was misschien wel hinderlijk, maar zal niet in de annalen worden vermeld als een rampzalige gebeurtenis. Zou echter in het Rijnmondgebied door een ernstige calamiteit een gifwolk ontstaan, dan is de uitval van de elektriciteit gedurende een uur voldoende om alle zorgvuldig opgestelde rampenplannen onwerkzaam te maken. De meeste radiotoestellen werken niet meer en het autoverkeer dat het gebied zou willen verlaten, wordt door het uitvallen van verkeerslichten een nog grotere chaos dan het anders al zou zijn geworden.

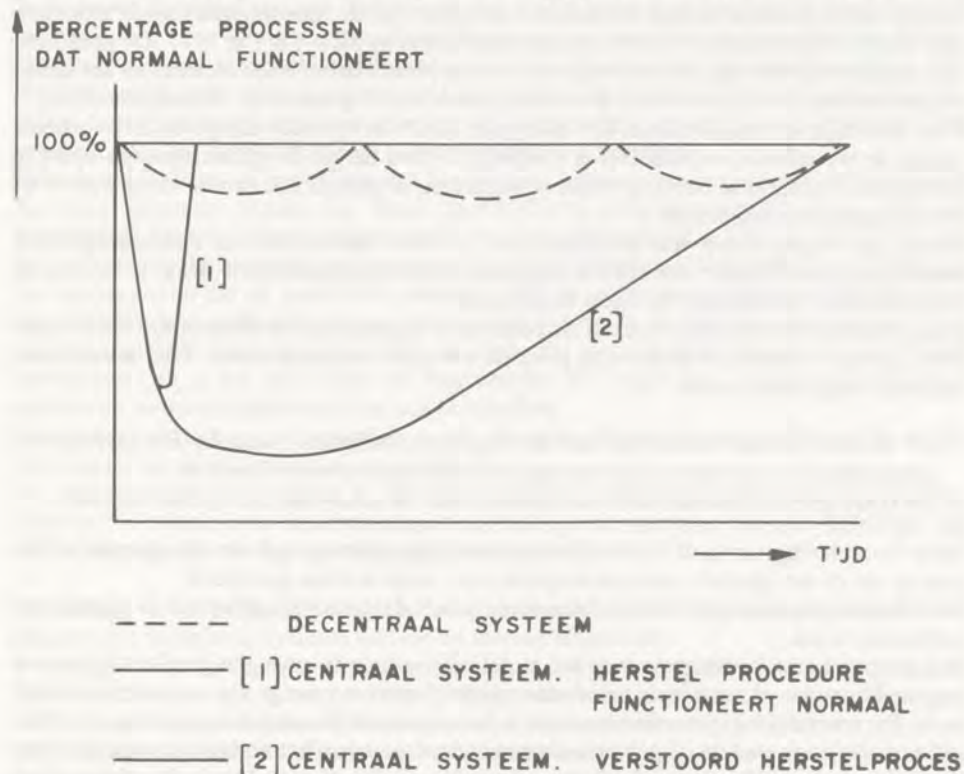
Dat de perceptie een belangrijke rol speelt, laat de elektriciteitsstoring in New York in 1965 zien. Deze was niet uniek door zijn omvang of tijdsduur. Er hebben in de Verenigde Staten veel langere en ook omvangrijker storingen plaatsgevonden. Dat deze storing zo'n bekendheid heeft gekregen, heeft naast het grote aantal getroffen personen (30 miljoen) een reeks van oorzaken. De eerste is het tijdstip van de verstoring: midden in het spitsuur. Zeer veel mensen kwamen niet of veel later thuis (800.000). Het hele ritme van de wereldstad was verstoord. Ten tweede kent New York een zeer actieve nieuwsgaring.

Ten derde vindt een stad als New York het gezien zijn status in het wereldgebeuren onaanvaardbaar dat hem iets dergelijks overkomt. Ten vierde is er een in de Amerikaanse volksaard verankerd wantrouwen tegen centrale systemen. Ten vijfde was er de onzekerheid over de oorzaak van de storing: een bewuste aanval of een technisch mankement. Achteraf was er een gevoel dat het toch wel erg gemakkelijk was een zo omvangrijk gebied totaal te ontregelen. Men had ook een gevoel van ontgoocheling omdat de autoriteiten herhaaldelijk hadden verzekerd dat een dergelijke gebeurtenis onmogelijk was.

De oliecrisis in 1973 had ook een dergelijk schokeffect tot gevolg. Er trad, zeker binnen de rijksoverheid, paniek op. En hoewel de gevolgen achteraf meevielen, heeft de oliecrisis diepgaande veranderingen in de samenleving teweeggebracht.

Dat infrastructures de kwetsbaarheid van de stad vergroten, heeft een aantal oorzaken:

- Er bestaat meestal geen vervangend systeem dat de essentiële processen van de stad op vergelijkbaar niveau gaande kan houden.
- De onderbreking is onverwacht: men moet naar vervangende middelen gaan zoeken terwijl de situatie al verstoord is.
- Het feit dat infrastructures per stad of zelfs voor het gehele land een gekoppeld systeem vormen, verhoogt de waarschijnlijkheid dat gelijktijdig in een groot gebied een verstoring optreedt. Maar als een dergelijke omvangrijke verstoring al optreedt, kan zij door een snel herstel worden opgeheven. Het vertrouwen dat een dergelijk snel herstel onder alle omstandigheden zal plaatsvinden, bepaalt in hoeverre men zich kwetsbaar voelt. Een decentraal systeem is voor de individuele afnemer meestal minder betrouwbaar dan een centrale voorziening. Een verstoring waarbij alle decentrale voorzieningssystemen in een stad tegelijkertijd uitvallen, bezit echter een zeer lage waarschijnlijkheid.
- De verregaande centralisatie van de systemen heeft bovendien tot gevolg dat zich in die systemen componenten bevinden met een zeer lange hersteltijd. Dat de effecten daarvan normaliter niet zichtbaar worden, komt omdat men op de vitale knooppunten een bepaalde reservecapaciteit heeft geïnstalleerd.
- Steeds meer processen in de stad zijn afhankelijk geworden van de infrastructures.



Figuur 2.1 Verstoringen van processen in de stad bij centrale en decentrale voorzieningssystemen.

Concluderend kan men stellen dat een stad in zijn infrastructuur steeds kwetsbaar is. Normaal gesproken heeft deze kwetsbaarheid echter geen ernstige gevolgen omdat de tijdsduur beperkt is.

Hapert het herstel, dan zijn de gevolgen ernstiger. Bovendien zullen gaandeweg meer processen verstoord raken omdat voorraden van beperkte omvang uitgeput raken. Het beeld dat uit het voorgaande naar voren komt, is in figuur 2.1 weergegeven.

De kwetsbaarheid van een systeem wordt bepaald door de gevoeligheid voor zeldzame doch grote risico's. Een systeem met een grote betrouwbaarheid kan desondanks kwetsbaar zijn.

Betrouwbaarheid geeft een indicatie in hoeverre een systeem bestand is tegen veel voorkomende storingsoorzaken van beperkte omvang. Uit een behoefte aan zo groot mogelijke betrouwbaarheid zal men de kans op een verstoring van grote omvang klein willen houden.

Het vermijden van kwetsbaarheid houdt in dat verstoringen van grote omvang niet plaatsvinden, bijvoorbeeld doordat het systeem in kleinere gedeelten afzonderlijk kan werken of doordat de stad nog een tweede voorzieningswijze tot zijn beschikking heeft.

2.2 Een nadere omschrijving van het begrip ramp

Analyse van het begrip kwetsbaarheid kan nodig zijn omdat omvangrijke economische schade optreedt. Dit soort beschouwingen is alleen mogelijk als enig inzicht bestaat in de hoogte van de gevolgschade en de kans van optreden. Dat de economische schade groot kan zijn, bewijst bijvoorbeeld de uitval van de elektriciteit in New York in 1977. De gezamenlijke schade van een dag niet functioneren van de New Yorkse effectenbeurs en het bankwezen bedroeg 28 miljoen dollar. De totale schade wordt geschat op 350 miljoen dollar.

Voor sommige storingsoorzaken kan men geen kans van optreden aangeven, bijvoorbeeld omdat de betreffende oorzaak niet is voorzien. Of men dergelijke gebeurtenissen wenst te vermijden of althans in omvang wenst te beperken, is afhankelijk van de mate waarin de verstoring tot een ramp leidt.

Omdat het begrip ramp vele definities kent, zal hier kort op diverse rampenbegrippen worden ingegaan. Verder zal worden nagegaan welke rampdefinitie in het kader van de kwetsbaarheid van de stad de meest bruikbare is.

Rampdefinities verraden meestal de persoon of organisatie die de definitie heeft opgesteld. Zo kent Nederland sinds enige jaren de wet op de rampenplannen. Hierin wordt een ramp als volgt omschreven:

1. *Er is een ernstige verstoring van de algemene veiligheid, waarbij het leven of de gezondheid van personen of grote materiële belangen gevaar lopen, en*
2. *Er is een gecoördineerde inzet van diensten van verschillende disciplines vereist.*

Deze formulering verradt duidelijk de bestuurlijke achtergrond van de opstellers. Het gaat er om of een speciale managementstructuur moet worden gecreëerd.

Het rampbegrip kan ook worden benaderd vanuit de getroffen groep: er is sprake van collectieve stress.

Ook probeert men het begrip ramp wel te definiëren door de gevolgen getalsmatig vast te leggen: bijvoorbeeld ten minste tien doden op een plaats ten gevolge van een enkele gebeurtenis. Dit soort definities veronachtzaamt in het algemeen de context waarin een en ander gebeurt. De mate waarin de gebeurtenis een onderdeel is van het normale ervaringskader, bepaalt in belangrijke mate of wij iets rampzalig vinden of niet. Het is de vraag of een wegongeluk met een dergelijk aantal doden algemeen als een ramp wordt ervaren, maar

een industrieel ongeluk of een treinongeluk met dezelfde gevolgen wordt wel als zodanig gezien.

Belangrijk is voorts of de gebeurtenis de eigen groep of organisatie treft. De elektriciteitsuitval in New York wordt in de elektriciteitswereld als een ramp gezien. Uit de bestuurlijke hoek ziet men het niet als een ramp.

In het algemeen associeert men het begrip ramp met een plotselinge gebeurtenis. Volgens deze definitie zou een langdurige droogteperiode géén natuurramp zijn, terwijl dat in het algemene spraakgebruik wel het geval is.

Turner tenslotte definieert in zijn boek 'Manmade disasters' bij het zoeken naar het mechanisme dat een ramp op gang brengt, een ramp als:

'een gebeurtenis, zich afspelend in een bepaald tijdsbestek en in een vastomlijnd ruimtelijk gebied, die een gemeenschap of een zichzelf voorzienend onderdeel daarvan bedreigt met ernstige ongewenste consequenties als gevolg van het falen van voorzorgsmaatregelen die tot op dat moment maatschappelijk als toereikend werden beschouwd.'

Deze laatste definitie lijkt het dichtst aan te sluiten bij het in 2.1 gedefinieerde begrip kwetsbaarheid.

2.3 Factoren die tijdsduur en omvang van een verstoring bepalen

Belangrijk voor de tijdsduur van een verstoring is in hoeverre en op welke wijze men heeft geanticipeerd op bepaalde typen verstoringen.

Soms wordt de uitval van een component met lange hersteltijd automatisch gevolg door omschakeling naar een reserve-eenheid. Wanneer wel een reservecomponent ter plaatse aanwezig is, maar de omschakeling moet met de hand gebeuren, dan duurt dat enige tijd. Het anticiperen in de vorm van ter plaatse opgestelde reservedelen kent echter zijn grenzen. Indien deze grenzen worden overschreden, zal de hersteltijd spronggewijs toenemen. Ook komt het voor dat de plaats van de verstoring niet is te bereiken.

Soms is het systeem zo ontworpen dat het op gang brengen van een infrastructuur vanuit een totaal gestoorde situatie (de 'black start') allerlei extra maatregelen vereist. Dit was bijvoorbeeld het geval bij de elektriciteitsstoringen in New York in 1965 en 1977. Het was bijvoorbeeld nodig mobiele generatorsets naar hoogspanningsschakelstations te brengen. De compressoren die de luchtdruk verzorgen van de vermogensschakelaars waren spanningsloos en door veelvuldig in- en uitschakelen waren de luchtdrukreservoirs leeg. Een oorzaak die we in Nederland niet kennen, maar die wel een oorzaak voor een vertraagd herstel kan zijn, is het ontbreken van reservedelen of – erger nog – het niet beschikbaar stellen van voldoende geld om deze aan te schaffen.

Hoe snel de oorzaak van de verstoring wordt gevonden, is in sterke mate afhankelijk van de ervaring en het niveau van de storingsploeg.

Een staking kan er toe leiden dat het personeel een verstoring niet wenst te herstellen. Tenslotte is ook de onderhoudstoestand van belang voor een snel herstel. Afsluiters die vastzitten, kunnen ernstige vertragingen veroorzaken.

De omvang van de verstoring wordt in het algemeen bepaald door het niveau in de hiërarchie van het technische systeem waarop de storing plaatsvindt.

Belangrijk is dat bij de elektriciteitsvoorziening in het systeem geen voorraad aanwezig is. Valt een generator uit, dan moet onmiddellijk een andere generator de weggevallen hoeveelheid vermogen overnemen of er moeten verbruikers worden afgeschakeld om het evenwicht tussen opgewekt en afgegeven vermogen te herstellen. Lukt het niet dit evenwicht voldoende snel te herstellen, dan kan ten gevolge van het cascade-effect een storing van grote omvang optreden.

De maximale omvang van een langdurige verstoring is afhankelijk van de omvang van het systeem en van de vraag of delen van het systeem afzonderlijk kunnen functioneren.

3. Algemene inzichten betreffende verstoringsoorzaken

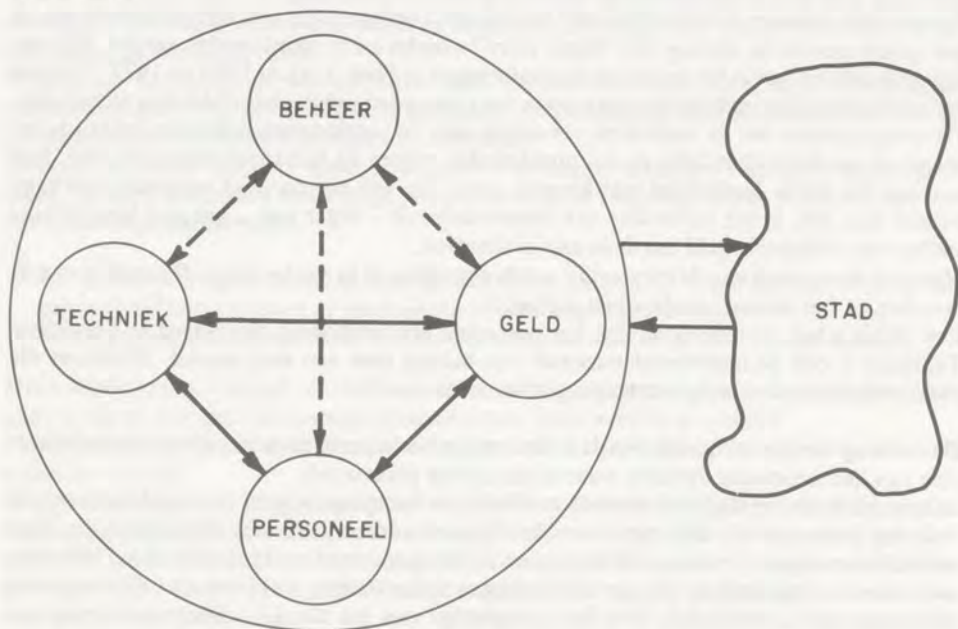
3.1 Inleiding

Het is veelal gebruikelijk verstoringen te bestuderen vanuit een bepaalde oorzakencategorie. Er is een uitgebreide literatuur over natuurrampen en de gevolgen daarvan voor een gemeenschap. Technici gebruiken technische analysemethoden om verstoringen van het technische systeem in kaart te brengen en psychologen trachten vooral in de wisselwerking tussen mens en techniek bepaalde patronen te onderkennen. Dit onderscheid naar oorzaken is deels fictief. Een natuurramp wordt meestal aangeduid als een onvermijdelijke gebeurtenis. Een gebeurtenis in de natuur wordt echter pas een ramp als de genomen voorzorgsmaatregelen onvoldoende zijn. Daarmee is bij een natuurramp ook het element menselijk falen aanwezig.

Alvorens over te gaan tot een analyse van de beschouwde infrastructuur, is het zinvol kennis te nemen van een aantal algemene inzichten die bij de bestudering van verstoringen vanuit een bepaalde oorzaak zijn geformuleerd. Daarbij zijn de volgende oorzakencategorieën aangehouden:

- natuurrampen;
- technische storingen;
- menselijke fouten;
- crisisbesluitvorming;
- de economie als storingsbron;
- de sociale omgeving als storingsbron.

Bij deze onderverdeling is een schematische voorstelling van een infrastructuur gehanteerd (figuur 3.1).



Figuur 3.1 Schematische voorstelling van een infrastructuur.

De uiteindelijk te beantwoorden vraag is in hoeverre de stad en zijn bewoners kwetsbaar zijn ten gevolge van uitval van infrastructuren.

Een van de vragen die dan moet worden beantwoord, is: Gedragen mensen zich in ernstig verstoorde situaties passief of inventief? Om hierin enig inzicht te krijgen wordt in 3.2 ingegaan op de psychologische gevolgen van rampen.

Het is bij een brede beschouwing over kwetsbaarheid niet zinvol alle storingsoorzaken vast te stellen. Beter is het te kijken naar de gevolgen van uitval van een deel van een infrastructuur, ongeacht de oorzaak. Deze beschouwingswijze wordt gehanteerd in de zogenaamde 'failure mode and effect analysis', een onderdeel van de risico-analyse. Derhalve wordt in het eerste deel van 3.3 (over technische storingen) een korte uiteenzetting gegeven over risico-analyse.

Van geheel andere aard is het tweede deel van 3.3. Van de techniek uit wordt aangegeven waarom complexe systemen bijna per definitie storingsgevoelig zijn. Voorts wordt aangegeven wat een van de meest voorkomende redenen is dat technische systemen ondanks uitgebreide voorzorgsmaatregelen toch op verrassende wijze kunnen falen.

In 3.4 (over menselijk falen) wordt ingegaan op de wisselwerking tussen personeel en techniek. In 3.5 (over crisisbesluitvorming) worden enkele aspecten van het besluitvormingsproces binnen het bestuur behandeld.

De paragrafen 3.6 en 3.7 (over economie, respectievelijk de sociale omgeving) hebben als achtergrond de constatering dat de afgelopen honderdvijftig jaar een periode was van sterke economische groei en daardoor van grote arbeidsrust. Er wordt van diverse gezichtspunten uit gekeken naar redenen en gevolgen van beëindiging van deze situatie.

Van de bestuurlijke zienswijze uit laat het in dit hoofdstuk behandelde zich grotendeels naar een drietal beheersstructuren ordenen:

- de informatiestructuur
- de beslissingsstructuur
- de motivatiestructuur.

Wanneer een infrastructuur verstoord raakt of dreigt verstoord te raken, moet de beherende organisatie op de meest effectieve wijze informatie verzamelen en daarna corrigerende maatregelen nemen. Of men storingsignalen onderkent en daarop reageert voordat het te laat is, hangt in sterke mate samen met de beslissingsstructuur. Of de organisatie snel en efficiënt zal reageren, hangt samen met de motivatie. Zo kan men het ontstaan van de meeste crisissituaties herleiden tot een gebrek aan informatie bij of het niet onderkennen van beschikbare informatie door de beheersorganisatie. Wordt het technische systeem als een vast gegeven beschouwd, dan is de enige methode om verstoringen te voorkomen een verbetering van de informatie- en beslissingsstructuur.

Er zijn echter nog twee andere mogelijkheden voor handen: het technische systeem zodanig uitvoeren dat zelfs bij minder goed beheer de gevolgen van verstoringen gering zijn en de stad en zijn bewoners minder afhankelijk te maken van de infrastructuur (systeemdiversificatie).

Om een optimaal resultaat tegen minimale kosten te realiseren, dienen alle genoemde methoden te worden toegepast.

Een eenzijdige nadruk op het verbeteren van de informatie- en beslissingsstructuur draagt het gevaar in zich dat men er werkelijk in slaagt een zeer goede structuur op te bouwen. Vindt daarin echter door een onvoorziene gebeurtenis een ernstige verstoring plaats, dan zijn de infrastructuur en de stad hierop niet voorbereid. Dit leidt tot de paradoxale uitspraak dat hoe beter het beheer van een infrastructuur er in slaagt een betrouwbare voorziening op te bouwen, hoe kwetsbaarder de stad wordt.

3.2 Psychologische aspecten van natuur- en technische rampen

3.2.1 Inleiding

Rampen hebben een verregaande invloed op het menselijke bestaan. Het zijn overweldigende gebeurtenissen die vaak een grote ontredde en veel menselijk leed tot gevolg hebben. Bestaanszekerheden worden ineens weggevaagd. Totale machteloosheid en ontwrichting worden ervaren. Vaak kost het mensen veel moeite de schokkende ervaring te verwerken en weer een normaal leven te leiden.

Ofschoon befaamde psychologen zoals Freud en James al omstreeks de eeuwwisseling over rampen hadden geschreven, stammen de eerste systematische psychologische studies van catastrofes uit de jaren veertig. Sindsdien is een vrij groot aantal publikaties over dit onderwerp verschenen. Het onderzoek van de psychologische verschijnselen voor, tijdens en na rampen is nauw verwant aan onderzoek naar andere schokkende ervaringen, zoals oorlog, geweld, gijzelingen en de dood van een dierbaar iemand. Vaak worden deze gebeurtenissen onder een noemer behandeld.

In het kader van deze beschouwing over de psychologische aspecten zijn vier aspecten van rampen te onderscheiden.

Een ramp veroorzaakt *een verlies van structuur*, van de verankering van het dagelijkse leven. Het individu wordt geconfronteerd met een drastisch gewijzigde situatie. Hij staat bloot aan een groot aantal hem onbekende prikkels, zodat zijn normale gedrag en dus ook de normale mechanismen om met spanningen om te gaan tekort schieten. De bestaande zekerheden zijn weggefallen. In korte tijd moet iemand met een nieuwe situatie leren omgaan. Voorts is een ramp een *collectieve stress-situatie*. Vele mensen worden tegelijk getroffen, zodat schade kan optreden niet alleen voor een individu, maar ook voor de gemeenschap en de sociale verhoudingen. Bovendien heeft een ramp een *plotseling* karakter. Ze vindt snel en dramatisch plaats. Tenslotte kunnen rampen een aanzienlijke materiële *schade* creëren met sterfgevallen en verwondingen als resultaat.

Met rampen bedoelen wij hier niet alleen natuurrampen, zoals overstromingen, aardbevingen, zware windstormen en dergelijke, maar ook door de mens veroorzaakte calamiteiten, zoals mijnrampen of ontploffingen. Een strict onderscheid hiertussen is niet altijd zinvol, enerzijds omdat veel natuurrampen althans ten dele zijn teweeggebracht door nalatigheid of verwaarlozing, anderzijds omdat een mijnramp en een overstroming op de slachtoffers vermoedelijk dezelfde indruk maken. Hieronder zullen bevindingen van het psychologische rampenonderzoek worden geschetst, waarbij zowel aan natuurrampen in stricte zin als daarmee verwante rampen zoals mijninstortingen aandacht wordt geschonken (voor uitvoerige overzichten verwijzen wij naar Cohen en Ahearn, 1980; Kleber 1982b).

3.2.2 Fasen in een ramp

Om menselijk gedrag in catastrofes te analyseren, heeft men een onderscheid gemaakt in de verschillende fasen van een ramp. Elke fase zou samengaan met specifieke gedragingen en ervaringen. Een klassieke indeling is die van Powell en Rayner (1952), die bestaat uit zeven fasen:

1. Waarschuwing: er is enig besef dat er omstandigheden zijn die een groot gevaar kunnen vormen.
2. Dreiging: de mensen raken bewust van de naderende ramp.
3. Het plaatsvinden van de ramp.
4. Inventarisatie: de overlevenden beginnen te beseffen wat er met hen en hun omgeving is gebeurd.
5. Redding: de eerste reddingsacties komen op gang.

6. Verzorging: de overlevenden krijgen op een meer formele wijze zorg en aandacht.
7. Herstel: de uiteindelijke aanpassing aan de veranderde omstandigheden.

Deze indeling is wat al te exact. De afzonderlijke fasen zijn vaak moeilijk van elkaar te onderscheiden. Wij gebruiken daarom bij de beschouwing van het menselijk gedrag een eenvoudiger indeling, bestaande uit:

1. De periode voor de ramp (de anticipatiefase).
2. Het plaatsvinden van de catastrofe en de onmiddellijke gevolgen.
3. De gevolgen op langere termijn.

Elk van deze fasen zullen wij aan de hand van de bevindingen uit het psychologische rampenonderzoek beschrijven.

3.2.3 De periode voor de ramp (anticipatiefase)

Sommige rampen vonden plaats zonder enige waarschuwing. Bij andere stond enkele uren tevoren vast dat ze zouden gaan plaatsvinden. En bij weer andere was de dreiging van een catastrofe al jaren aanwezig.

Indien er een dreiging bestaat, zoekt een mens naar zekerheid. Er dreigt iets dat hij niet of nauwelijks kan bevatten. Hij tracht de alarmerende situatie te begrijpen. Naarmate er minder duidelijk is en de verklaringen elkaar meer tegenspreken, groeien de verwarring en de angst.

Uit het moderne stress-onderzoek (zie Kleber, 1982a) is duidelijk geworden hoe groot de invloed op het menselijk gedrag is van de verwachting dat een onaangename gebeurtenis gaat plaatsvinden. Een simpel voorbeeld: alleen al het zien van de tandartsstoel en -boor kan dezelfde lichamelijke stress-reacties geven als het feitelijk ondergaan van een behandeling. Anticipatie kan leiden tot onzekerheid, vermijdingsgedrag en angst, maar ook tot voorbereidingen om het naderende gevaar tegemoet te treden.

Mensen hebben de mogelijkheid zich voor te bereiden op het gevaar, niet alleen materieel, maar ook psychisch. Zij kunnen rekening houden met het allerergste. Een al dan niet adequate anticipatie bepaalt vaak in grote mate de reactie na de ramp. Degenen die zich niet of nauwelijks op de gebeurtenis hebben voorbereid, ervaren de meeste problemen en zijn ook minder in staat de veranderde omstandigheden nadien de baas te worden. Het zal daarom duidelijk zijn dat een totaal onverwachte, nog nooit eerder voorgekomen ramp tot de grootste mate van desorganisatie en psychische verwarring zal leiden.

In dit verband wordt vaak het werk van Janis (1958) genoemd. Deze bestudeerde het gedrag van patiënten die een chirurgische ingreep dienden te ondergaan. Degenen die voor de operatie op een realistische wijze angst ervoeren, bleken minder moeite met de ongemakken na de operatie te hebben dan zij die tevoren zeer veel of juist nauwelijks angst voelden. Wil een mens een ingrijpende situatie aankunnen, dan is het tevoren tot zich laten doordringen van de mogelijke gevolgen zeer zinvol. Excessieve ontkenning geeft niet de mogelijkheid hiertoe en kan daarom bij het plaatsvinden van de ramp leiden tot een grote verbijstering. Ook in het onderzoek naar andere ingrijpende ervaringen is het grote belang van anticipatie aangetoond (zie Parkes, 1972).

Verschillende schrijvers stellen met klem dat slechts een minderheid op overmatige wijze op een naderend onheil reageert. Slechts weinig mensen onderdrukken de angst zodanig dat ze het gevaar ontkennen, terwijl ook weinigen uitermate emotioneel reageren (Chapman, 1962). De meeste mensen passen een lichte mate van ontkenning toe, waarbij echter niet mag worden vergeten dat ook een lichte mate van ontkenning kan leiden tot het bagatelliseren of veronachtzamen van een waarschuwing. Een extreem voorbeeld is een ernstige overstroming van de Rio Grande in Texas en Mexico, waarbij een grote menigte juichend

het snel wassende water van de rivier gade sloeg (Kinston en Rosser, 1974).

In elk geval is duidelijk dat ontkenning van de potentiële ramp altijd in enige mate aanwezig is. Mensen weigeren te beseffen dat een catastrofe hen zou kunnen overkomen. Zij gaan uit van een vaag idee van persoonlijke onkwetsbaarheid. De verantwoordelijkheid wordt bovendien vaak gewenteld op de autoriteiten, die over de kennis en de middelen zouden beschikken om tot de juiste beslissingen omtrent het naderende gevaar te komen.

Ook hebben mensen de neiging de waarschuwing te negeren omdat ze denken in de ogen van anderen dwaas te reageren. Velen vernemen de waarschuwing van gezinsleden, burens en vrienden. Het waarheidsgehalte van de boodschap wordt dan bepaald door te letten op wat deze anderen ervan denken en wat zij doen, en door er met hen over te praten (Dynes en Quarantelli, 1976). Massamedia kunnen weliswaar van groot belang zijn voor het bekend worden van een gevaar—Dynes en Quarantelli (1976) schatten dat ongeveer 50% van de mensen hoort over de naderende ramp via radio, televisie en krant —, maar ook dit nieuws verneemt men meestal in de aanwezigheid van anderen. Daarom is dan ook de context van groter belang dan de inhoud van een waarschuwing. Men reageert op basis van hoe bekenden op de dreiging reageren. Berichtgeving door officiële autoriteiten speelt daarbij een ondergeschikte rol.

Chapman (1962) wijst erop dat het menselijk gedrag vlak voor een overweldigende gebeurtenis niet alleen wordt bepaald door lijfsbehoud. Er zijn ook andere factoren die bij naderend gevaar van belang zijn. Ten tijde van de grote bombardementen op Londen in de tweede wereldoorlog keerden veel evacués liever terug naar de gevaarlijke stad dan nog langer te blijven op het voor hen vreemde platteland, waar ze werden geconfronteerd met andere leefwijzen. Titmuss (1950) ontdekte dat kinderen die zonder hun ouders uit Londen waren vertrokken veel meer emotionele problemen hadden dan kinderen die samen met hun ouders in Londen onder de voortdurende bombardementen leefden. De scheiding van de ouders was voor kinderen aanzienlijk traumatischer dan de fysieke bedreiging.

Zoals gezegd, trachten mensen in de fase voor een catastrofe inzicht in de gebeurtenissen te verwerven. Ze proberen deze te interpreteren vanuit hun bestaande ervaringskader. Vaak houdt dat in dat ze de verschijnselen terugbrengen tot gebeurtenissen die al vaker hebben plaatsgevonden.

Ellemers (1956) geeft in zijn monografie over de watersnoodramp van 1953 enkele voorbeelden: 'Toen het water in de gang kwam, dacht ik dat de wc overliep', 'Ik dacht dat m'n dochttertje bij het theezetten in de keuken zo aan het morsen was. Toen zag ik ineens dat het 't water was'. Degenen die al eerder een overstroming hadden meegemaakt, zagen de dreiging van de ramp eerder in.

Wanneer een waarschuwing eenmaal als juist is geaccepteerd, treden vaak diverse vormen van mythisch denken op. Genoemd is al het idee dat men onkwetsbaar is. Allerlei afwerende gedragingen hebben eveneens een mythisch karakter (Wolfenstein, 1957). Wanneer Duitse bommenwerpers boven Engeland werden verwacht, liepen veel Londenaren op hun tenen. In sommige plaatsen was het taboe te praten over het feit dat de sirene die nacht nog niet had geklonken. Bij de dreiging van Amerikaanse vliegtuigen boven Japan gingen veel Japanners over tot het dragen van westerse kleding.

3.2.4 De ramp en zijn onmiddellijke gevolgen

Gedurende het plaatsvinden van de ramp is de invloed van de gebeurtenis maximaal, direct en onontkoombaar. Deze 'impact'-fase duurt meestal enkele minuten tot een uur, ofschoon ze onder bepaalde omstandigheden veel langer kan duren.

Tyhurst onderscheidde in een klassiek geworden indeling drie vormen van reactie op een catastrofe. De eerste is die van mensen die zich koel en beheerst gedragen en die zich onmiddellijk richten op het verlichten van de nood van anderen. Dan is er de grote groep

mensen die in eerste instantie verdoofd en verbijsterd is. De gebeurtenis is voor hen zo overweldigend dat er sprake is van een afgenomen alertheid, van een zeer beperkte aandacht en van een wanordelijk denken. Het gedrag is bij deze mensen min of meer automatisch. Ze vallen terug op datgene wat ze hebben geleerd in de fase voor de ramp of in vroegere rampen. Deze toestand van verwarring en verdoving komt ook tot uitdrukking in de moeite die mensen na afloop hebben om zich te herinneren wat er nu precies is gebeurd (Cohen en Ahearn, 1980). De verbijstering duurt bij de meeste mensen kort. Al gauw worden ze actief en gaan ze, evenals de eerstgenoemde groep, over tot het zoeken van verwanten en bekenden. Tenslotte vertoont een derde, kleine groep van mensen, excessieve, inadequate reacties. Deze mensen zijn totaal in de war en verliezen de controle over hun motoriek. Zowel extreme agressie als uiterst routinematig of apathisch gedrag kunnen het gevolg zijn.

Net zoals in de periode voor de ramp kunnen ook bij de allereerste reacties op een catastrofe vormen van mythisch denken of illusies een rol spelen. Wolfenstein (1957) noemt de *illusie van centraliteit*. Iemand meent dat hij en eventueel de mensen in zijn naaste omgeving de enige slachtoffers zijn en dat de ramp op hen was gericht. Het slachtoffer heeft de neiging zich emotioneel terug te trekken en zich alleen met zichzelf bezig te houden. Deze illusie zou het gevolg zijn van het al genoemde idee van persoonlijke onkwetsbaarheid dat iemand ondanks de reële dreiging voor de ramp bezit. De gedachte dat iemand onkwetsbaar is, wordt door de ramp zodanig ontkracht dat het gevoel ontstaat dat men het enige slachtoffer is.

Al snel bemerkt het individu dat zijn omgeving in niet mindere mate is gehavend dan hijzelf en dat zijn eerste indruk onjuist is. Dit geeft een grote schok. Hij voelt zich in de steek gelaten, vooral omdat alle middelen tot hulp en steun zijn verdwenen of verminderd. Wanneer iemand alleen is, is dat illusoire gevoel van in de steek gelaten zijn erg sterk. Wanneer iemand na de ramp samen met anderen is, dan is dit gevoel van verlatenheid niet zo sterk en maakt het snel plaats voor een gevoel van dankbaarheid dat men nog leeft.

De vaak gehoorde veronderstelling dat tijdens een ramp paniek optreedt, is niet juist. Paniek komt alleen onder zeer bepaalde omstandigheden voor, namelijk wanneer:

- mensen een onmiddellijk en ernstig gevaar voor zichzelf waarnemen, en
- zij menen dat er slechts een enkele weg tot ontsnapping bestaat en deze weg dreigt te worden geblokkeerd, en
- ze geen andere informatie meer ontvangen (Janis et al., 1955).

Voorbeelden hiervan zijn het uitbreken van brand of ongeregelde heden in een bioscoop, een danszaal of een voetbalstadion. Overigens geraakt ook dan lang niet iedereen in paniek.

Over het algemeen gedragen mensen zich tijdens en direct na een ramp tamelijk rustig (Chapman, 1962; Cohen en Ahearn, 1980). Ze maken een volgzaam indruk, doch hulpeloos en onverantwoordelijk zijn de meeste mensen zeker niet. Ze wachten niet af tot de reddingsacties beginnen, maar nemen zelf initiatief. Samen bepalen ze de eisen van de situatie en proberen er het beste van te maken (Dynes en Quarantelli, 1976).

In de literatuur over rampen worden we geconfronteerd met een verschil in opvattingen over de psychologische verschijnselen die direct na een ramp optreden. Sommigen benadrukken het verantwoordelijke en initiatiefrijke gedrag van de slachtoffers. Anderen geven meer aandacht aan de verbijstering en hulpeloosheid.

Waarschijnlijk treden beide vormen van gedrag op ten tijde van en onmiddellijk na een ramp en is er een opeenvolging van gedragingen. Het aanvankelijk verdoofde en verbijsterde gevoel dat volgens Tyhurst gepaard gaat met besluiteloosheid, maakt al snel plaats voor actief op de situatie gericht gedrag. De overlevenden trachten zich te realiseren wat er allemaal is gebeurd. Friedman en Linn (1956) beschreven de slachtoffers van de scheepsramp met de Andrea Doria in eerste instantie als passief, traag en dociel. Het leek alsof ze

waren verdoofd. Al gauw verdween deze toestand en begon iedereen druk en geëmotioneerd te praten over het gebeurde. Hoe snel die verandering plaatsvindt, hangt af van de omstandigheden. Indien de catastrofe blijft voortduren, kan ook het verdoofde gevoel blijven bestaan.

Al snel beginnen de verbijsterde overlevenden te zoeken naar familieleden, vrienden en bekenden. Dit zoeken naar overlevenden is een zeer overheersende activiteit. Fritz (geciteerd door Tanner, 1977) vond dat nog geen half uur na een tornado in Arkansas (Verenigde Staten) 32% van de overlevenden op zoek was naar vermisten, 11% bezig was met het redden van slachtoffers en 35% met andere vormen van hulpverlening. Voordat de eerste formele reddingsacties beginnen, zijn vaak al veel slachtoffers geholpen. Deze zoekacties maken vaak een chaotische indruk op een buitenstaander, omdat de op zich doelgerichte handelingen van de individuen nog weinig met elkaar zijn gecoördineerd.

Over het *leaderschap* tijdens en vlak na de ramp kan het volgende worden opgemerkt. In een noodsituatie zoeken mensen naar steun en advies. Officiële leiders zijn meestal niet aanwezig. Ter plekke verwerven mensen op een informele wijze een leiderspositie. Persoonlijkheidseigenschappen spelen daarbij nauwelijks een rol. Het zijn veeleer bepaalde vaardigheden en kennis die iemand tot een leider maken. Chapman (1962) geeft enkele voorbeelden. Toen midden op een werkdag in een woonwijk enige huizen de lucht in vlogen vanwege vrijkomend gas, waren enkele chauffeurs van bestelauto's de leidende personen bij de reddingsacties. Zij waren de enigen die wisten hoe met een sleutel om te gaan om de gasbuizen af te sluiten. Toen tijdens een vliegfeest een vliegtuig neerstortte en toeschouwers werden gedood, was de man die de show via luidsprekers van commentaar had voorzien, de aangewezen persoon om de mensen te kalmeren en weg te leiden van de doden en gewonden. Meestal zijn het concrete en specifieke vaardigheden die mensen tot leider maken (zie ook Ellemers, 1956).

Kenmerkend voor de fase direct na de ramp is dat mensen een behoefte hebben aan gezelschap en aan het uiten van gevoelens over de ramp en de verliezen. Men wil elkaars ervaringen en emoties omtrent de gebeurtenissen uitwisselen. De relaties zijn in deze fase zeer intens en persoonlijk. De maatschappelijke statusverschillen verdwijnen door de overweldigende catastrofe tijdelijk. Iedereen is gericht op het redden van leven en eigendom van zichzelf en anderen. Een sfeer van altruïsme en warme menselijke betrekkingen ontstaat. Vandaar dat voor de periode die ongeveer een week na de ramp begint en soms enkele maanden kan duren, weleens de term 'honeymoon phase' wordt gebruikt. Er is een groot gemeenschapsgevoel, omdat sociale barrières ontbreken en de sociale contacten talrijk zijn. Energiek probeert iedereen zijn eigen leven weer op te bouwen. De steun van overheidswege en diverse hulpacties is in deze periode maximaal. Waarnemers hebben vaak de sympathie, warmte en behulpzaamheid van mensen na een ramp beschreven. Veel overlevenden kijken later soms met weemoed terug op die periode vlak na de ramp.

Welke stress-reacties en gezondheidsproblemen kunnen zich voordoen na een ramp?

Nadat het bovenbeschreven gevoel van verdoving is verdwenen en het zoeken naar verwanten en bekenden is begonnen, komen de gevoelens naar aanleiding van de ramp naar boven. Angst wordt als verreweg de belangrijkste reactie genoemd. Daarnaast treden ook vaak slaapproblemen en schrikreacties op, evenals gevoelens van rusteloosheid en gespannenheid. Verder worden nog vermeld: irritatie, boosheid (in eerste instantie weinig, na enige tijd meer), geheugen- en denkstoornissen, schrikreacties, verstoring van dagelijkse activiteiten.

In de eerste tijd na de ramp wordt de gebeurtenis steeds opnieuw beleefd. Herinneringen duiken plotseling op. Situaties die op de oorspronkelijke gebeurtenis gelijken laten de emoties weer naar boven komen. Een zware regenbui maakt de slachtoffers van een watersnoodramp weer bang. Er treden gedachten en gevoelens over de gebeurtenis op die moeilijk

te onderdrukken zijn en direct of indirect het herbeleven van de ramp betreffen. Kenmerkend voor de verwerking van schokkende ervaringen is dat deze verschijnselen worden afgewisseld met vermijding en ontkenning van aspecten die met de gebeurtenis samenhangen. Men wil er liever niet meer over praten. Men vermijdt het denken erover. Juist in deze afwisseling van vermijding en herbeleving verwerkt iemand een schok; geleidelijk worden zo de gebeurtenis en de implicaties ervan geïntegreerd in het bestaan en het bewustzijn (Horowitz, 1976).

Bij het merendeel van de getroffen personen zien we in min of meerdere mate bovengenoemde vormen van des- en reorganisatie als was het alleen maar in de vorm van schrikreacties en dromen. Bij de meesten verdwijnen de verschijnselen snel: binnen enkele uren tot weken. Bij sommigen blijven ze bestaan of duiken ze later weer op. Geschat wordt dat 10% van de getroffen vlak na de ramp op enigerlei wijze behoefte heeft aan specifieke hulpverlening (Kinston en Rosser, 1974). Dergelijke cijfers variëren echter zeer sterk met de kenmerken van de ramp, zoals het plotselinge karakter, het aantal doden, de materiële schade, de sociale banden enz.

Nu nog enkele opmerkingen over bepaalde leeftijdsgroepen. Oude mensen ontvangen een waarschuwing voor een ramp meestal later en ook minder vaak. Na afloop hebben ze meer verwondingen en sterven ze eerder en in grotere getale. Ze beschouwen hun verliezen als groter en kunnen minder energie opbrengen om opnieuw te beginnen (Catanese, 1978). Kinderen kunnen een risicogroep vormen, doch dat is afhankelijk van de gezinssituatie. Hun voornaamste angst is de angst van hun ouders te worden gescheiden, zoals ook in de vorige paragraaf werd beschreven. Als dat niet gebeurt en de ouders redelijk omgaan met de spanningen, dan zijn kinderen zich weinig bewust van de gevaren (zie ook Ellemers, 1956).

3.2.5 Lange tijd na de ramp

De 'honeymoon phase', de positieve sfeer van activiteit en sociale verbondenheid, verdwijnt allengs na enige weken of maanden. De hulpverlenings- en reddingsacties worden geleidelijk verminderd, bureaucratische problemen beginnen allerlei activiteiten te vertragen en maatschappelijke statusverschillen duiken weer op. Er ontstaat dan vaak een sfeer van teleurstelling en desillusie, niet in het minst omdat overlevenden zich meer en meer realiseren dat vele bekenden en bezittingen voorgoed zijn verdwenen.

Deze teleurstelling en desillusie komen dikwijls tot uitdrukking in woede en wrok tegenover de autoriteiten die niet de verwachte steun geven. Er ontstaat achterdocht ten opzichte van bureaus en bekenden die beter af lijken te zijn. Het gemeenschapsgevoel begint te tanen. Uiteindelijk beseffen de overlevenden dat zij hun leven en omgeving weer moeten opbouwen. De bitterheid, die tot ongeveer een jaar na de ramp kan duren, maakt plaats voor reorganisatie en herstel van het dagelijkse leven (Ellemers, 1956; Prederich, 1980).

Langdurige gevolgen van rampen waren tot vijftien jaar geleden weinig onderzocht. Volgens sommige onderzoekers zouden er zich zeer weinig serieuze medische en psycho-sociale stoornissen op de lange duur voordoen (Chapman, 1962). Daartegenover werd in de massamedia en soms ook in bepaalde psychiatrische literatuur de indruk gewekt dat een ramp ook na lange tijd dramatische gevolgen, zoals een massale psychose en een grote stijging in zelfmoorden zou veroorzaken (Taylor, 1977). Geen van beide veronderstellingen is echter juist.

Uit onderzoek van de laatste 15 jaar is duidelijk naar voren gekomen dat lange tijd na een ramp onaangename medische en psycho-sociale verschijnselen kunnen optreden, ofschoon niet in de vorm van zelfmoord en schizofrenie. Enkele van die gevolgen zullen we kort schetsen.

Maanden, soms nog jaren na een zware tornado of overstroming kunnen de overlevenden

nog grote angst hebben voor ongewone weersomstandigheden. Nachtmerries gaan veelvuldig over water, regen en wind (Lifton en Olson, 1976).

Vaak melden onderzoekers een psychische dofhed die tot uitdrukking komt in neerslachtigheid, lusteloosheid en gebrek aan interesse in vriendschappen en sociale activiteiten. Men tobt nog over de door de ramp veroorzaakte verwoesting en het verlies van vrienden en familieleden. De sociale verhoudingen kunnen verslechterd zijn, ook omdat door de ramp de bestaande gemeenschap aanzienlijk is verstoord. (Erikson, 1976).

Na een door zware regenval veroorzaakte overstroming in de Engelse stad Bristol steeg het bezoek aan de huisarts in het eerste jaar na de ramp met 53% bij de mannelijke bevolking van het getroffen gebied (Bennett, 1970). De huisarts werd vooral geraadpleegd voor psychosomatische klachten (maag- en darmklachten, vermoeidheid, hoofdpijnen).

Opmerkelijk is dat ook het sterftecijfer kan stijgen. In de stad Bristol nam dit met 50% toe in het jaar na de overstroming (Bennett, 1970). Uit het onderzoek van andere schokkende gebeurtenissen, zoals het verlies van de levenspartner, is eveneens gebleken dat sterfte- en ziektecijfers sterk toenemen in het eerste jaar na de schok (Parkes, 1972). De toegenomen sterfte na de ramp hoeft niet gerelateerd te zijn aan lichamelijke rampschade. Mensen worden geconfronteerd met ernstige, emotionele schokken, die leiden tot gevoelens van wanhoop en machteloosheid en die aldus de weg naar het graf versnellen. Deze samenhang tussen stress-situaties, ziekte en sterfte is uitvoerig bestudeerd in het moderne stress-onderzoek (zie Kleber, 1982a).

Overigens kunnen rampen ook positieve gevolgen hebben. Mensen steken zoveel energie in de wederopbouw van hun gemeenschap, dat de uiteindelijke leefsituatie beter kan zijn dan de oorspronkelijke. Het mijnndorp Aberfan, waar ruim 100 kinderen werden gedood door een lawine van mijnafval, was jaren later een bloeiende gemeenschap met een hoog geboortecijfer. Toch waren ook hier nog littekens van de verschrikkingen te zien: slaapstoornissen, woede ten opzichte van de mijnmaatschappij, verdriet over de overledenen en psychosomatische klachten bij kinderen.

3.2.6 Conclusies

Het rampenonderzoek heeft een nogal marginale plaats ingenomen in de psychiatrie en de psychologie. Er is mede daarom relatief weinig aandacht besteed aan theorievorming en aan methodologisch geavanceerde methoden. Het merendeel van het onderzoek is beschrijvend van aard. Er is duidelijk behoefte aan meer systematische kennis.

Rampen worden gevolgd door uiteenlopende reacties van mensen. Tijdens de ramp ervaren de meeste personen een enorme mate van machteloosheid die gepaard gaat met schrik, wanhoop en vooral angst. Velen zijn in eerste instantie verbijsterd en verdoofd. Deze gevoelens worden snel minder. Vrij snel wordt het merendeel actief in reddingsacties. De emoties en gedragingen tijdens en direct na de ramp hangen in sterke mate samen met de eventuele verwachting dat er gevaar dreigde. Kenmerkend is dat direct na een ramp mensen grote behoefte hebben aan het uiten van gevoelens over de gebeurtenissen. Onder bepaalde omstandigheden kunnen rampen leiden tot langdurige gevolgen. Sommige studies wijzen sterk in de richting van psycho-sociale en medische problemen, ook nog na vele jaren.

Psychologisch gezien zijn de gedragingen en ervaringen van mensen in en na rampen niet zozeer afhankelijk van het feit dat de catastrofe een overstroming of een mijnramp betreft, als wel van diverse relevante factoren zoals het onverwachte karakter, de mate van materiële verwoesting, het aantal slachtoffers, de snelheid van het herstel, de verstoring van de gemeenschapsbelangen en sociaal-economische omstandigheden. Vooral de mate waarin lange termijn gevolgen optreden, wordt door deze factoren bepaald. Soms—bijvoorbeeld bij de veel bestudeerde Buffalo Creek overstroming in een arme streek in de Verenigde Staten

(Erikson, 1976)—komen jaren later nog klachten en problemen voor, soms—bijvoorbeeld bij de Xenia tornado (Taylor, 1977) duidelijk minder.

3.3 Technische storingen

De techniek heeft een aantal beschouwingwijzen opgeleverd die inzicht geven in het storingsmechanisme van complexe technische systemen. Hiervan willen wij er twee nader bezien, namelijk risico-analyse en beschouwingen over bedrijfszekerheid.

3.3.1 Risico-analyse

De veiligheid van een technisch systeem wordt bedreigd door het mogelijke optreden van talloze bezwijkmechanismen en andere ongewenste gebeurtenissen.

Om te kunnen beoordelen in hoeverre het optreden van bepaalde grenstoestanden de veiligheid van het totale systeem in gevaar brengt, zijn risico-analytische instrumenten ontwikkeld, zoals gebeurtenissenbomen, foutenbomen, rekenschema's enz.

De risico-analyse bestaat uit een aantal fasen, die achtereenvolgens worden doorlopen. In de eerste fase vindt een beschrijving van de technische constructie als systeem plaats. De mate van gedetailleerdheid van de beschrijving wordt bepaald door de vereiste diepgang van de risico-analyse. Omdat al in de eerste fase veel informatie omtrent het te analyseren systeem nodig is, kan deze pas beginnen als het ontwerp in een vrij gevorderd stadium is. Bij bestaande installaties vormt dit uiteraard geen enkel probleem.

In de volgende fase tracht men door middel van brainstorm-technieken en ervaringsfeiten zicht te krijgen op alle mogelijke ongewenste begingeburtenissen (het bezwijken van een component, een menselijke fout, brand enz.) die de goede werking van het systeem zouden kunnen beïnvloeden. De normale analyse van alle grenstoestanden, maar ook ervaring met andere soortgelijke problemen kan een steun zijn. Geheel volledig wordt het overzicht natuurlijk niet, daarvoor zijn bepaalde oorzaken als oorlog, sabotage enz. te ongrijpbaar. Tevens onderzoekt men in deze tweede fase alle mogelijke reacties van het systeem op elke ongewenste begingeburtenis. Als instrument wordt hier de gebeurtenissenboom gebruikt, die op logische wijze het verband vastlegt tussen bepaalde begingeburtenis en alle mogelijke daaropvolgende reacties van het systeem.

In de derde fase wordt bestudeerd op welke wijzen de meest ongewenste reactie van het systeem tot stand kan komen. Daartoe worden de ongunstigste takken van de gebeurtenissenbomen verenigd tot een foutenboom. De foutenboom is dus een schematische weergave van de logische opeenvolging van alle gebeurtenissen die leiden tot een zeer ongewenste reactie van het systeem. Deze ongewenste reactie staat meestal boven aan de boom en wordt de topgeburtenis genoemd. Voor iedere topgeburtenis dient dus een afzonderlijke foutenboom te worden opgesteld.

In de laatste fase van de risico-analyse tracht men de kans op het optreden van de ongewenste topgeburtenissen te berekenen. Daartoe worden eerst de kansen op het optreden van de diverse begingeburtenissen vastgesteld. Dit gebeurt door middel van probabilistische berekeningen of door te putten uit gegevensbestanden waarin gegevens uit de praktijk over de faalfrequentie van allerlei componenten zijn opgeslagen. Daarna wordt volgens de regels van de waarschijnlijkheidsleer de kans op falen van het gehele systeem vastgesteld.

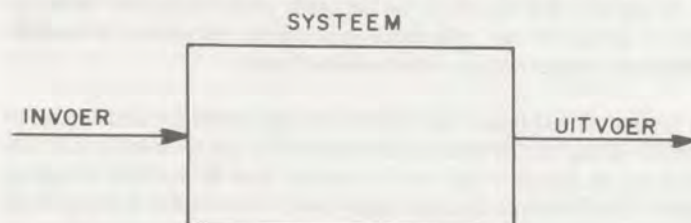
De waarde van een risico-analyse voor de ontwerpwerkzaamheden aan een technisch systeem is als volgt aan te geven.

- Men krijgt inzicht in de wijze waarop het systeem kan falen.
- Men krijgt inzicht in de relatieve kans op falen van het systeem.

- De gebeurtenissenbomen en foutenbomen fungeren als communicatiemiddel en als gereedschap voor de bedrijfsleiding.
- Men kan de technische en sommige menselijke oorzaken van falen in een benadering verenigen.

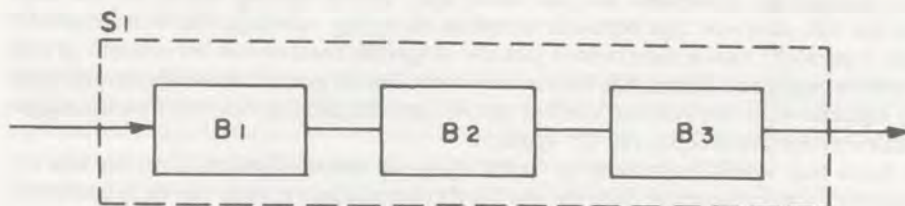
Enige voorzichtigheid is daarbij gepast. Risico-analyse kan een te ver gaande abstractie van de werkelijkheid opleveren, waardoor het inzicht wordt beperkt. In hoeverre men bepaalde mogelijkheden in de risico-analyse meeneemt, is bovendien in sterke mate afhankelijk van de fantasie van de persoon of groep die de analyse uitvoert.

De risico-analyse maakt gebruik van de grondslagen van de systeemleer. De beschouwde systemen kunnen meestal worden beschreven met een invoer-uitvoer model. De invoer wordt door het systeem getransformeerd in een uitvoer (figuur 3.2).



Figuur 3.2 Schets van een invoer-uitvoer model.

De subsystemen hebben intern dezelfde structuur als het totale systeem. De opsplitsing van systemen in subsystemen en nog lagere systemen kan worden voortgezet tot het meest elementaire niveau (figuur 3.3).



Figuur 3.3 Schets van de verdeling van een systeem in subsystemen (serieschakeling).

De praktijk geeft een zinvolle grens aan.

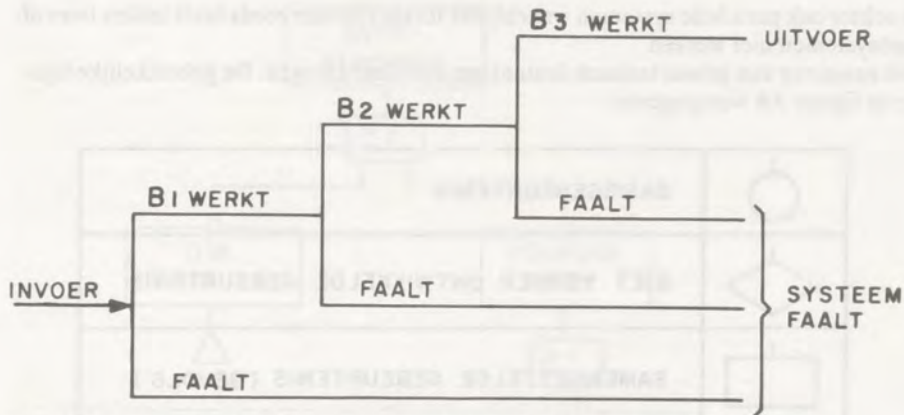
Voor de risico-analyse zijn twee hoofdmogelijkheden van rangschikking van subsystemen binnen het hoofdsysteem van belang: serieschakeling en parallelschakeling.

Het verschil blijkt duidelijk, wanneer men tracht de kans op falen van het systeem vast te stellen met behulp van gebeurtenissen- en foutenbomen.

De gebeurtenissenboom van het in figuur 3.3 gegeven seriesysteem heeft het aanzien van figuur 3.4.

Men ziet dat de gebeurtenissenboom telkens speurt naar de gevolgen van een bepaalde begingebuurtenis. In de Angelsaksische literatuur wordt dit aangeduid als 'forward logic'.

In dit voorbeeld blijft het scala van reacties van het gehele systeem beperkt tot twee mogelijkheden: falen of werken. En zoals bij een seriesysteem was te verwachten, is het falen van een subsysteem voldoende om het totaal in het ongerede te brengen. In de foutenboom geeft

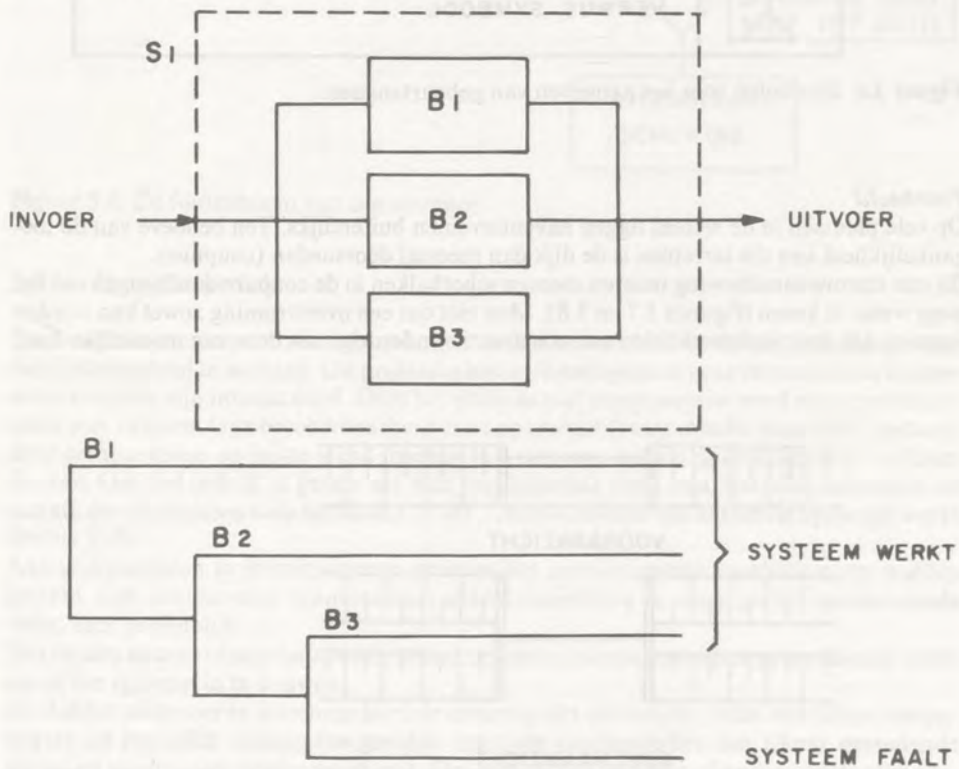


Figuur 3.4 De gebeurtenissenboom van het gedrag van een seriesysteem.

men dit aan door een 'of poort'. Het meest ongewenste gevolg, het falen van het systeem, staat daarbij bovenaan. De begingebenenissen vormen de voet van de boom. De foutenboom is gebaseerd op 'backward logic' en speurt naar oorzaken.

De analyse van een parallelschakeling is nu eenvoudig uit te voeren (figuur 3.5).




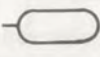


Uit de gebeurtenissenboom blijkt dat het systeem pas faalt als zowel B_1 als B_2 als B_3 niet werken. In de foutenboom geeft men dit aan door een 'en poort'.



Figuur 3.5 De gebeurtenissenboom van een parallelsysteem.

Er zijn echter ook parallele systemen waarbij het totale systeem reeds faalt indien twee of meer subsystemen niet werken.

Voor het aangeven van gebeurtenissen bestaat een standaardnotatie. De gebruikelijke figuren zijn in figuur 3.6 weergegeven.

	BASISGEBEURTENIS
	NIET VERDER ONTWIKKELDE GEBEURTENIS
	SAMENGESTELDE GEBEURTENIS (GEVOLG)
	VOORWAARDELIJKE GEBEURTENIS (GEBRUIKT BIJ INHIBIT GATE)
	NORMALE GEBEURTENIS (HOUSE EVENT)
	VERWIJS SYMBOOL

Figuur 3.6 Symbolen voor het aangeven van gebeurtenissen.

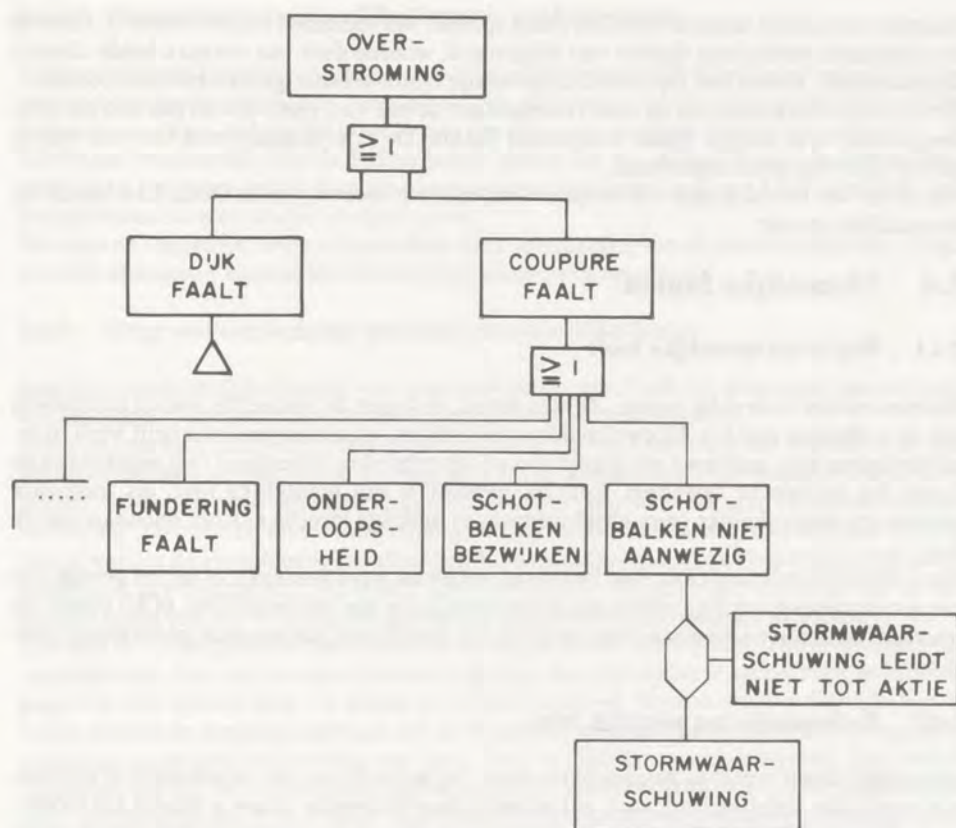
Voorbeeld

Op vele plaatsen in de wereld liggen haventerreinen buitendijks. Ten behoeve van de toegankelijkheid van die terreinen is de dijk dan meestal doorsneden (coupure).

Bij een stormwaarschuwing moeten mensen schotbalken in de coupure aanbrengen om het hoge water te keren (figuren 3.7 en 3.8). Men ziet dat een overstroming zowel kan worden veroorzaakt door technisch falen van constructie-onderdelen als door een menselijke fout.



Figuur 3.7 Een coupure.



Figuur 3.8 De foutenboom van een coupure.

3.3.2 Bedrijfszekerheid

Technische systemen met een groot aantal componenten hebben de neiging een geringe bedrijfszekerheid te bezitten. Dit probleem kwam in sterke mate naar voren toen de moderne elektronica zijn intrede deed. Door het grote aantal componenten werd men geconfronteerd met extreem lage beschikbaarheid van apparatuur (soms minder dan 30%) omdat al deze componenten op juiste wijze moeten functioneren om het gehele apparaat te laten werken. Om een indruk te geven: als men een apparaat heeft met 500.000 onderdelen en van elk der onderdelen is de faalkans 1×10^{-7} , dan is de kans dat het totale apparaat werkt slechts 95%.

Aan componenten in infrastructures moeten dus zeer stringente kwaliteitseisen worden gesteld. Een streven naar een minimum aantal onderdelen is, zoals uit het bovenstaande volgt, zeer profijtelijk.

Om tot een aanvaardbare betrouwbaarheid te komen, is men bovendien genoodzaakt reserves in het systeem in te bouwen.

Bij dubbel uitgevoerde systemen leert de ervaring dat gelijktijdig falen van beide componenten op hetzelfde tijdstip ten gevolge van twee onafhankelijk van elkaar optredende oorzaken slechts zeer zelden voorkomt. Doorgaans kan men een of ander oorzakelijk verband aanwijzen: een storm treft een dubbel uitgevoerde hoogspanningslijn, ten gevolge

waarvan een aantal masten omwaait (men spreekt van 'common mode failures'). Hoewel de elektrische verbinding dubbel was uitgevoerd, worden door een oorzaak beide circuits uitgeschakeld. Brand kan bij dubbel uitgevoerde systemen soortgelijke effecten hebben. Het kan ook voorkomen dat de reservecomponent defect was, maar dat dit pas aan het licht kwam toen de in bedrijf zijnde component faalde. De reservecomponent kan ook buiten bedrijf zijn voor groot onderhoud. Het falen van beveiligingen die defecte componenten moeten afschakelen, kan leiden tot aanzienlijke schade.

3.4 Menselijke fouten

3.4.1 Wat is een menselijke fout?

Mensen maken veelvuldig fouten. Ze eten teveel, ze kopen de verkeerde auto of ze trouwen met de verkeerde partner. Hoewel al deze beslissingen, waarvan men later spijt heeft menselijke fouten zijn, zullen we het begrip hier alleen gebruiken in verband met ongelukken en fouten bij technische systemen. Een systeemfout is een menselijke fout, als menselijk gedrag een noodzakelijke (niet altijd voldoende) bijdrage leverde aan het ontstaan van de fout.

Het is daarbij irrelevant of de fout bewust of onbewust werd gemaakt, of hij het gevolg was van een foutieve handeling of van het achterwege laten van een handeling, of hij volgde op een reeds bestaande technische fout en of hij het gevolg was van normale gedragspatronen of niet.

3.4.2 De frequentie van menselijk falen

Menselijk falen is veruit de belangrijkste factor bij het ontstaan van ongelukken in sectoren van menselijke bedrijvigheid, zoals aangetoond door Wagenaar in een artikel in het Nederlands Tijdschrift voor de Psychologie. Zonder menselijk falen zouden 70-90% van de ongelukken die thans plaatsvinden niet ontstaan. Dit getal is vrijwel onafhankelijk van het soort activiteit.

3.4.3 Het niveau waarop fouten worden gemaakt

Bedieners van technische systemen werken op drie niveaus. Op het regelniveau is men bezig met concrete handelingen: men bedient knoppen, leest meters af. Op tactisch niveau vergelijkt men de procesvoortgang met voorschriften, plannen en doelstellingen. Men constateert afwijkingen en bedenkt methoden om die afwijkingen te verkleinen. Op strategisch niveau bedenkt men plannen, voorschriften en doelstellingen. Fouten worden op alle drie niveaus gemaakt.

Fouten op regelniveau komen veelvuldig voor. De reden dat ze weinig aandacht trekken, is dat ze in het algemeen snel zijn te herstellen. Fouten op regelniveau leiden vaak en snel tot storingen, die dan op tactisch niveau worden opgespoord en hersteld.

Op tactisch niveau ontstaan veel grotere problemen. Het schrijven van goede voorschriften voor storingssituaties is bijzonder moeilijk. Voorschriften zijn of te uitgebreid en dan worden ze niet opgevolgd, of ze zijn te kort en dan maakt men in bepaalde situaties fouten.

Op strategisch niveau hebben we te maken met denk- en oordeelsfouten, die leiden tot verkeerde plannen. De voorschriften die golden voor de operators van Con Edison in New York in 1965 voorzagen wel in het afschakelen van belasting in geval van nood, doch de overheersende opdracht was de elektriciteitslevering gaande te houden. Dit was een van de oorzaken van de grote 'black out' in 1965.

3.4.4 Het opnemen van menselijke fouten in een foutenboom

In het algemeen kan men aangeven op welke punten menselijk handelen de gang van een proces beïnvloedt en dus een mogelijke bron van fouten is. De menselijke inventiviteit fouten te maken is echter dermate groot, dat dit soort analyses zeker niet volledig is. Zo ontdekten bestuurders van de Rotterdamse metro dat het mogelijk was de kwiteerknop zodanig te bedienen dat de door de automatische treinbeïnvloeding (ATB) gestelde snelheidsgrenzen konden worden overschreden.

De kans op menselijk falen is bovendien sterk afhankelijk van de omstandigheden. Zogenaamde stressoren kunnen het foutenpercentage sterk opvoeren.

3.4.5 Enige veel voorkomende oorzaken van menselijke fouten

Indeling van menselijke fouten, voor zover mogelijk, geschiedt het beste naar hun oorzaak van ontstaan. Daarmee opent men de mogelijkheid ze te voorkomen.

Een veel voorkomend foutenpatroon is 'maskeren'. In het systeem is een bekende fout met geringe gevolgen aanwezig. De vervolgens optredende ernstige fout wordt over het hoofd gezien, omdat de verschijnselen praktisch identiek zijn met die van de kleine bekende verstoring. Zo werd bij de verontreiniging van het drinkwater in het Rotterdamse Scheepvaartkwartier de verontreiniging abusievelijk toegeschreven aan de (bekende) werkzaamheden aan het leidingnet in de buurt. De (onbekende) mogelijkheid dat een voor de wal liggend schip vuil water in het net pompte, werd hierdoor bij voorbaat uitgesloten.

Een zeer veel voorkomende oorzaak van menselijke fouten is het niet of foutief opvolgen van voorschriften. Dat men voorschriften niet opvolgt, kan bijvoorbeeld als oorzaak hebben dat gegevens niet bekend zijn. Zo wisten de operators van de Beckcentrale in Canada niet op welke waarde de begrenzingsrelais van de uitgaande hoogspanningslijnen waren ingesteld, waardoor de elektriciteitsstoring van New York in 1965 kon worden ingeleid. Een andere reden kan zijn dat de voorschriften onduidelijk zijn, zoals het geval was bij de voorschriften voor de operators van Con Edison omtrent het afschakelen van belasting in noodgevallen. Voorschriften kunnen nodeloos omslachtig zijn of hetzelfde resultaat kan op andere wijze veel eenvoudiger worden bereikt. Het probleem dat zich hier voordoet is dat de operators niet de ontwerpers van het systeem zijn. Om te voorkomen dat zij fouten maken, moeten de voorschriften zeer uitgebreid zijn. Indien men alle gevallen wenst te voorzien, worden de voorschriften zo uitgebreid dat ze niet worden gelezen. De snellere methode die de operator bedenkt, gaat meestal goed, maar soms niet. De operator bezit meestal onvoldoende kennis om te beoordelen wanneer iets mis zal gaan. Daarom is het nodig voorschriften achteraf op hun toepasbaarheid te controleren en zonedig aan te passen.

Een veel voorkomende bron van menselijke fouten zijn stressoren: dit kunnen psychologische stressoren zijn, zoals een plotselinge gebeurtenis of teveel informatie tegelijk, maar ook fysiologische stressoren, zoals vermoeidheid of lawaai. Controlepanelen moeten dan ook altijd zo zijn ontworpen dat bij een storing een eenduidige storingsmelding ontstaat en dat de hoeveelheid informatie per tijdseenheid beperkt blijft (dus niet een paneel met honderd brandende storingslampen).

In de nucleaire industrie er wordt tegenwoordig van uitgegaan dat operators na een calamiteit gedurende een uur niet tot zinvol handelen in staat zijn.

Bij de beheersing van grootschalige elektriciteitsstoringen speelt een rol dat de beslissings-tijd extreem kort is. De totale duur van het storingsverloop in New York in 1965 was 12 minuten. Een misleidend effect was bovendien dat de netfrequentie, alvorens definitief naar nul te gaan, nog even naar de juiste waarde terugkeerde, zodat de operators dachten dat het net zich aan het herstellen was.

Fouten op strategisch niveau worden vaak veroorzaakt door een vals gevoel van veiligheid.

Ook de zogenaamde 'beperkte rationaliteit' speelt een belangrijke rol. Mensen en organisaties hebben de neiging informatie te interpreteren door een bepaalde bril. Een dergelijke beperking is nodig om te overleven te midden van de dagelijkse informatiestroom, doch kan er soms toe leiden dat feiten niet worden opgemerkt of verkeerd worden geïnterpreteerd.

3.4.6 Slotopmerkingen

Het elimineren van menselijke fouten is moeilijk. Daarvoor is het repertoire (gelukkig?) te rijk. Wel is bij de bestaande infrastructures veel geleerd en wordt nog steeds veel geleerd. Zo heeft men in de elektriciteitsvoorziening schakelaars die niet gelijktijdig ingeschakeld mogen zijn, op elkaar vergrendeld. De operator kan de inschakelknop wel bedienen, maar een controleschakeling verhindert dat het inschakelbevel wordt doorgegeven aan de vermogensschakelaar. De operator wordt behoed voor het maken van een fout. Na de storing in New York in 1965 bracht Con Edison beveiligingen aan in de centrales, waardoor werd voorkomen dat bij een cascdestoring de elektrische centrales volledig tot stilstand komen.

Menselijke fouten zijn de voornaamste oorzaak dat risico-analyses, hoe grondig ook uitgevoerd, toch nooit meer kunnen zijn dan schattingen, gedaan naar beste weten.

3.5 Besluitvorming in crisissituaties

Stedelijke infrastructures zijn gekenmerkt door een hoge mate van complexiteit en onderlinge afhankelijkheid. Van vitaal belang voor de continuïteit van stedelijke infrastructures is dan ook de kwaliteit van de besluitvorming bij de besturing en beheersing van deze complexe systemen.

De kwaliteit van de besluitvorming is aan beperkingen onderhevig. Rationele beslissingen, die de beste oplossing voor problemen in het functioneren van stedelijke infrastructures bieden, zijn in de praktijk niet tot stand te brengen. Aan de voorwaarden voor een dergelijke besluitvorming wordt immers niet voldaan. Rationele besluitvorming, waardoor de beste beslissing tot stand komt, vergt dat de besluitvormer alle mogelijkheden kent waaruit hij kan kiezen, dat hij de consequenties van elk alternatief kan voorspellen en dat hij op grond hiervan de alternatieven of combinaties daarvan in een voorkeursvolgorde kan plaatsen. In de maatschappelijke en politieke context is de besluitvorming echter gebonden aan tal van beperkingen. Zo is voor het oplossen van problemen in de stedelijke infrastructuur slechts een beperkte hoeveelheid financiële, personele en materiële middelen beschikbaar. De besteding van deze middelen vereist een afweging tegen de maatschappelijke en politieke relevantie van het oplossen van problemen in andere sectoren van bestuur en beleid. Voor zover middelen ter beschikking komen, is het bovendien aannemelijk dat die middelen niet toereikend zijn om alle alternatieven te verkennen. Uiteenlopende inzichten, opvattingen en belangen met betrekking tot het functioneren van stedelijke infrastructures maken het onwaarschijnlijk dat consensus wordt bereikt over een fundamentele, allesomvattende oplossing.

Derhalve wordt onder normale omstandigheden langs andere en goedkopere wegen naar oplossingen gezocht. Een van de meest gangbare beslissingsprocedures is die van de incrementele besluitvorming. Er wordt volstaan met een zeer beperkte inventarisatie van alternatieven. Het streven is niet gericht op de in theorie beste oplossing, maar op de in de praktijk best haalbare oplossing. Voor een dergelijke oplossing vormt de bestaande situatie, met de bestaande invloeds- en machtsverhoudingen tussen de bij de stedelijke infrastructuur betrokken belangen, het gereede aanknopingspunt. De besluitvormer aanvaardt dat de bestaande verhoudingen slechts incrementeel—met kleine stappen en eventueel via 'trial and error'—kunnen worden gewijzigd.

Ontevredenheid over deze nogal berustende benadering van problemen in de stedelijke infrastructuur leidt naar een besluitvormingsprocedure die de beperkingen welke de maatschappelijke en politieke realiteit stelt, onderkent, maar toch hogere eisen stelt aan de kwaliteit van de besluitvorming. Deze procedure is ontwikkeld door Herbert Simon. Hij duidt op de mogelijkheid binnen de bovengenoemde beperkingen, rationele beslissingen na te streven. Van de besluitvormers wordt gevraagd een bereikbare doelstelling voor het functioneren van de stedelijke infrastructuur te formuleren. Deze doelstelling dient erop te zijn gericht de bestaande situatie aanmerkelijk te verbeteren; maar zij moet met een begrensde investering van middelen en politiek-bestuurlijke aandacht zijn te verwezenlijken.

Onder buitengewone omstandigheden, waarin de stedelijke infrastructuur in hun functioneren worden bedreigd (rampen, rellen, doelbewuste pogingen tot destructie), is de kwaliteit van de besluitvorming aan nog meer beperkingen onderhevig. Juist in situaties van dreiging en van daadwerkelijke verstoring ontbreekt het de besluitvormers aan de nodige tijd om te zoeken naar een rationele oplossing. Kritieke beslissingen moeten worden genomen onder tijdsdruk.

In zulke crisissituaties passen de beslissingsstructuren zich bij de gewijzigde omstandigheden aan. De besluitvorming wordt gecentraliseerd en geconcentreerd in kleine besluitvormingsgroepen. Informatie wordt buiten de normale kanalen om verzameld. Bureaucratische procedures worden omzeild.

Informele hulpbronnen worden gemobiliseerd: creativiteit, solidariteit, het inzetten van andere mensen op andere plaatsen in de organisatie. Informeel leiderschap komt op. Het verdringt soms het formele gezag, dat minder toegesneden is op de noodsituatie. Deze aanpassing aan buitengewone omstandigheden bergt ook gevaren voor de beslissingskwaliteit in zich. Zij gaat gepaard met processen die de kwaliteit van de besluitvorming zelfs in hoge mate kunnen aantasten. Informele besluitvorming, waarbij de bureaucratische schakels worden omzeild en de communicatie in opwaartse en neerwaartse richting sneller verloopt, houdt het risico in dat filters in het informatieproces hun werk niet doen en dat hierdoor teveel informatie her en der op tafel komt. Bovendien ontbreekt het dan aan een zorgvuldige weging van de informatie.

In noodsituaties is er een neiging vooral op die informatie af te gaan die goed nieuws brengt en het uitblijven van informatie als goed nieuws te beschouwen. De toenmalige regering vertoonde een dergelijk gedrag ten aanzien van Schouwen en Duiveland tijdens de stormramp van 1953. In de kleine informele besluitvormingseenheden kan men een neiging tot groepsdenken waarnemen. Groepsdenken is een proces waarbij besluitvormers tot een gezamenlijke definitie van het probleem of tot een unanieme beslissing of aanbeveling komen die een doordachte confrontatie met het probleem uit de weg gaat. Groepsdenken leidt tot beslissingen die zijn gebaseerd op kortzichtig conformisme zonder rekening te houden met ernstige risico's en gevaren. Drie factoren zijn bevorderlijk voor groepsdenken: interne groepsprocessen waarin de individuele deelnemer de controle over zijn eigen denken en handelen verliest; sociale controle, waardoor hij niet langer een afwijkende mening durft te vertolken; anticipatie op de reactie van superieuren, waardoor de neiging bestaat zich collectief in te dekken tegen kritiek.

Groepsdenken gedijt in buitengewone beslissingsituaties. De besluitvormers voelen zich onzeker, maar moeten desondanks snel tot beslissingen komen. Zij sluiten zich gezamenlijk af voor onprettige informatie. De onzekerheid maakt plaats voor overcompenserend denken en handelen, waarbij slechts een kant van de zaak wordt belicht. Groepsdenken kan resulteren in defensief gedrag (het vermijden van het probleem), maar kan ook leiden tot ondoordachte voorstellen en beslissingen die voortkomen uit een buitensporig optimisme en uit gevoel van onkwetsbaarheid.

Er is ook de neiging leemten in de informatie over de dreiging of verstoring aan te vullen met informatie over eerdere dreigingen of verstoringen. Het gebruik van scenario's en draaiboeken werkt de oriëntatie op lessen uit het verleden in de hand. Ook juridische regelingen die immers vaak een uitvloeisel zijn van ervaringen tijdens voorgaande dreigingen, bevorderen de toepassing van historische analogieën. Langs deze weg wordt het accent gelegd op de overeenkomsten tussen buitengewone omstandigheden en worden de verschillen veronachtzaamd.

Dreigende en daadwerkelijke verstoringen van stedelijke infrastructures brengen in en rond het openbaar bestuur een groot aantal organisaties en instellingen in het geweer. Er moet rekening worden gehouden met een massale bestorming van de beslissingsarena door vrijwilligers en personen en groepen met goede raad. Voor de kwalitatief verantwoorde besluitvorming moet men anticiperen op het feit dat sommigen het publieke belang voorop stellen, maar anderen van de nood een privé of institutionele deugd trachten te maken. Organisaties wier bestaansrecht geheel of gedeeltelijk wordt bepaald door hun optreden tijdens buitengewone omstandigheden, is er alles aan gelegen in zulke situaties goed voor de dag te komen. Het is verstandig er rekening mee te houden dat de spanningen tussen deze organisaties hoog kunnen oplopen en de coördinatie van de besluitvorming ernstig kunnen bemoeilijken. Men mag veel, maar niet alles verwachten van de onderlinge solidariteit. Conflicten tussen politie en brandweer, tussen openbare nutsbedrijven, tussen Rode Kruis en Leger des Heils, tussen organisaties van vrijwilligers en professionele hulpverleningsdiensten, zullen zich tijdens buitengewone omstandigheden in meerdere of mindere mate voordoen.

3.6 De economie als storingsoorzaak

Hoewel de economie nooit een directe storingsoorzaak is, heeft hij wel invloed op de kwetsbaarheid op lange termijn. Hiervoor is een reeks oorzaken aan te wijzen.

3.6.1 De overgang van een groeiende naar een constante omzet

De beschouwde infrastructures hebben tot voor kort uitsluitend groei gekend (een uitzondering hierop vormt de omzet van de gasbedrijven in de crisisjaren). Deze groei maakte dat er veel financiële ruimte was. Het besturen van de organisatie was vooral een technisch probleem. Aan deze groei lijkt, tenzij de voortekenen ons ernstig bedriegen, een einde te zijn gekomen (het gebruik van het telefoonnet vormt mogelijk een uitzondering). Dit wil zeggen dat er jaren zullen zijn waarin het verbruik weliswaar kan toenemen, maar perioden van langdurige stabiele groei lijken tot het verleden te behoren. Dit betekent dat kostenbeheersing een veel belangrijker rol zal gaan spelen dan voorheen. Bezuinigingen zullen onder andere tot uitdrukking komen in de personeelsbezetting (onderhouds- en storingsdienst). Dit zal een negatieve invloed hebben op de hersteltijd. Feitelijke verlaging van de betrouwbaarheid van de infrastructuur is pas te verwachten bij een langdurige en blijvende verlaging van het welvaartspeil.

Bij de vaststelling van de verkoopprijs speelt de centrale overheid in het algemeen een belangrijke rol. Politieke motieven kunnen een prijsstijging in overeenstemming met de kostenverhoging verhinderen.

Het stagneren van de groei heeft ook rechtstreeks invloed op de samenstelling van het produktiepark. Het momenteel bestaande overschot aan produktievermogen in de elektriciteitsvoorziening veroorzaakt een minder welwillende houding tegenover kleinschalige experimenten omdat daarmee het overschot wordt vergroot. Het wijzigen van de samen-

stelling van het brandstofpakket brengt rechtstreeks kosten met zich mee. Deze wijziging kon in een situatie van groei gedeeltelijk worden verwezenlijkt door de keuze van de brandstof voor nieuw te bouwen centrales.

3.6.2 De afnemende beheersbaarheid van de grondstoffenmarkt

Naast groei kenden enige van de beschouwde infrastructuren in de achterliggende periode nog een gunstige omstandigheid, namelijk dat de grondstoffenprijzen constant waren of zelfs regelmatig daalden. Hieraan is door de oliecrisis en milieu-eisen abrupt een einde gekomen. Het lijkt erop dat de beheersbaarheid van de olieprijs sterk is afgenomen. Men moet rekening houden met plotselinge stijgingen en dalingen. Het gevolg is dat de samenstelling van het productiepark van de elektriciteitsbedrijven niet meer optimaal is. Een lage olieprijs en een hoge rentestand maken olie- en gasgestookte centrales aantrekkelijk. Een hoge olieprijs en een lage rentestand maakt de inzet van kernenergie en windenergie tot de beste alternatieven. Men tracht aan deze onzekerheid tegemoet te komen door een zo goed mogelijk diversificatiebeleid te voeren. Een probleem is dat de samenstelling van de productieparken in de ons omringende landen afwijkt van die in Nederland. Op dit moment is Frankrijk met zijn hoge aandeel van kerncentrales duidelijk in het voordeel. Maar een daling van de olieprijs tot onder een bepaald niveau kan dit voordeel vrijwel onmiddellijk teniet doen.

Een ander punt is dat een verhoging van de olieprijs ook de omzet van de elektriciteitsbedrijven zal verlagen door het teruglopen van de industriële bedrijvigheid.

Ook de bouw van kolenvergassingsinstallaties, die een duidelijke verbreding van het productiepark van de gasinfrastructuur zou betekenen, is afhankelijk van de slecht beheersbare fluctuaties op de grondstoffenmarkt. Aangezien de kwetsbaarheid van de infrastructuren onder andere door de samenstelling van het productiepark wordt bepaald, kan men stellen dat de economische toestand invloed heeft op de mate van kwetsbaarheid.

3.6.3 'Economy of scale'

Hoewel er discussie mogelijk is over wat nu precies de optimale grootte van productie-eenheden is, is het duidelijk dat kostenverlaging door vergroting van de productie-eenheden in belangrijke mate heeft bijgedragen tot de huidige vorm van onze infrastructuren. Deze vorm is op zijn beurt weer van invloed op de kwetsbaarheid.

Er is steeds een samenhang tussen de betrouwbaarheid en bedrijfseconomische criteria. Vooral bij beslissingen omtrent installatie van reservemiddelen worden tegenwoordig kritische beschouwingen gemaakt. Lage waarden van de 'Mean Time Between Failure' (MTBF) en hoge waarden van 'Mean Time To Repair' (MTTR) leidden in het verleden tot een eenduidige keuze voor een hoofdmiddel en een volwaardige reserve. De betere MTBF- en MTTR-waarden van moderne (elektronische) apparatuur leiden tegenwoordig tot een nauwkeuriger definiëring van de eisen. Vaak blijkt voor eenzelfde beschikbaarheid slechts een volwaardige reserve nodig te zijn op verscheidene hoofdbedrijfsmiddelen.

3.6.4 Alternatieven voor de individuele afnemer

Zonder hierop in detail te willen ingaan, moeten we nog een ander aspect noemen. De gang van zaken in de economie in het algemeen zal bepalen in hoeverre de afnemers geneigd en in staat zijn zich voor het risico van uitval van infrastructuren in te dekken. Ook de mogelijkheid bij langdurige uitval van een infrastructuur eigen alternatieven aan te schaffen, is in sterke mate afhankelijk van de koopkracht. Hoewel de centrale overheid hierin een belangrijke sturende functie heeft gehad, is het duidelijk dat een van de meest succesvolle strate-

gieën tegen de gevolgen van de oliecrisis, het isoleren van woningen nooit in zo'n korte tijd resultaat had opgeleverd als niet de gemiddelde Nederlander over voldoende geld had beschikt voor deze investering. Het is duidelijk dat de kwetsbaarheid van de stadsbewoner bij een en dezelfde uitvoering van haar infrastructuur in sterke mate samenhangt met de welvaart van haar bewoners.

3.7 De sociale omgeving als storingsbron

3.7.1 Het effect van stakingen

De beschouwde infrastructuur zijn in verregaande mate geautomatiseerd. In geval van een staking kan een zeer kleine groep mensen het systeem nog gaande houden. Hoe lang het systeem dan blijft functioneren, is afhankelijk van de betrouwbaarheid van de componenten, want een dergelijke beperkte bemanning is niet in staat herstelwerkzaamheden uit te voeren. De onderhoudstoestand van het systeem is in een dergelijk geval belangrijk. Ervaringen in Groot-Brittannië hebben aangetoond dat er een aanmerkelijk grotere gevoeligheid voor stakingen bestaat in de elektriciteitsvoorziening dan in de watervoorziening. Dit hangt samen met het feit dat de watervoorziening sterker is geautomatiseerd dan de elektriciteitsvoorziening. Bij een staking is de kans op grootschalige storingen in de watervoorziening uiteraard groter, bijvoorbeeld door het niet opmerken van een verontreiniging van het water van Rijn of Maas.

Deze situatie verandert volledig als personeel van infrastructuur het functioneren van een of meer infrastructuur bewust tot stilstand brengt. Deze storing is in zoverre zelfbegrenzend, dat het stakende personeel ook zelf afhankelijk is van de infrastructuur voor de levering van water, gas en elektriciteit. Voor telefonie geldt deze begrenzing overigens niet. Een langdurige onderbreking is bij de water- of energievoorziening niet te verwachten; wel frequente kortstondige onderbrekingen. Er vindt verlaging van de gemiddelde beschikbaarheid plaats. Het feit dat een systeem wordt beheerd door een kleine groep, maakt dat een van de beste stakingsbrekers, het leegraken van de stakingskas, niet werkt.

Mocht een werkelijk bedreigende situatie ontstaan, dan is ingrijpen van de centrale overheid mogelijk. Een complicatie daarbij is dat bepaalde complexe systemen, zoals de elektriciteitsvoorziening, alleen door het eigen personeel op verantwoorde wijze kunnen worden bestuurd.

De waterleidingstaking in Groot-Brittannië in 1983

Als gevolg van mislukte loononderhandelingen gingen 29.000 arbeiders van de Britse waterleidingbedrijven in staking. Zij eisten dezelfde beloning als arbeiders in de elektriciteits- en gassector. Het kantoorpersoneel bleef echter aan het werk.

Over de uiteindelijk te verwachten gevolgen van deze landelijke staking bestond veel onzekerheid. Stakingsleiders voorspelden dat de inhoud van riolen door de straten zou lopen en dat vee zou moeten worden geslacht bij gebrek aan water. Toiletten zouden onbruikbaar worden, nadat pompen van rioleringen geblokkeerd geraakt zouden zijn. De staking duurde een maand en gedurende die maand was er een periode waarin het matig vroom.

Desondanks bleven de gevolgen beperkt. Hiervoor is een aantal redenen te noemen. De staking werd niet tot het uiterste doorgezet: Ziekenhuizen konden rekenen op een ongestoord watervoorziening en zonodig werden gesprongen leidingen die ziekenhuizen van hun watervoorziening beroofden, gerepareerd. Het kantoorpersoneel hield de zaak gaande en bovendien zijn pompen van waterleidingen geautomatiseerd. De voornaamste pro-

blemen waren leidingbreuken en ontregeling van de kwaliteit doordat filters niet meer werden gereinigd en geen chloor meer werd toegevoegd aan het water. Een bedreiging vormde het feit dat rioolwaterzuiveringsinstallaties niet meer werkten, zodat ongezuiverd water in rivieren terecht kwam en benedenstrooms als drinkwater werd opgepompt zonder dat chloor werd toegevoegd. (In Grootbritannien behoort het rioleringsstelsel tot dezelfde organisatie als de waterleiding).

Voor de huishoudens had de staking onder andere tot gevolg dat 7,5 miljoen families werd aangeraden het water te koken en dat 45.000 woonhuizen geheel en al waren verstoken van water. Kwetsbaar waren de bejaarden, die niet in staat waren het water over grote afstand aan te voeren. Voor zover bekend zijn er geen ziekten als paratyphus gesignaleerd als gevolg van de staking.

Gevolgen voor andere infrastructures en industrieën waren er veel.

De elektrische centrale Skelton Grange B in Leeds moest sluiten omdat het ketelvoedingswater te zeer verontreinigd was. De afnemers werden opgeroepen het elektriciteitsverbruik met 20% te beperken.

Bij de kerncentrale in Anglesey had men als veiligheidsmaatregel tankwagens met water gereed staan om bij te springen als de watervoorziening het begaf, om te vermijden dat de centrale, die miljoenen mensen van energie voorziet, zou uitvallen.

In een ziekenhuis in Westminster werd een 19e-eeuwse bron heropend. Een ziekenhuis in Cardiff vreesde voor het leven van nierdialysepatiënten.

In Cornwall kwam een aantal industrieën zonder water. De grote bedrijven, zoals British Steel, brouwerijen en papierfabrieken, bleken over eigen bronnen te beschikken. Voor sommige bier- en frisdrankenindustrieën was de staking een buitenkansje.

De National Water Board was door de regering Thatcher aangespoord een hard standpunt in te nemen. Na drie weken staken werd een bemiddelingscommissie benoemd, die in sterke mate tegemoet kwam aan de eisen van de stakers. Na een week onderhandelen werd de staking beëindigd.

Een begrenzend factor in de hele staking vormde de mogelijkheid in geval van nood (beroeps)militairen in te zetten.

3.7.2 Demotivatie van werknemers

Wat is gezegd ten aanzien van stakingen geldt ook voor demotivatie van werknemers, bijvoorbeeld door een voortdurende daling van het besteedbaar inkomen. Automatisering verhuut veel van de effecten, maar er zijn processen, waarbij menselijk handelen nog een essentiële rol speelt. Het beheren van infrastructures vergt zeer veel zorg. Is die zorg onvoldoende, dan heeft dat onherroepelijk consequenties. In tegenstelling tot stakingen is demotivatie een proces dat nogal ongemerkt en langzaam verloopt. Hetzelfde geldt voor het opnieuw motiveren. Zodra de gevolgen ervan in het functioneren van de infrastructures zichtbaar worden, zal het herstel van hoge gemotiveerdheid lange tijd in beslag nemen.

In de literatuur van de jaren zestig werd algemeen aangenomen dat geldelijke beloning een zogenaamde 'dissatisfier' was. Een te geringe beloning werkt ontevredenheid in de hand, maar hogere beloning werkt niet extra motiverend. De laatste tijd is onder invloed van de geringere welvaart de discussie over prestatiebeloning weer op gang gekomen. Kennelijk begint de indruk te ontstaan dat geldelijke beloning wel degelijk motiverend kan werken, ook als aan de eerste levensbehoeften is voldaan.

De gevolgen van demotivatie zullen het eerst tot uitdrukking komen in de hersteltijd van storingen.

3.7.3 Kunnen de beschouwde infrastructuren aanleiding geven tot vijandig gedrag?

Voor de beschouwde infrastructuren valt in Nederland alleen te denken aan fluoridering en jodering van het drinkwater en aan kerncentrales.

De bouw van kerncentrales gaf in de Verenigde Staten aanleiding tot publikaties dat de kwetsbaarheid van kerncentrales de overheid zou noodzaken een soort politiestaat in te voeren. Hoewel het duidelijk is dat centrale opwekeenheden in het algemeen meer beveiliging vereisen dan kleine gedecentraliseerde eenheden, lijkt het echter wat ver gaan te veronderstellen dat uitsluitend de komst van kerncentrales een politiestaat zou kunnen inleiden.

Het is echter zinvol nader in te gaan op de achtergronden van deze maatschappijvisie. Daarbij is het van belang in hoeverre het huidige milieubewustzijn ook in de jaren negentig—wanneer in Nederland mogelijk nieuwe kerncentrales gebouwd zullen worden—onverminderd aanwezig zal zijn. Om hierin een inzicht te krijgen is het van belang na te gaan welke factoren hebben geleid tot de opkomst van de milieubeweging.

De intrigerende vraag is namelijk waarom de milieubeweging juist in de jaren zeventig weerklank begon te krijgen in de Nederlandse samenleving. Als men de vele beschouwingen over het milieu mag geloven, zijn de risico's die onze samenleving loopt door grootschalige toepassing van techniek steeds groter geworden. Een feitelijke bevestiging, bijvoorbeeld in een aanzienlijke daling van het gemiddeld aantal te verwachten levensjaren van de Nederlander, is echter niet te vinden. Bovendien is de schadelijke invloed op het milieu niet het enige risico dat we lopen. Omdat mensen zich niet met alle risico's kunnen bezighouden, selecteren ze. Verschillende mensen zijn bang voor verschillende risico's. Zo vreest een speculant op de beurs vooral een beurskrach, de milieubeweging vreest een milieuramp. Deze selectie, zo betogen Douglas & Wildavsky, wordt vooral bepaald door de sociale omgeving. Zo is het opvallend dat vooral in de landen die van oudsher een democratische traditie kennen, de milieubeweging een belangrijke invloed heeft kunnen verwerven. Vooral de Amerikaanse samenleving heeft een sterke afkeer van absolute macht. In de 'Declaration of rights' liggen de slechte ervaringen met het Franse absolutisme verankerd.

Dat het daarbij in sterke mate gaat om de voorstelling die men van een risico heeft, bewijst de recente problematiek rond de aanleg van een 400 kV hoogspanningsleiding in de Verenigde Staten. Hoewel de nabijheid van hoogspanningslijnen niet geheel zonder invloed op levende organismen is, is enig daaraan verbonden risico niet aangetoond. Toch liep de discussie rond deze lijn zo hoog op, dat boze boeren er toe overgingen een aantal hoogspanningsmasten op te blazen.

Daarnaast stellen Douglas en Wildavsky dat de opkomst van de milieubeweging vooral is veroorzaakt door de opkomst van een groep mensen in de samenleving met een hoog opleidingsniveau, doch zonder een directe binding met de centrale overheid of het bedrijfsleven.

Bureaucratieën hebben sterk de neiging de continuïteit van de organisatie te verzekeren. Leden van die organisatie mogen zich niet te kritisch opstellen, omdat dit de continuïteit in gevaar brengt. Bureaucratieën zijn bovendien slecht in het reageren op nieuwe risico's omdat die hun routinematig functioneren verstoren.

Ook het bedrijfsleven is, met zijn sterke behoefte aan maximalisatie van de winst, matig geïnteresseerd in risico's waarvan het effect pas na geruime tijd merkbaar zou kunnen zijn.

Mensen in het bedrijfsleven beseffen vaak de risico's van hun bezigheden wel, maar omdat hun bestaan op korte termijn sterk is gekoppeld aan het nemen van deze risico's, tendeert men naar een houding dat het allemaal zo'n vaart niet zal lopen. Men is ook optimistisch ten aanzien van de kans dat in de toekomst oplossingen kunnen worden gevonden voor de aanwezige problemen.

De in de jaren zestig ontstane groepen 'nieuwe vrijgestelden' werden in hun oordeelvorming echter niet door een van beide voorgaande begrenzingsmechanismen geremd. Hun denken tenderde ook sterk in de richting van rampen.

Inmiddels heeft het milieubewustzijn zich ook stevig genesteld in het bureaucratisch apparaat, waarmee een zekere duurzaamheid lijkt te zijn verzekerd.

Zoals eerder betoogd, zal de publieke opinie zich vooral richten op het risico van het moment. Waren in de jaren zestig en zeventig de risico's van een economische crisis slechts latent aanwezig, nu is dat zeker anders. De moeilijke positie waarin de Nederlandse elektriciteitsbedrijven zich bevinden door hun hoge brandstofkosten zal dan ook zeker leiden tot een verminderde interesse in technische risico's. Anderzijds kunnen incidenten, zoals een nieuwe oliecrisis of een ernstig ongeluk met een kerncentrale, plotselinge verschuivingen teweeg brengen in de publieke opinie: een oliecrisis ten gunste en een ongeluk in een kerncentrale ten nadele van kernenergie.

Als de milieubeweging de continuïteit van de elektriciteitsvoorziening in gevaar zou brengen, mag men, gezien de uitgebreide inspraakprocedures en de Nederlandse volksaard, aannemen dat dit geen echt gewelddadig karakter zal krijgen. Veeleer valt te vrezen voor de verzanding van de besluitvorming in inspraakprocedures. Dit zou in de toekomst gevolgen kunnen hebben voor het opgestelde reservevermogen.

Los hiervan staat dat de Nederlandse elektriciteitsbedrijven bij de huidige samenstelling van het brandstofpakket in bepaalde gevallen verlies lijden. Dit heeft al geleid tot bezuinigingen met de daaraan verbonden mogelijk nadelige gevolgen voor de bedrijfszekerheid.

3.7.4 Het niet meer groeien van infrastructuren

Organisaties in de groeifase blijken zich in het algemeen sneller te herstellen van verstoringen dan systemen die een constante omvang hebben of in verval verkeren. Aangezien de meeste van de beschouwde infrastructuren recent hun groei tot stilstand zagen komen, lijkt het zinvol aan dit fenomeen nadere aandacht te besteden.

Als gevolg van de verwoestingen tijdens de tweede wereldoorlog beschikken we thans over moderne middelen en systemen.

Een van de meest voor de hand liggende redenen dat organisaties in een groeisituatie zich sneller herstellen, is daar in gelegen dat de hele bouworganisatie al aanwezig is. Zowel de infrastructuur zelf als de toeleverende industrie zijn geëquipeerd om omvangrijke bouwprogramma's uit te voeren. Zodra de infrastructuur een stationaire toestand bereikt, zullen deze nieuwbouwgroepen verdwijnen. Het is duidelijk dat het weer opbouwen van een dergelijke organisatie veel tijd kost.

Een tweede facet is dat een organisatie in de groeifase een sterke aantrekkingskracht uitoefent op de meest talentvolle werknemers. Dit heeft tevens ingrijpende gevolgen voor het onderzoekspotentieel bij de industrie en de infrastructuur. Van het in opbouw zijn gaat bovendien een sterk motiverende werking uit.

In deze situatie komt, als de organisatie een constante omvang bereikt, verandering. De kennis van het systeem bij de medewerkers is niet meer ontstaan door het bouwend leren. De organisatiestructuur dient hierop te worden aangepast, evenals de stijl van leiding geven. In de literatuur wordt deze stijl van leiding geven als kritisch beheer omschreven. Zeker voor de (monopolistische) beheerders van infrastructuur is een hoge graad van alertheid ten aanzien van de omgeving vereist, opdat de hoge kwaliteit en betrouwbaarheid behouden kunnen blijven.

Het is bovendien gewenst dat in het onderwijs, vooral het universitair en hoger beroepsonderwijs, voldoende nadruk wordt gelegd op deze vakgebieden, opdat een zo goed mogelijk beheer, ook in de toekomst mogelijk blijft.

4. Watervoorziening

4.1 Het technisch systeem

4.1.1 De grondstof

Voor de drinkwatervoorziening in Nederland wordt gebruik gemaakt van oppervlaktewater en grondwater.

Oppervlaktewater wordt onttrokken aan rivieren, beken en meren. Vervolgens wordt het water opgeslagen in een spaarbekken (zoals bij Rotterdam) of via een pijpleiding geïnfiltrteerd in de duinen (zoals bij 's-Gravenhage en Amsterdam). Het ingenomen rivierwater bereikt daardoor pas na enige maanden de afnemer in de grote steden.

Vooraf het water van de Rijn is sterk verontreinigd. Daarom halen Rotterdam en 's-Gravenhage hun water uit de Maas. Amsterdam betreft echter zijn water rechtstreeks uit de Rijn, zodat bij plotselinge verontreiniging een relatief hoge beslissingssnelheid is vereist. Een probleem op lange termijn is dat zuivering van verontreinigd oppervlaktewater grote hoeveelheden met zware metalen verontreinigd slib oplevert. De opslag daarvan wordt steeds moeilijker.

Bij het gebruik van grondwater wordt water uit de ondergrond omhoog gepompt. Als er slecht doordringbare kleilagen boven het winpunt zitten, is er een zodanig indirecte relatie tussen wat zich aan de oppervlakte afspeelt en de waterwinning dat weinig te duchten valt van verontreinigingen aan de oppervlakte. Een sluimerende verontreiniging die na lange tijd een waterwinpunt bereikt, heeft echter blijvende gevolgen.

Anders dan fossiele energie wordt water niet verbruikt, maar het kan dan wel zodanig verontreinigd zijn dat het ongeschikt wordt voor consumptie, zelfs na filtering. Aandacht voor bescherming van bodem en grondwater is dus voortdurend geboden.

In Nederland is op dit moment nauwelijks een toenemend verbruik van drinkwater. Het gebruik van drinkwater vormt slechts een klein deel van het totale gebruik van de grondstof water. Het grootste gebruik van niet-drinkwater vindt plaats in de landbouw. Alleen in extreem droge zomers is er regionaal een tekort aan de grondstof water. De drinkwatervoorziening loopt daarbij geen enkel gevaar.

4.1.2 De produktiemiddelen

De grondstof water zal tegenwoordig in de meeste gevallen moeten worden behandeld voordat het als drinkwater kan worden gebruikt.

Afhankelijk van de aard van de grondstof, oppervlaktewater of grondwater, en de kwaliteit zal de zuivering uitgebreider en gecompliceerder zijn.

Bij gebruik van oppervlaktewater via een spaarbekken, bestaat het zuiveringsproces globaal uit natuurlijke zuivering bij het spaarbekken en een chemische zuivering bij het productiebedrijf, met op beide plaatsen aansluitend beluchting en filtratie, alvorens het drinkwater wordt opgeslagen en gedistribueerd.

Indien oppervlaktewater wordt geïnfiltrteerd in de duinen, wordt het meestal al voor de infiltratie voorgezuiverd.

Wanneer het geïnfiltrteerde water daarna wordt gezuiverd tot drinkwater, is dat proces vrijwel identiek aan het zuiveringsproces van grondwater, namelijk beluchting met enkele of dubbele filtratie voor de verwijdering van de bij de beluchting gevormde geoxydeerde stoffen.

Daarna wordt het gezuiverde water opgeslagen en gedistribueerd. Het zuiveringsproces is zodanig opgezet dat interne storingen in principe de continuïteit van de infrastructuur niet

aantasten. Dat komt onder andere door het plaatsen van reserve-onderdelen en het maken van omleidingen. Per object vindt een beoordeling van de benodigde reserve plaats.

Voor het transport staan in de produktie-eenheid verscheidene pompen per eenheid opgesteld; er wordt altijd een pomp in reserve gehouden. De pompen worden meestal elektrisch aangedreven. Bij uitval van de openbare elektriciteitsvoorziening worden de elektromotoren gevoed uit noodstroomaggregaten, die meestal op dieselolie lopen. Sommige waterleidingbedrijven hebben slechts een enkel produktiebedrijf. Andere, zoals de NV Waterleiding Friesland, hebben er meer.

Het zuiveringsproces verloopt bij een aantal waterleidingbedrijven geheel automatisch, inclusief het schoonspelen van de filters. Bij de overige bedrijven vormt menselijk handelen onderdeel van het produktieproces.

4.1.3 Transport

Het op het produktiebedrijf gezuiverde water wordt uit de reinwateropslag gedistribueerd over het voorzieningsgebied.

Het transportsysteem kan worden onderverdeeld in transportleidingen, hoofdleidingen en dienstleidingen.

Transportleidingen dienen voor het transport van water van de produktiebedrijven naar de woon- en industriekernen, zonder directe aansluiting van individuele afnemers of industrieën. Vanaf de transportleidingen vinden aftakkingen plaats door middel van hoofdleidingen, die het transport binnen de woonkernen en naar industriegebieden verzorgen. De afnemers zijn met een dienstleiding op dit hoofdleidingnet aangesloten.

4.1.4 Bewaking, bediening en bedrijfsvoering

De kwantiteit

Uiteraard moet het systeem continu worden bewaakt, opdat een storing zo snel mogelijk wordt gesignaleerd. De middelen die een waterleidingbedrijf daarvoor ter beschikking heeft, variëren nogal per bedrijf.

Bezit het bedrijf slechts een produktiebedrijf, dan kan worden volstaan met een meldkamer waarin het functioneren van dit ene station en de bediening van de onderstations (reinwaterkelders) zijn ondergebracht. Beschikt men over meer dan een produktiebedrijf dan heeft het waterleidingbedrijf soms de beschikking over een centrale bewakingspost.

Daar het proces continu verloopt en de diverse objecten geen of geen continue personeelsbezetting hebben, zullen besturing en bewaking in sterke mate geautomatiseerd zijn. In principe is een groot deel van de bewaking geïntegreerd in de opzet van het geautomatiseerde proces.

Afhankelijk van de uitgestrektheid van het voorzieningsgebied maakt het bedrijf voor communicatie gebruik van het mobilfoonnet van de PTT of van een eigen mobilfoon- of telefoonnet.

Controle vindt bovendien plaats in de vorm van periodiek onderhoud.

Vanwege het continue karakter van de drinkwatervoorziening dient het personeel in geval van storing altijd bereikbaar te zijn. Hoe dit geschiedt, is afhankelijk van de situatie en kan variëren van continue bezetting van een centrale bewakingspost met een totaaloverzicht over het produktie- en distributiesysteem tot het via telecommunicatie bereikbaar zijn van storingsmedewerkers.

De bedrijfsvoering omvat onder andere het voldoende gevuld houden van de voorraadbekkens van het produktiebedrijf.

De kwaliteit

De diversiteit in de bewaking van de waterkwaliteit is groter dan die van de kwantiteit. Het water kan worden bewaakt op de volgende aspecten:

- chemische verontreinigingen;
- bacteriologische verontreinigingen;
- toxiciteit;
- mutageniteit (wijzigingen in het erfelijkheidsmateriaal);
- virologische verontreiniging (virussen);
- radio-activiteit.

In het merendeel van de bedrijven vindt dit soort onderzoeken periodiek plaats (eens per twee weken). Slechts bedrijven die erg veel last hebben van verontreinigingspieken voeren continu metingen aan het oppervlaktewater uit.

Bepaling van de aard der verontreiniging kan betrekkelijk lang duren, zoals in tabel 4.1 is aangegeven.

Tabel 4.1 De tijd, nodig voor het kwaliteitsonderzoek van drinkwater.

Acties	Totale tijdsduur
Monsternamen en transport voor eerste beoordeling	—
Monsternamen en transport voor voortgezet onderzoek	3½ - 7 uur
Chemisch onderzoek	5½ - 13 uur
Bacteriologisch onderzoek	enkele dagen
Onderzoek naar acute toxiciteit	2 - 5 dagen
Onderzoek naar mutageniteit	5 dagen
Virologisch onderzoek	2 à 3 weken
Onderzoek naar radio-activiteit	3 - 8 dagen

Bron: W. van de Meent, H₂O, nr. 10, 1983.

4.2 Het economisch systeem

De begroting van een waterleidingbedrijf is doorgaans gebaseerd op dekking van kosten. Slechts enkele gemeentelijke bedrijven leveren een bijdrage aan de gemeentekas.

De inkomsten worden voornamelijk verkregen uit de verkoop van het afgeleverde water. De uitgaven bestaan voor het grootste deel uit personeelskosten, kapitaalslasten (rente en aflossing) en energiekosten.

Voor grote investeringen verkrijgen de naamloze vennootschappen de financiële middelen veelal rechtstreeks op de kapitaalmarkt. Gemeentebedrijven lenen van de Bank Nederlandse Gemeenten. Het investeringsniveau van alle waterleidingbedrijven samen bedroeg in 1981 ca. 400 miljoen gulden. De verhouding van dit bedrag tot de omzet, in 1981 1,3 miljard gulden, is hoog in vergelijking met de gas- en elektriciteitsvoorziening.

Het aantal werknemers in deze sector bedroeg in 1981 8.300.

Enig verband tussen het uitgavenpeil en de betrouwbaarheid van het systeem is niet eenvoudig aan te geven. Een poging hierin meer inzicht te krijgen, is verricht in het kader van het integraal onderzoek drinkwater Zuidholland. Het belang dat de overheid aan de watervoorziening hecht in verband met de volksgezondheid maakt het onwaarschijnlijk dat men de direct merkbare betrouwbaarheid om der wille van bezuiniging zou willen verlagen. Als er ten gevolge van financiële druk besparingen moeten plaatsvinden, zullen die in eerste instantie worden gezocht in verlaging van de exploitatiekosten door vermindering van personeel. Dit kan gevolgen hebben voor de beschikbaarheid van drinkwater.

Sluiting van het modernste productiebedrijf Kralingen in Rotterdam, waarover momenteel discussie gaande is, zou een directe vermindering van de betrouwbaarheid in technische zin teweeg brengen, omdat Rotterdam daarmee afhankelijk wordt van slechts een productiebedrijf.

Voorzienen ten behoeve van zeldzame maar ernstige calamiteiten, waarvan de effecten niet direct merkbaar zijn, lopen wel gevaar door bezuiniging te worden getroffen.

Overigens is het zo dat voorzieningen die de betrouwbaarheid van de infrastructuur verhogen, zoals het via twee wegen voeden van de afnemer, niet uitsluitend hiervoor bestemd zijn. Deze voorzieningen hebben veelal ook een functie in het normale proces.

Verhoging van de tarieven voor het verkochte water is begrensd door de door het Ministerie van Economische Zaken toegestane maximale verhoging.

4.3 Beheer en onderhoud

Waterleidingbedrijven zijn vrijwel allemaal provinciale of gemeentebedrijven. Soms is gekozen voor een NV-vorm.

Een belangrijke rol van de beherende organisatie is het behandelen van klachten van de afnemers.

Bij verontreinigingen in het transportnet, die onder andere optreden door veelvuldige werkzaamheden aan het net, is de afnemer veelal de eerste die een verstoring van de kwaliteit signaleert. De interpretatie van dit soort klachten is niet altijd eenvoudig en nogal gevoelig voor menselijke fouten. Een verkeerde analyse is niet uitgesloten.

Voor het onderhoud van de infrastructuur zijn voldoende vakbekwame mensen en middelen nodig. Effectiviteit van de organisatie is een wezenlijk punt. Zoals in 4.5 en 8 nader zal worden toegelicht, zijn waterleidingbedrijven bij de meeste storingen niet afhankelijk van andere infrastructuren. Communicatie speelt een belangrijke rol.

De overheid beïnvloedt de continuïteit van deze infrastructuur in planologische zin (Structuurschema Drink- en Industriewatervoorziening; vergunningen ten behoeve van onttrekking van grond- en oppervlaktewater).

De Regionale Inspectie Volksgezondheid houdt toezicht op de kwaliteit van het drinkwater.

4.4 Gewenst voorzieningsniveau en criteria

Artikel 4.1 van de Waterleidingwet luidt:

'De eigenaar van een waterleidingbedrijf is gehouden zorg te dragen dat de levering van deugdelijk drinkwater aan de verbruikers in het distributiegebied gewaarborgd is in zodanige hoeveelheid en onder zodanige druk als het belang der volksgezondheid vereist.'

Een kortstondige onderbreking van het systeem zal in de regel geen ernstige gevolgen hebben.

De kwaliteit van de drinkwatervoorziening ligt vast in wettelijke normen, mede geënt op EG-richtlijnen en voorts verwoord in Aanbevelingen van de Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland (VEWIN). De Aanbevelingen zijn normen waaraan de bedrijfstak zich behoort te houden, maar zijn geen voorschriften waarvan onder geen enkele omstandigheid mag worden afgeweken.

Het kwaliteitsaspect wordt door de waterleidingbedrijven zelf bewaakt door de nodige kwaliteitscontrole, maar ook door de Inspectie voor de Volksgezondheid.

Omtrent de hoeveelheid te leveren water en de druk wordt in Aanbevelingen het volgende aangegeven. De druk dient in alle tappunten tot 10 meter boven maaiveld in een woning tenminste 100 kPa te bedragen (tien meter waterkolom). Dit hangt samen met de goede werking van onder andere douches en geysers, die afhankelijk van de druk zijn.

De genoemde druk is gebaseerd op een drinkwaterbehoefte gedurende een zogenaamd maatgevend etmaal. Hieronder wordt verstaan de drinkwaterbehoefte gedurende een etmaal, waarbij de kans dat deze drinkwaterbehoefte wordt overschreden niet groter mag zijn dan 0,1 dag per jaar of een gemiddelde kans van 1 dag per 10 jaar.

Inzake de inrichting van bedrijfsonderdelen van waterleidingbedrijven zegt Aanbevelingen dat het waterproduktiebedrijf zodanig dient te zijn ingericht dat op het maatgevend etmaal aan de drinkwaterbehoefte in het voorzieningsgebied wordt voldaan.

4.5 Kwetsbaarheden en afhankelijkheden

4.5.1 De kwantiteit

De grondstof

Zoals in 4.1.1 reeds werd opgemerkt, is de kans op een tekort aan drinkwater in Nederland ten gevolge van droogte gering. Een waterleidingbedrijf is veelal wel afhankelijk van de ongestoorde aanvoer van bepaalde chemicaliën zoals chloor.

Maakt een waterleidingbedrijf gebruik van spaarbekkens, dan kan dijkbreuk of overstrooming storing veroorzaken. In het eerste geval zal geen onderbreking van de watertoevoer plaatsvinden als een waterleidingbedrijf over meer dan een spaarbekken beschikt. Bij overstrooming is de kans groot dat verscheidene spaarbekkens tegelijk onderlopen. Er kan dan een zodanige verstoring van de kwaliteit optreden dat de spaarbekkens gedurende langere tijd onbruikbaar zijn. Hetzelfde kan worden gezegd van het pomp- annex voorzuiveringsstation als dit bijvoorbeeld door een externe oorzaak buiten bedrijf geraakt.

Een waterleidingbedrijf dat over een buffer in de duinen of een spaarbekken beschikt, zoals bij de grote steden, kan enige maanden functioneren zonder water uit de rivier te hoeven opnemen.

De produktiemiddelen

De opzet van een produktie-eenheid is zodanig, dat in principe een storing in een onderdeel daarvan niet onmiddellijk leidt tot stagnatie in de produktie en daardoor tot verstoring van de infrastructuur. In de loop der jaren is een technische opzet ontwikkeld met een grote mate van bedrijfszekerheid. De totale uitschakeling van een produktie-eenheid wordt daarmee echter niet voorkomen.

Veel bedrijven kunnen in geval van nood ook met de hand worden bediend. Het tempo van herstel na een onvoorziene storing waarbij uiteraard improvisatie nodig is, wordt in sterke mate bepaald door eigen initiatief van het ter plaatse aanwezige personeel.

Het transport

Veelal zijn de produktie-eenheden door een transportleiding onderling verbonden. Doordat woonkernen in principe een meervoudige aansluiting op het transportsysteem bezitten, zal de watervoorziening slechts betrekkelijk korte tijd gevolgen ondervinden van een onderbreking van dit systeem.

Het transportsysteem binnen de kernen is overeenkomstig van opzet.

De bewaking

Het uitvallen van het bewakingscentrum zal het functioneren van de watervoorziening wel ernstig bemoeilijken, maar niet onmogelijk maken. Het dient alleen voor de signalering van fouten.

Het regelproces zelf verloopt zo traag dat ook met normale telefoonverbindingen de bedrijfsvoering mogelijk is.

4.5.2 De kwaliteit

De grondstof

Bedrijven die hun grondstof betrekken uit rivieren zijn de laatste tientallen jaren in toenemende mate geconfronteerd met verontreinigingen. Vooral de bedrijven die afhankelijk zijn van de Rijn hebben een uitgebreid informatiesysteem moeten opzetten om snel te kunnen reageren op plotselinge verstoringen. Door middel van voorraadvoering overbrugt men kortstondige verontreinigingen. Continue verontreiniging door afvalwaterlozing of luchtverontreiniging brengt echter veel grotere problemen met zich mee. Voor bedrijven die hun water onttrekken aan een langzaam stromende rivier als de Maas of die grondwater gebruiken, is de beslissingstijd bij het optreden van verontreinigingen langer. Een actief beleid op dit gebied blijft voorwaarde voor een betrouwbare drinkwatervoorziening.

De zuivering

Een voortdurende controle op het zuiveringsproces is nodig. Niet alleen moet de wijze van zuivering zijn afgestemd op de kwaliteit van het ongezuiverde water, bovendien moet worden gezorgd dat het zuiveringsproces zelf niet ontregeld raakt.

De produktiemiddelen

In het transportsysteem speelt de kwaliteit van het drinkwater een zeer belangrijke rol. Het water wordt direct aan de afnemer geleverd en dient altijd van onverdachte kwaliteit te zijn.

Recent heeft zich een aantal gevallen voorgedaan waarbij, door het terugstromen van verontreinigd water of penetratie van in de grond aanwezige giftige stoffen door de buiswand, verstoring van de kwaliteit optrad. Afnemers ervaren dit soort voorvallen als zeer ingrijpend. Waterleidingbedrijven en overheid samen dienen in die situaties te zorgen dat zo snel mogelijk weer kwalitatief goed drinkwater kan worden geleverd.

De bewaking

Voor zover de bewaking momentaan geschiedt, moet men bedacht zijn op defecte meetinstrumenten. Een regelmatige controle en eventueel het dubbel uitvoeren van deze instru-

menten is derhalve gewenst. Voor zover bewaking van de kwaliteit een zaak is van menselijk handelen, moeten vakmanschap en organisatorische procedures de nodige waarborgen bieden.

4.5.3 Evaluatie

Wat zijn de punten die de meeste aandacht behoeven? In termen van kwantiteit is dat het productiebedrijf. Immers, de spaarbekken en voorzuivering zijn alleen bedoeld om extreme droogteperioden te overbruggen. Als het productiebedrijf niet functioneert is daadwerkelijk het bedrijf gedeeltelijk of geheel geblokkeerd. Schade aan het transportnet treedt weliswaar veelvuldig op, maar heeft minder ernstige consequenties: het betreft een kleiner deel van het voorzieningsgebied dan een verstoring in een van de productiebedrijven. De hersteltijd is, zolang geen bacteriologische verontreiniging plaatsvindt, betrekkelijk kort. Is dit wel het geval, dan kan herstel van de waterkwaliteit soms enige weken duren. In termen van kwaliteit moeten wij vooral denken aan de grondstof. Ogenscheinlijk vertegenwoordigen incidenten als in het Rotterdamse scheepvaartkwartier toen een Frans oorlogsschip in plaats van drinkwater in te nemen zijn afvalwater in het waterleidingnet pompte, een groter risico dan de verontreiniging van de Rijn met chloornitrobenzeen (zie 4.8). Maar het probleem in het Scheepvaartkwartier is op te lossen met technische middelen en ligt binnen de jurisdictie van een organisatie. Evenmin heeft het een cumulatief karakter. Het probleem van verontreiniging van de grondstof overschrijdt de bestuurlijke grenzen, zelfs die van de Nederlandse overheid en heeft een sterke neiging met de tijd erger te worden.

4.6 Ervaringen van de waterleidingbedrijven met vroegere storingen

In het algemeen kan worden gesteld dat vroegere voorvallen zijn verwerkt in de opbouw van de waterleidingbedrijven.

Pas enige tijd na de oprichting van de eerste waterleidingbedrijven drong het besef door dat zuivering nodig was om ziektekiemen uit het water te verwijderen. Nog in 1892 bewees een cholera-epidemie in Hamburg, waar niet gefilterd en met faecaliën verontreinigd water uit de Elbe werd gedistribueerd, dat een centrale voorziening ook negatief op de volksgezondheid kan werken.

In 1930 werd in Leipzig een massale vorm van loodvergiftiging geconstateerd. Een echte oplossing van dit probleem kwam pas met de komst van de koperen waterleiding.

In 1937 brak in Croydon een tyfus-epidemie uit omdat een van de personeelsleden die werkzaam was in een der bronnen van de stad, leed aan een latente vorm van tyfus. Nadien werden alle personeelsleden regelmatig gekeurd.

In 1953 konden diverse waterleidingbedrijven, waaronder dat van Dordrecht, ervaring opdoen met de gevolgen van een overstroming. Daarbij bleek het mogelijk met mobiele zuiveringsinstallaties, die overigens grotendeels van het Amerikaanse leger moesten worden geleend, een basisniveau van de voorziening te handhaven op een derde van de normale capaciteit.

In januari 1963 drong het water van de Noordzee zover landinwaarts dat in Rotterdam brak water uit de kraan kwam. Dit heeft geleid tot het aanleggen van spaarbekken in de Biesbosch.

Bombardementen op Rotterdam en 's-Gravenhage hebben de noodzaak van het via verschillende wegen voeden van afnamepunten verder onderstreept. De noodzaak van minimaal twee productie-eenheden per stad is toen niet onderkend.

Grootschalige verontreiniging van de Rijn vond plaats in 1961 (de endosulfan-affaire). Dit

leidde bij de Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland (WRK) tot de installatie van een detectie-installatie op acute toxiciteit met behulp van forellen.

4.7 Toekomstige ontwikkelingen

De bestaande infrastructuur heeft een zeer hoog betrouwbaarheidsniveau bereikt (meer dan 99,9% beschikbaarheid). Calamiteiten komen slechts zelden voor. Het is van belang na te gaan aan welke facetten aandacht moet worden besteed om deze hoge betrouwbaarheid te continueren. Specifieke ontwikkelingen bij de watervoorziening vinden plaats op technisch en financieel gebied.

De technische ontwikkelingen hebben vooral betrekking op de vervolmaking van het bestaande; men kan bijvoorbeeld denken aan afstands-informatie (telemetrie) en besturings op afstand. Een systematische risico-analyse lijkt ook gewenst. Kennis over betrouwbaarheid van componenten en over hersteltijden wordt nog niet systematisch bijgehouden. Een nieuwe zuiveringsmethode is de zogenaamde hyperfiltratie.

Ten aanzien van de financiën kan worden gewezen op de mogelijke vermindering van de beschikbare geldmiddelen. De tariefstelling voor het gebruikte water vindt plaats op basis van de begroting. De beperkende factor hierbij is de jaarlijkse goedkeuring van de tariefverhoging door het Ministerie van Economische Zaken. Beperking van de tariefaanpassing, die in de komende jaren is te verwachten, kan van invloed zijn op de activiteiten van de bedrijven. Wanbetaling door de afnemers in de grote steden is een toenemend probleem aan het worden. Zelfs in een zo ernstige mate dat incidenteel een in principe winstgevend bedrijf hierdoor verliesgevend wordt. Naast particulieren, zijn failliete BV's hieraan debet.

Daar in de toekomst slechts een beperkte toename van de waterbehoefte wordt verwacht, zal de inkomenspositie van de bedrijven nauwelijks worden verbeterd. Bovendien kunnen de bedrijven hierop geen invloed uitoefenen. Wil men binnen de mogelijke tariefaanpassingen blijven, dan zullen de uitgaven kritisch moeten worden beschouwd. Hierbij zal in het bijzonder worden gedacht aan activiteiten die rechtstreeks in de exploitatierekening tot uitdrukking komen, zoals onderhoud (mogelijk vertaald in vermindering van de personeelsbezetting, o.a. van de storingsploeg) en investeringen. Dat deze ontwikkeling ongewenst is, behoeft geen betoog.

4.8 De gevolgen van enkele recente verstoringen

We beperken ons tot enkele belangrijke verstoringen die zich de laatste jaren hebben voorgedaan. Storingsoorzaken zoals natuurrampen en economische verstoringen die meer dan een infrastructuur treffen worden in hoofdstuk 9 behandeld.

4.8.1 De grondstof

De verontreiniging van de Rijn met chloornitrobenzeen in 1982

De oorzaak van de verontreiniging is onbekend. Het vermoeden bestaat dat door van een ongeluk bij een chemisch bedrijf een grote hoeveelheid chloornitrobenzeen in de Rijn is geloosd.

De gevolgen voor de huishoudelijke gebruikers waren nihil, doordat de verontreiniging tijdig werd opgemerkt en vervolgens geen water meer werd ingenomen.

De duur van de verontreiniging was 11 dagen, namelijk van 1 - 12 oktober. Het getroffen bedrijf was de Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland (WRK) dat Noordholland, inclusief Amsterdam, van grondstof voor de drinkwaterbereiding voorziet. Dit

bedrijf heeft in de duinen een voorraad voor acht weken normaal verbruik tot zijn beschikking.

De levering van water aan Hoogovens en Van Gelder Papier kon worden overgenomen door het Waterwinstation Juliana (WRK III) te Enkhuizen dat voorgereinigd IJsselmeewater gebruikt. Bij Enkhuizen werden geen verhoogde concentraties chloornitrobenzeen aangetroffen.

De NV Watermaatschappij Zuidwest Nederland (WMZ), dat onder andere water betreft uit het Haringvliet, werd gewaarschuwd. WMZ moest waterinname uit het Haringvliet tijdelijk stopzetten.

Een aantal instanties bewaakt de kwaliteit van het Rijnwater.

- De Internationale Rijncommissie beschikt over een aantal meetpunten langs de rivier (meetfrequentie twee maal per maand).

- Het Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater (RIZA) als uitvoerende instantie van Rijkswaterstaat meet continu een aantal parameters, zoals temperatuur en chlooridegehalte. Voor het overige is de meetfrequentie eens per week.

Beide meetsystemen zijn opgezet om trends in de mate van verontreiniging vast te leggen. Chloornitrobenzeen wordt door het RIZA overigens niet gemeten.

Als alarmeringssysteem voldoen beide systemen niet door de lage meetfrequentie en de wijze van communicatie met de betreffende waterleidingbedrijven, zoals WRK, behalve als de verontreiniging zichtbare gevolgen heeft. De rapporten van deze instanties hebben een lange produktietijd. Men wil hierin verbetering brengen door een datanet, dat met gegevens van het RIZA wordt gevoed en waarop WRK een aansluiting krijgt. De meetfrequentie wordt dan opgevoerd tot eens per dag.

- Een derde instantie is de IAWR, de internationale vereniging van waterleidingbedrijven in het stroomgebied van de Rijn. De Nederlandse tak hiervan is de Rijncommissie Waterleidingbedrijven (RIWA). De WRK is lid van de RIWA en bewaakt de kwaliteit van het ingenomen Rijnwater onder andere door twee maal per week op de meetpunt van Rijkswaterstaat bij Lobith monsters te nemen van de gemiddelde waterkwaliteit over de afgelopen periode. Het doel is in geval van nood de waterinname te kunnen stoppen.

De reactie van het bestuursapparaat op de verontreiniging van de Rijn met chloornitrobenzeen kan als volgt worden beschreven.

In 1980 had RIWA een 'fliessende Welle' onderzoek uitgevoerd op de Rijn. Op grond hiervan was een zwarte lijst opgesteld van mogelijk carcinogene en mutagene stoffen. Een criterium welke concentratie van deze stoffen ontoelaatbaar is, bestond echter niet.

Op 27 september 1982 constateerde WRK voor het eerst dat bij Lobith een concentratie van 10 microgram chloornitrobenzeen per liter water aanwezig was. De resultaten van deze meting kwamen vertraagd beschikbaar door problemen met de meetapparatuur. In het meetsysteem zit overigens een ingebouwde traagheid. Monsters van de meetponton bij Lobith worden namelijk eerst door middel van de gaschromatograaf gecontroleerd op verontreinigingen. Men weet dan alleen dat er een verontreiniging in het water zit, maar nog niet altijd om welke stof het gaat. Is de stof bekend, dan is er een standaardprocedure. Is dat niet het geval, dan moet men vertrouwen op menselijke deskundigheid.

Op 29 september kwam een tweede resultaat van metingen in Lobith beschikbaar. Hiermee kwam vast te staan dat in de periode 20 - 27 september water met een concentratie van 10 microgram per liter Lobith was gepasseerd. Omdat chloornitrobenzeen als kankerverwekkend te boek stond, verwekte deze constatering de nodige paniek. Na intern overleg werd in allerijl besloten bij een overschrijding van een concentratie van 5 microgram per liter bij het innamepunt van WRK bij Vreeswijk de inname stop te zetten. De juistheid van

deze norm kon wegens de korte beslissingstijd niet worden geverifieerd. Er was dus duidelijk sprake van crisisbesluitvorming omdat een beslissing moest worden genomen onder tijdsdruk en met gebrek aan informatie. Mede op grond van metingen bij Vreeswijk, werd op 1 oktober besloten de waterinname te stoppen. Het verloop van de concentratie van chloornitrobenzeen bij Vreeswijk is weergegeven in figuur 4.1.

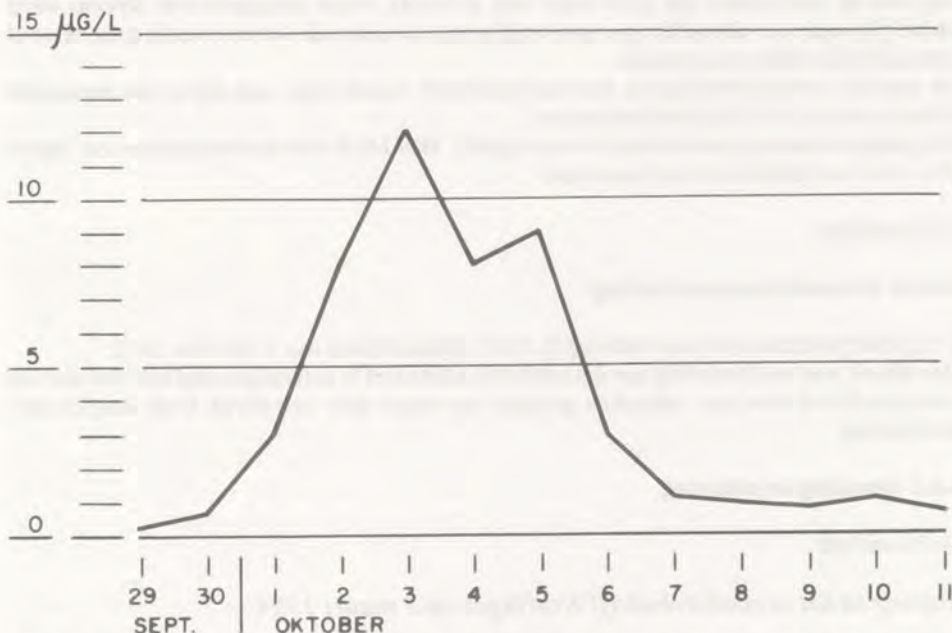
Dat de waterinname op tijd kon worden stilgelegd, was in dit geval alleen mogelijk dank zij de geringe stroomsnelheid van de Rijn. Er moet daarbij wel worden aangetekend dat bij een hoge stroomsnelheid (een grote waterafvoer) een verontreiniging sterker wordt verdund.

Nadat gedurende twee dagen de concentratie van chloornitrobenzeen onder de 1 microgram per liter was gekomen, werd besloten de waterinname op 12 oktober te hervatten. Zou de verontreiniging niet zijn opgemerkt, dan zou deze in het geïnfrileerde water in het duinreservoir met zijn voorraad van 2 à 3 maanden sterk verdund zijn. Bovendien past het Amsterdamse waterleidingbedrijf koolfiltratie toe. Waardoor stoffen als chloornitrobenzeen worden uitgefilterd.

Pas achteraf kon worden vastgesteld dat de carcinogeniteit van chloornitrobenzeen geenszins vaststaat.

De aanwezigheid van een chemische verontreiniging wordt aangetoond met een combinatie van gaschromatograaf en massaspectrometer. Slechts voor 10% van de organische verbindingen weet men dan om welke stof het gaat. Is de stof niet bekend, dan zal men met de op dat moment aanwezige kennis tot een snelle beslissing moeten komen. In principe hanteert men een criterium van 10 microgram per liter.

WRK controleert met behulp van forellen het water op acuut giftige stoffen. Zwemmen de forellen niet meer tegen de stroom in, dan wordt dit gedetecteerd door fotocellen.



Figuur 4.1 Het gehalte aan chloornitrobenzeen in de Lek te Vreeswijk in de periode 29 september - 11 oktober 1982. (gegevens NV WRK).

Men moet dus vooral beducht zijn voor stoffen waarvan de werking pas na enige tijd merkbaar wordt. Dit soort stoffen kan kanker veroorzaken of afwijkingen aan het erfelijk materiaal.

Concluderend kan men stellen dat het controlesysteem op verontreinigingen zeker niet waterdicht is, vanwege het grote aantal stoffen en de lage meetfrequentie, maar dat het anderzijds erg onwaarschijnlijk is dat een verontreiniging met een hoge concentratie onopgemerkt blijft.

4.8.2 Transportnet

De kwaliteit

De verontreiniging in het Rotterdamse Scheepvaartkwartier

In maart 1981 trad in Rotterdam verontreiniging van het drinkwater op in het Scheepvaartkwartier. De oorzaak was een verkeerde koppeling tussen een Frans fregat en de waterleiding, waardoor het schip in plaats van drinkwater in te nemen met faecaliën verontreinigd water in het net pompte. Een in de verbinding met de vaste wal aangebrachte terugslagklep weigerde dienst.

Op zaterdag 21 maart kwam bij het waterleidingbedrijf een melding binnen dat het water een afwijkende smaak vertoonde. De dienstdoende beambte wist dat in de desbetreffende wijk werkzaamheden aan het waterleidingnet waren verricht. Hij meende dat hierdoor enige verontreiniging in het net was beland. Helaas was zijn veronderstelling onjuist. Op zondag kwamen meer meldingen binnen over verontreinigd water en werden ook enige ziektegevallen gemeld.

Toen na het weekeinde het fregat vertrok, constateerde men aan de hand van de aanwijzing van de watermeter dat geen water was gebruikt, maar teruggeleverd. Opeens werd duidelijk waardoor de meldingen van het afgelopen weekeinde waren veroorzaakt en werd onmiddellijk actie ondernomen.

De onjuiste veronderstelling is een voorbeeld van 'maskering', een wijze van menselijk falen die we in 3.4.5 hebben beschreven.

De gevolgen van deze verstoring bleven beperkt. Wel bleek dat restaurants een rol speelden in het verspreiden van de gevolgen.

De kwantiteit

Breuk van een transportleiding

Er zij hier volstaan met een melding in NRC-Handelsblad van 4 oktober 1982:

Den Bosch, met uitzondering van het westelijk stadsdeel is zaterdagavond van tien uur tot zondagochtend twee uur verstoken geweest van water door een breuk in de hoofdtransportleiding.

4.8.3 Bewaking en bediening

De kwantiteit

Storing in het productiebedrijf Kralingen op 1 maart 1984

Door een fout in het regel- en bewakingssysteem van de pompen van het productiebedrijf Kralingen op 1 maart 1984 liep de druk in het waterleidingnet van Rotterdam te hoog op.

Op diverse plaatsen in de stad traden breuken in het transportnet op. Door het uitstromende water verzakte op een aantal plaatsen het wegdek. Hierdoor moest op deze plaatsen het stadsverwarmingsnet worden uitgeschakeld. In sommige woningen bereikte het water een hoogte van veertig centimeter. Ook een ziekenhuis liep waterschade op.

Om reparatie mogelijk te maken, moest in een groot deel van Rotterdam en Capelle aan den IJssel de drinkwatervoorziening tijdelijk worden gestaakt. De drinkwatervoorziening kon binnen een dag weer worden hersteld. Hier en daar kwam in eerste instantie roestig water uit de kraan.

Bij dit type verstoring is het dubbel uitvoeren van het leidingnet een hulpmiddel van beperkte waarde. De storingsoorzaak werkt tegelijkertijd op beide takken van het dubbel uitgevoerde net.



Diagram illustrating the water supply network structure, showing a central point and branching lines representing the distribution system.

The diagram shows a central point from which several lines branch out, representing the distribution network. The lines are interconnected, forming a complex web that illustrates the flow of water from a central source to various points in the network.

The network structure is designed to ensure that water is distributed efficiently and reliably. The central point acts as the main source, and the branching lines allow for the water to reach different areas of the city or region.

The diagram also shows how the network can be affected by various factors, such as pipe breaks or maintenance work. The branching nature of the network allows for some flexibility in the system, but it also means that a single point of failure can affect a large area.

The diagram highlights the importance of regular maintenance and monitoring of the water supply network. By identifying potential problems early on, it is possible to prevent major disruptions and ensure that the water supply remains stable and secure.

The diagram serves as a valuable tool for understanding the complexities of the water supply network and for developing strategies to improve its performance and reliability. It provides a clear visual representation of the system and helps to identify areas that need further attention and investment.

5. Elektriciteitsvoorziening

5.1 Het technisch systeem

5.1.1 De grondstoffen

Voor de elektriciteitsvoorziening in Nederland worden op het ogenblik de energiedragers stookolie, aardgas, kolen en uranium gebruikt (en een zeer gering percentage wind). In 1982 was de bijdrage van elk der brandstoffen als volgt:

aardgas (inclusief cokesoven- en hoogovengas)	46%
steenkool	24%
stookolie (inclusief diesel- en gasolie)	21%
uranium	9%

100%

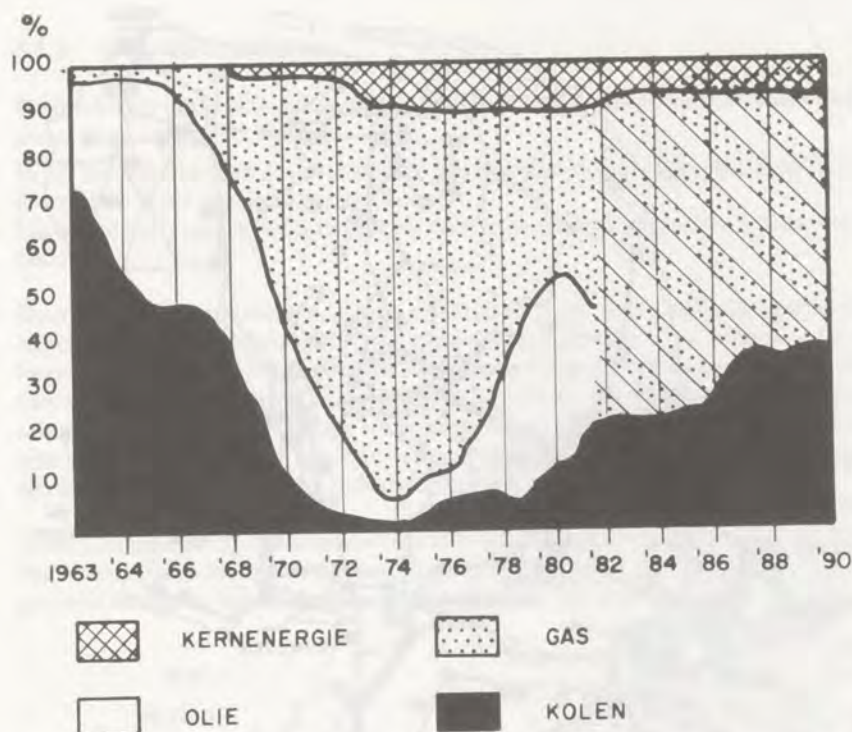
In het gebruik van grondstoffen voor de elektriciteitsvoorziening zijn in de afgelopen jaren grote veranderingen opgetreden (figuur 5.1). In de jaren vijftig was de elektriciteitsvoorziening grotendeels gebaseerd op steenkool en olie. Hierin kwam door de vondst van het Groningse aardgasveld in het begin van de jaren zestig verandering. Een uitgebreid ombouwprogramma en de bouw van nieuwe produktie-eenheden (vanwege de sterke groei van het elektriciteitsverbruik in die jaren) brachten in 1974 de produktie van elektriciteit uit aardgas op ruim 85%.

De introductie van aardgas als brandstof betekende dat de produktiemiddelen die met aardgas werden gestookt ook geschikt moesten zijn voor het verstoken van stookolie. Doordat het gastransportnet slechts voor een bepaalde transportcapaciteit werd ontworpen, voorzien de gascontracten van de centrales in afschakeling van de gasleverantie bij hoge belasting van het gastransportnet. Dit kan in het algemeen alleen in de winter optreden; de desbetreffende eenheden schakelen dan over op stookolie.

Bij de oliecrisis van 1973 ontstond het besef dat de aardgasreserve in eigen land een strategische waarde bezit voor soortgelijke gebeurtenissen in de toekomst. In verband daarmee drong de regering aan op een sterker gebruik van stookolie, waarbij overigens werd voorzien in het blijvend gebruik van aardgas op plaatsen waar milieubelasting door zwaveldioxyde (SO₂) niet toelaatbaar is.

Door de oliecrisis ontstond tevens het besef dat aan een te eenzijdig brandstoffenpakket voor de elektriciteitsvoorziening risico's zijn verbonden. Daarom werd door de rijksoverheid een diversificatiebeleid geformuleerd. Daaruit resulteerde de hernieuwde invoering van steenkool als brandstof. Doelstelling was het aandeel van kolen voor het einde van deze eeuw op 40% te brengen. Deze hernieuwde introductie van kolen was ook nodig om de ongunstige invloed van de inmiddels sterk gestegen olieprijs op de prijs van elektrische energie te verminderen. Hierbij heeft ook de politieke en maatschappelijke ongewenstheid van kernenergie een belangrijke rol gespeeld.

Kort geleden, nog voordat het aandeel van kolen in de elektriciteitsproduktie op het gewenste peil is gebracht, werd om budgettaire redenen van de rijksoverheid weer gekozen voor een grotere inzet van aardgas. Dit laatste geschiedt mede in een poging de prijs van elektrische energie voor grote industriële bedrijven op een met de omringende landen vergelijk-



Figuur 5.1 Verdeling van het brandstofpakket van de openbare centrales van 1963 tot 1990.

Bron: Arnhemse Instellingen.

baar niveau te brengen. Al deze wisselingen waren slechts mogelijk doordat een belangrijk gedeelte van de produktiemiddelen steeds voor het gebruik van twee brandstoffen (aardgas en stookolie, resp. steenkool en aardgas) geschikt zijn geweest.

Op grond van een richtlijn van de EG moet iedere elektriciteitscentrale over een brandstofvoorraad van 30 dagen op het terrein van de centrale beschikken. In verband met de mogelijkheid van afschakeling in de winterperiode betekent dit voor de normaal met aardgas gestookte eenheden het aanhouden van een desbetreffende olievoorraad.

Naast deze 30 dagen-voorraad wordt op grond van een algemeen overheidsbesluit ook elders in Nederland nog een brandstofvoorraad van twee maanden voor de elektriciteitsproduktie aangehouden. Hierdoor kan in totaal gedurende een periode van drie maanden een volledige onderbreking van de brandstofaanvoer naar Nederland worden overbrugd. Bij kerncentrales kan door het geringe volume van de brandstof een voorraad van vele jaren worden aangehouden.

De behoefte aan olie is door het hernieuwde gebruik van aardgas sterk verminderd. De behoefte aan kolen wordt gedekt door een gespreide aanvoer uit verschillende werelddelen. Voor een deel van deze behoefte is de beschikbaarheid veiliggesteld door deelneming in buitenlandse kolenmijnen.



Figuur 5.2 De centrales en hoogspanningsverbindingen voor 110 kV en hoger aan het einde van 1982.

Bron: Arnhemse Instellingen

5.1.2 De produktiemiddelen

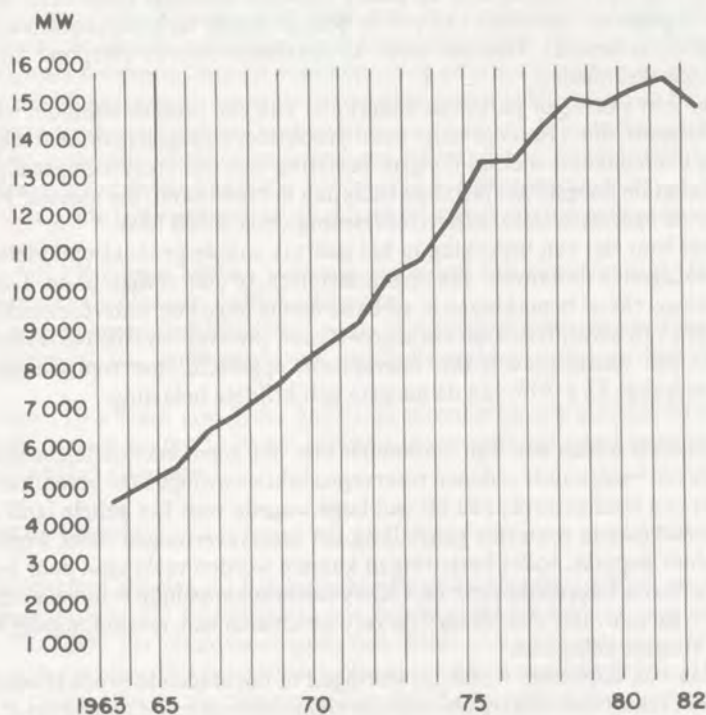
De productie van elektriciteit voor de openbare voorziening vindt in Nederland in 32 centrales plaats (figuur 5.2).

In het verleden hebben de grote steden zoveel productievermogen in de nabijheid opgesteld dat zij hun eigen verbruik kunnen dekken.

Dit beleid heeft echter de laatste jaren—vooral om milieuhygiënische redenen—een wijziging ondergaan.

Door een aantal industrieën wordt elektriciteit voor eigen behoefte opgewekt, hetgeen ongeveer 10% van de totale elektriciteitsproductie in Nederland uitmaakt. In een streven naar een efficiënter energiegebruik wordt in de laatste jaren de gecombineerde productie van warmte en elektriciteit bij de industrie bevorderd. Dit leidt ertoe dat de industrie overschotten aan elektrische energie ter beschikking van de openbare voorziening stelt. In principe is het mogelijk dat de ene industrievestiging elektrische energie via het openbare hoogspanningsnet naar de andere industrievestiging transporteert.

In de 32 centrales van de openbare voorziening staan op dit ogenblik ongeveer 90 productie-eenheden opgesteld, met een totaal vermogen van ongeveer 15.000 MW (figuur 5.3). De grootste eenheden hebben ieder een vermogen van ongeveer 600 MW. Door de verminder-



Figuur 5.3 Totaal opgesteld elektriciteitsproductievermogen (in MW) in de openbare centrales per 31 december van een aantal jaren.

Bron: Arnhemse Instellingen.

de groei van het elektriciteitsverbruik sinds de oliecrisis in 1973 en het streven naar diversificatie van brandstoffen, is er op het ogenblik een overcapaciteit. Door de teruggang in de economie zal deze overcapaciteit pas in het begin van de jaren negentig zijn verdwenen.

In de centrale wordt de brandstof met behulp van een turbine en een generator omgezet in elektrische energie. De wisselspanning die de generator afgeeft, ligt tussen 21 en 27 kV. Alvorens de elektriciteit in het transportnetwerk te sturen, wordt de generatorspanning met behulp van een machinetransformator omgezet in een transportspanning van 110, 150, 220 of 380 kV. Door deze hogere spanning worden transportverliezen beperkt.

Stoomturbines hebben aanzienlijke hoeveelheden koelwater nodig. Dit koelwater wordt in Nederland doorgaans aan het oppervlaktewater onttrokken. De opwarming van het oppervlaktewater die hiervan het gevolg is, benadert de laatste jaren steeds meer de gestelde grenzen. Dat geeft aanleiding tot de opstelling van koeltorens. In de koeltorens wordt de restwarmte afgegeven aan de atmosfeer.

De in de vorm van wisselstroom opgewekte elektriciteit kan niet worden opgeslagen. Daarom moeten productie en verbruik op elk ogenblik aan elkaar gelijk zijn. Dit is slechts mogelijk indien een reserve aan vermogen beschikbaar is. Omdat met de uitval van een compleet produktiemiddel rekening moet worden gehouden, wordt als regel een draaiende reserve aangehouden met een totaal vermogen gelijk aan dat van de grootste produktie-eenheid (circa 600 MW).

De aanlooptijd van een stoomturbine uit koude toestand bedraagt enige uren. De snelheid waarmee het afgegeven vermogen van een in bedrijf zijnde turbinegeneratoreenheid kan worden vergroot, is beperkt. Daarom moet de draaiende reserve verspreid zijn over een groot aantal opwekeenheden.

Als gevolg van een storing of periodiek onderhoud kan een produktiemiddel voor langere tijd niet beschikbaar zijn. Hierdoor moet meer produktievermogen in de centrales beschikbaar zijn dan overeenkomt met de hoogste belasting van het voorzieningsgebied. Op dit moment bedraagt de hoogste gelijktijdige belasting in Nederland, die meestal in de winter optreedt, voor de openbare elektriciteitsvoorziening circa 9.500 MW.

Het is ook denkbaar dat een beperking in het gebruik van de produktiemiddelen ontstaat door onderbrekingen in de aanvoer van de brandstoffen, of door milieu-eisen. Tot de laatste moeten worden gerekend beperkingen in verband met te hoge koelwatertemperatuur of een te grote uitwerp van afvalprodukten via schoorstenen (zwavel- en stikstofoxyden).

Op grond van het voorgaande is een hoeveelheid opgesteld reserveproduktievermogen nodig. Deze bedraagt 25 à 30% van de hoogste gelijktijdige belasting.

Indien elke centrale alleen zou zijn verbonden met het eigen voorzieningsgebied, zou in iedere centrale om voorgaande redenen reserveproduktievermogen ter beschikking moeten staan. De som van deze reserves zou tot een hoge waarde voor het gehele land leiden. De kans dat in verscheidene centrales gelijktijdig het reservevermogen moet worden aangesproken, is echter beperkt, zodat besparingen kunnen worden verkregen door het aanhouden van een gemeenschappelijke reserve. Deze gemeenschappelijke reserve is echter alleen mogelijk indien de centrales met elkaar zijn verbonden door een, relatief minder investeringsverwendend, hoogspanningsnet.

Via dit zogenaamde koppelnet wordt bij storingen of onvoldoende productiecapaciteit in een centrale, het tekort aan elektrische energie uit andere centrales aangevoerd. In Nederland vervult op dit ogenblik het hoogspanningsnet van 150, 220 en 380 kV deze koppelfunctie.

5.1.3 Het transportnet

Hoogspanningsnet voor koppeling en groot transport

In het voorgaande is reeds uiteengezet dat de centrales met elkaar moeten zijn verbonden door een hoogspanningsnet met een koppel functie. Bij het groter worden van het geproduceerde vermogen per eenheid, alsmede van het geproduceerde of opgestelde vermogen in een centrale, wordt het bijvoorbeeld om milieu-technische redenen steeds moeilijker de centrales dicht bij de belastingcentra te plaatsen. Er is dan behoefte aan een transportnet, waardoor de elektriciteit in grote hoeveelheden naar de voedingspunten van de belastingcentra wordt gevoerd. Zoals eerder is aangegeven, fungeert in Nederland het 380, 220 en 150 kV-net als koppel- en groot transportnet. Het 110 kV-net vervult vrijwel alleen de rol van hoofdtransportnet.

Het grote transport is niet alleen nodig door de afstand tussen de centrales en hun voorzieningsgebieden. De koppeling van alle centrales maakt ook het meest economische gebruik van de produktiemiddelen mogelijk, door bij voorkeur die eenheden in te zetten die de geringste produktiekosten hebben.

De 380 en 220 kV-netten hebben een ringstructuur. Dat wil zeggen dat de schakelstations (de aftakkingen van deze netten naar het 150 en 110 kV-net) onderdeel vormen van een ring en dus van twee zijden worden gevoed. Bovendien geschiedt de voeding aan elke zijde met twee circuits, zodat een schakelstation in totaal vier aansluitingen heeft.

De schakelstations zijn meestal uitgevoerd met een onderling te koppelen dubbel railsysteem waarop de verschillende circuits en transformatoren zijn aangesloten.

Het Nederlandse hoogspanningsnet voor koppeling en groot transport is op het spanningsniveau van 380 kV gekoppeld met overeenkomstige netten in Duitsland en België. Op grond van de samenwerking in Europees verband zijn storingen in de elektriciteitsvoorziening in Nederland op te vangen, die de normen voor een zelfstandige (niet internationaal gekoppelde) bedrijfsvoering te boven gaan. De internationale samenwerking draagt in belangrijke mate bij tot de grote continuïteit van de elektriciteitsvoorziening in Nederland.

De 150 en 110 kV-netten hebben voor een groot deel een ringstructuur. Daarnaast zijn verbindingen op vele plaatsen dubbel uitgevoerd.

Bovendien zijn de hoogspanningslijnen, zoals reeds eerder betoogd, als dubbel circuitverbinding uitgevoerd, dat wil zeggen twee parallelle verbindingen aan dezelfde hoogspanningsmast.

In het 150 en 110 kV-net zijn grote gedeelten in ondergronds gelegde kabel uitgevoerd (14%). In de overige netten (220 en 380 kV) is om redenen van kostprijs vrijwel geen ondergrondse kabel toegepast.

Netten voor distributie

De distributienetten worden uit het hoogspanningstransportnet gevoed via ongeveer 200 hoofdvoedingsstations. De belasting van een dergelijk station kan een waarde hebben tussen 10 en 200 MW. Per hoofdvoedingsstation wordt aldus telkens een belangrijk gebied (delen van grote steden, grotere provincieplaatsen, regio's met een oppervlakte in de orde van 100 km²) gevoed. In het distributienet zijn distributiestations opgenomen, waarin spanning wordt omlaaggetransformeerd.

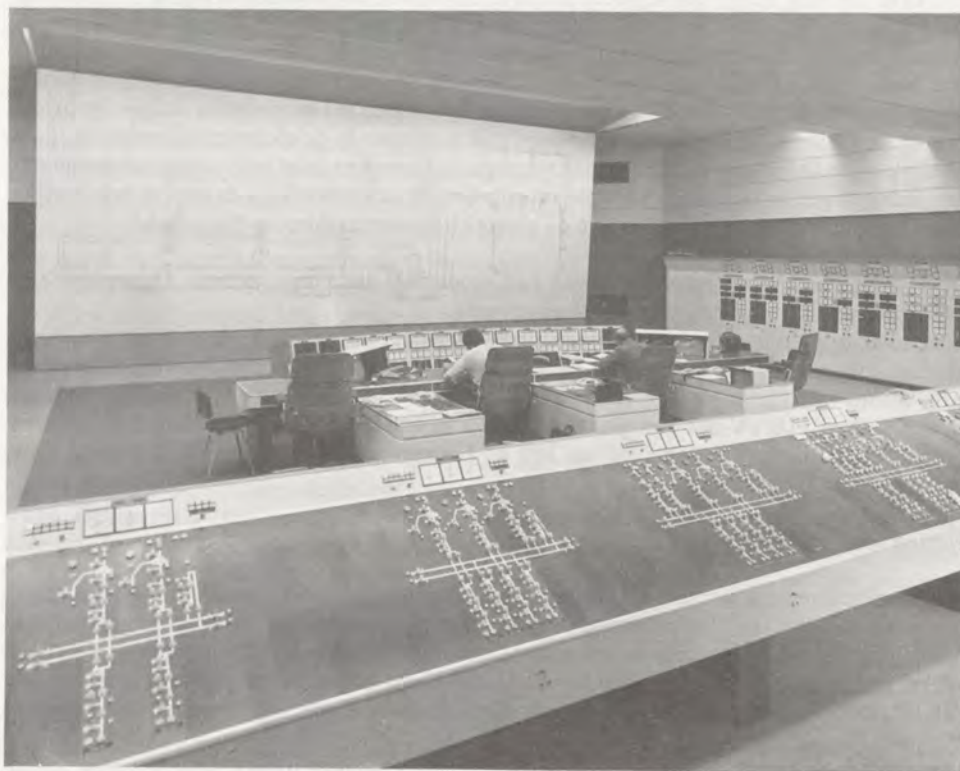
Men streeft ernaar de distributiestations op te nemen in ringvormige netstructuren, zodat de voeding uit het gekoppelde 150, resp. 110 kV-systeem steeds uit twee richtingen kan geschieden.

5.1.4 Bewaking, bediening en bedrijfsvoering

In principe kent ieder van de hoofdonderdelen van de elektriciteitsvoorziening, te weten productie, koppeling/groot transport en distributie zijn eigen organisatie en middelen voor de bewaking, bediening en bedrijfsvoering. In de meeste gevallen echter is een aantal taken voor productie en koppeling/groot transport in een enkel bedrijfsvoeringscentrum ondergebracht.

Het gebruik van de produktiemiddelen wordt centraal afgestemd op de behoeften van Nederland als geheel. In het landelijk bedrijfsvoeringscentrum voor de elektriciteitsvoorziening (LC) in Arnhem (figuur 5.4) wordt voor elke dag de optimale inzet van de productie-eenheden bepaald, rekening houdend met de mogelijkheden voor import. Indien nodig, wordt bij beperkingen of storingen in de productie het optimale bedrijfsvoeringsschema bijgesteld, doch in ieder geval wordt voorzien in de opvang van het weggevallen vermogen. Hiermee is de bewaking van de produktiesituatie ook een taak voor het LC.

De schema's voor het optimale gebruik van de produktiemiddelen worden door het LC opgegeven aan de regionale bedrijfsvoeringscentra (RC) van de productiebedrijven. In de RC's worden de produktieschema's voor de verschillende produktiemiddelen rechtstreeks op afstand ingesteld, danwel aan de stoomwachten in de centrales doorgegeven. Deze stoomwachten bewaken het volledige bedrijf met de produktiemiddelen en verzorgen de



Figuur 5.4 Landelijk bedrijfsvoeringscentrum.

Bron: Arnhemse Instellingen.

bediening tenminste tot het moment dat een productie-eenheid op het hoogspanningsnet wordt geschakeld.

Van het hoogspanningsnet voor koppeling en groot transport vindt de bewaking van de transporten en de bediening op afstand van de schakelstations van het 380 kV-net (met uitzondering van een aantal uitlopers in het westen van het land) centraal in het LC in Arnhem plaats. Men overweegt deze centrale bewaking en bediening door het LC in de toekomst ook tot het 220 kV-net uit te breiden. Bij bediening op afstand van schakelapparatuur moet ook zijn voorzien in een automatische melding van schakelstanden en overige signalen.

De bewaking en bediening van de 150 kV- en 110 kV-deelnetten (alsmede op het ogenblik nog van het 220 kV-net) vindt decentraal, als regel in de eerdergenoemde RC's plaats. Deze hebben ook een taak bij het uitvoeren van de productieschema's.

In deze RC's is men meestal in staat de schakelapparatuur in de stations van het betreffende gedeelte van het hoogspanningsnet op afstand te bedienen; in enkele gevallen vindt deze bediening in afzonderlijke schakelcentra plaats. De bediening op afstand door de RC's strekt zich in een aantal gevallen ook uit tot het middenspanningsnet voor de distributie. De schakelapparatuur in het laagspanningsnet voor de distributie kan meestal alleen ter plaatse worden bediend.

Voor het verrichten van hun taken moeten de bedrijfsvoeringscentra beschikken over uitgebreide informatie, die op elk ogenblik een juist beeld geeft van de productie- en transport-situatie. Daartoe zijn automatische meldingen van schakelstanden van de apparatuur en overdracht van bedrijfsmetingen nodig. Hiertoe beschikken de elektriciteitsbedrijven over een eigen telecommunicatienet, dat grotendeels als kabelnet is uitgevoerd. Voor het informatietransport van en naar het LC in Arnhem wordt evenwel in hoofdzaak gebruik gemaakt van een straalverbindingsnet.

Voor de presentatie en bewerking van de informatie in de bedrijfsvoeringscentra en de bedieningstaak van deze centra wordt tegenwoordig meer en meer gebruik gemaakt van computers. Deze apparatuur biedt het personeel in de centrale ook meer mogelijkheden voor het analyseren van bedrijfssituaties.

5.2 Het economisch systeem

De begroting van de elektriciteitsbedrijven is gebaseerd op dekking van de kosten. Alleen een aantal gemeentelijke bedrijven levert een bijdrage aan de gemeentekas. Over deze afdracht is de laatste tijd nogal wat discussie, in verband met de hoogte van een deel van de Nederlandse elektriciteitsprijzen.

De uitgaven bestaan voor meer dan de helft uit de kosten van grondstoffen en voor de rest uit kapitaalslasten en personeelskosten. De financiële middelen voor investeringen worden veelal rechtstreeks op de kapitaalmarkt verkregen. Het investeringsniveau van de openbare elektriciteitssector bedroeg in 1981 ongeveer 2 miljard gulden bij een omzet van 10 miljard gulden. Het aantal werknemers in deze sector bedroeg in 1981 ongeveer 27.000.

Het huidige hoge betrouwbaarheidsniveau van de elektriciteitsvoorziening is behalve door de goede economische positie van Nederland in het algemeen, ook mogelijk gemaakt door de sterke kostprijzdaling van elektriciteit tot 1972 ten gevolge van de technische ontwikkeling. Bij deze dalende kostprijs en derhalve verkoopprijs was beheer van de organisatie vooral een technische aangelegenheid.

Aan deze situatie lijkt voorlopig een einde gekomen. De elektriciteitssector bevindt zich

thans in de moeilijke positie dat hij niet vrij is in de keuze van de aard en daarmee ook de prijs van het brandstoffenpakket en bovendien dat de overheid de tariefstijgingen limiteert. Deze situatie heeft bij enkele bedrijven tot verlies geleid. De feitelijk te hoge prijs van elektriciteit voor de industrie in vergelijking met het buitenland verergert deze situatie nog aanmerkelijk.

Als er ten gevolge van financiële druk naar besparingen zal moeten worden gezocht, zullen die in eerste instantie worden gezocht in personeelsvermindering en verlenging van afschrijvingstijden.

Bij een nog sterkere en blijvende daling van het Nederlandse welvaartspeil zal mogelijk op de lange duur niet te ontkomen zijn aan een verminderde betrouwbaarheid van het systeem.

5.3 Beheer en onderhoud

De productie van elektriciteit wordt verzorgd door 16 elektriciteitsproductiebedrijven. De NV Electriciteitsbedrijf Zuidholland (EZH), die de productie van de gemeentelijke productiebedrijven in Zuidholland coördineert, alsmede de NV Samenwerkende Elektriciteits Productiebedrijven (SEP), waarin alle met het koppelnet verbonden productiebedrijven en EZH samenwerken, zijn bij het genoemde aantal elektriciteitsproductiebedrijven niet meegerekend.

Als rechtsvorm hebben zeven van de productiebedrijven de vorm van een naamloze vennootschap, waarvan de betreffende provincies en enige in die provincies gelegen gemeenten aandeelhouder zijn. De invloed van provincie en gemeenten wordt uitgeoefend door middel van de aandeelhoudersvergadering en door de speciale samenstelling van de Raad van Commissarissen, waarin voor het grootste gedeelte afgevaardigden van aandeelhouders zitting hebben. Twee productiebedrijven hebben de vorm van een provinciale dienst, vijf van een gemeentelijke dienst en twee hebben een rechtsvorm op grond van de Wet Gemeenschappelijke Regeling.

De distributie van elektriciteit wordt ook voor een groot gedeelte (ongeveer 80%) verzorgd door de productiebedrijven. Het resterende gedeelte valt onder de verantwoordelijkheid van veelal gemeentelijke bedrijven, die naast hun eigen gemeente soms ook aangrenzende gemeenten voorzien. Het aantal bedrijven dat zich uitsluitend bezighoudt met distributie is aanzienlijk, namelijk 70.

Naast de verantwoordelijkheid voor de eigen elektriciteitsvoorziening, hebben de provinciale en gemeentelijke besturen samenwerkingsverbanden opgezet omdat het niet juist zou zijn alle bedrijven los van elkaar te laten functioneren. Deze vrijwillige samenwerkingsverbanden met verschillende doeleinden staan bekend onder de naam Arnhemse Instellingen van de Elektriciteitsbedrijven in Nederland.

Zo is de NV KEMA als instituut van de gezamenlijke elektriciteitsbedrijven verantwoordelijk voor de uitvoering van beproevingen, keuringen, onderzoek, ontwikkeling en advisering ten behoeve van de elektriciteitsbedrijven en derden. Tevens wordt het werk van de andere Arnhemse Instellingen ondersteund. De NV SEP behartigt de coördinatie van de elektriciteitsopwekking, de daarvoor nodige koppeling, de uitbreiding en vervanging van het productievermogen, beheer en bewaking van het 380 kV-koppelnet en uitwisseling van energie met het buitenland. De Vereniging van Exploitanten van Elektriciteitsbedrijven in Nederland (VEEN), met als leden alle elektriciteitsbedrijven in Nederland, behartigt de belangen van de bedrijven, vooral op het gebied van de levering van elektriciteit, de voorlichting en het contact met de centrale overheid. De VDEN is de oudste organisatie, met als leden directeuren van elektriciteitsbedrijven in Nederland, waarin beraad plaatsvindt op

technisch, economisch en organisatorisch gebied en die adviseert over het geheel van de elektriciteitsvoorziening.

Een principe dat op dit moment als een noodzaak wordt gezien, is dat bij de produktiemiddelen en het hoogspanningsnet een enkelvoudige storingsreserve wordt aangehouden. Dit betekent dat op elk ogenblik een willekeurig bedrijfsmiddel moet kunnen uitvallen, zonder dat de elektriciteitsvoorziening gestoord raakt. Aangezien in principe ook periodiek onderhoud moet plaatsvinden, worden aan revisietermijnen en kwaliteit van apparatuur hoge eisen gesteld.

Ook voor de elektriciteitsvoorziening geldt dat voldoende vakbekwaam en gemotiveerd personeel nodig is om een hoog betrouwbaarheidsniveau te garanderen.

De invloed van de overheid doet zich gelden in de vorm van planologische procedures (vooral de milieu-eisen en de plaatskeuze van centrales).

5.4 Gewenst voorzieningsniveau en criteria

Doelstelling is de onmiddellijke, onderbrekingsvrije en veilige voorziening in de van moment tot moment wisselende behoefte aan elektrische energie, met een constante spanning en frequentie.

De ongestoorde elektriciteitsvoorziening voor de afnemer wordt gezien als een maatschappelijke plicht, versterkt nog door de feitelijke monopoliepositie van de elektriciteitsbedrijven. Formele extern opgelegde criteria worden echter niet gehanteerd. Er is een geaccepteerde storingskans.

De nogal storingsgevoelige centrales zijn onderling verbonden door het koppelnet (ook tot over de grenzen). Dat net vervult een sleutelrol in de betrouwbaarheid van de bulklevering van elektrische energie. Voor de beschikbaarheid van dit net worden afzonderlijke criteria gehanteerd, opgesteld door de gezamenlijke elektriciteitsproduktiebedrijven. Deze criteria betreffen ontwerp, uitvoering, onderhoud en bedrijfsvoering.

Voor de distributiesystemen gelden andere criteria, soms aangepast aan het belang van bepaalde afnemers, en enigszins verschillend per regio.

Voor de persoonlijke veiligheid bij toepassing van elektriciteit bestaat een strenge normgeving, die ook de betrouwbaarheid en daarmee de beschikbaarheid van componenten en systemen gunstig heeft beïnvloed.

5.5 Kwetsbaarheden en afhankelijkheden

Bij de elektriciteitsvoorziening is een algemeen onderscheid tussen kwaliteit en kwantiteit minder zinvol. Omdat de kwaliteit (spanning en frequentie) eenvoudig en van moment tot moment is te meten, kan een verstoring van de kwaliteit leiden tot afschakelen van het desbetreffende gedeelte van het systeem. Waar nodig zal in het volgende enige aandacht aan de kwaliteit afzonderlijk worden geschonken.

5.5.1 De grondstoffen

Over de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen is de laatste tien jaren al zoveel geschreven dat hierop niet uitgebreid wordt ingegaan.

De kwetsbaarheid van de olievoorziening uit het Midden-Oosten is groot: de oliecrisis van 1973 markeerde de gevolgen van een aantal ontwikkelingen. De voornaamste twee daarvan zijn: het steeds toenemende verbruik in de westerse industrielanden en de afgenomen invloed die de westerse regeringen wilden of konden uitoefenen in het Midden-Oosten.

In november 1956 stagneerde als gevolg van de Suezcrisis tweederde van de aanvoer van olie naar Westeuropa. De oliemaatschappijen konden deze verstoring met gemak opvangen door olie uit Venezuela en de Verenigde Staten naar Westeuropa te dirigeren. In 1973 was door het hogere verbruik en door de geringe olievoorraden in de Verenigde Staten deze oplossing niet meer mogelijk.

De beheersbaarheid van de oliestromen is sinds 1973 steeds verder afgenomen. Dit geldt niet alleen voor de politieke situatie, maar ook voor de economische. In 1972 beheerden de 'Seven Sisters' (de zeven grote oliemaatschappijen) meer dan 50% van de oliereserves in de niet-communistische wereld en namen ze tweederde van de produktie van ruwe olie voor hun rekening. In 1982 waren deze percentages 10% voor de oliereserves en minder dan 20% voor de produktie van ruwe olie.

De stad in het algemeen is bijzonder kwetsbaar voor een onderbreking van de olievoorziening, niet alleen vanwege het feit dat bepaalde delen van de samenleving ernstig in hun functioneren worden belemmerd, maar ook vanwege de gevolgen voor de economie. De elektriciteitsvoorziening lijkt in een dergelijke situatie verhoudingsgewijs minder kwetsbaar dan andere sectoren: aan deze voorziening zal door de centrale overheid hoge prioriteit worden toegekend. Bovendien is de elektriciteitsvoorziening, zoals reeds aangegeven, betrekkelijk flexibel in het gebruik van diverse soorten brandstof.

5.5.2 De produktiemiddelen

Door de aanwezigheid van het koppelnet zal in het algemeen de uitval van een produktie-eenheid of zelfs van een centrale niet leiden tot onderbreking van de elektriciteitsvoorziening.

De lokatiekeuze en de bedrijfsvoering van centrales worden steeds meer beïnvloed door milieu-eisen. Dit geldt zowel ten aanzien van temperatuurverhoging van het oppervlaktewater als voor de uitstoot van afvalprodukten in de atmosfeer.

Er is hierdoor echter geen sprake van plotseling uitvallen van produktiemiddelen.

5.5.3 Het transport

Het hoogspanningsnet voor koppeling en transport

Zoals reeds eerder werd aangegeven, is het hoogspanningsnet op vele plaatsen uitgevoerd in een ringvorm. Een onderbreking in een circuit leidt aldaar niet tot een onderbreking van de elektriciteitsvoorziening. Er zijn echter enkele steeklijnen, dat zijn lijnen waarbij de afnemer slechts van een zijde wordt gevoed. In een dergelijke situatie kan bijvoorbeeld door bliksem, wind of ijzel de voorziening worden verstoord.

In de schakelstations en hoofdvoedingsstations zijn de transformatoren en de hoofdstroomverbindingen daartussen veelal dubbel uitgevoerd. De uitval van schakelstations en hoofdvoedingsstations ten gevolge van een oorzaak die alle transformatoren treft, behoort echter niet tot de onmogelijkheden.

Netten voor distributie

Deze netten, die voornamelijk in ondergrondse kabel zijn uitgevoerd, staan voortdurend bloot aan de gevolgen van grondwerkzaamheden (dit geldt overigens ook voor het hoogspanningsnet, voor zover dit is uitgevoerd als ondergrondse kabel). Aangezien bij distributienetten de afnemer lang niet altijd van twee zijden of via twee kabels in hetzelfde tracé wordt gevoed, is dit een van de voornaamste oorzaken van onderbrekingen in de elektriciteitsvoorziening.

Voor de kwaliteit van de elektriciteitsvoorziening zijn, zoals eerder vermeld, constante frequentie en spanning van belang.

De frequentie wordt voor het hoogspanningsnet centraal bewaakt. Dit betekent dat, behoudens bij een grootschalige calamiteit, nauwelijks afwijking in de frequentie zal optreden. De spanning wordt eveneens voor het hoogspanningsnet centraal bewaakt. Met stappen-schakelaars op de transformatoren in het distributienet worden spanningsveranderingen ten gevolge van variërende belasting bijgeregeld. Een defect in deze regeling kan in principe leiden tot ongewenste spanningsverandering.

5.5.4 Bewaking, bediening en bedrijfsvoering

Anders dan bij de waterleiding, zijn de coördinatiecentra van vitaal belang voor het functioneren van het gehele systeem.

Dit wordt veroorzaakt door de omvang en de daarmee samenhangende complexiteit van het systeem en door de noodzaak snel beslissingen te nemen.

Bij de steeds toenemende omvang van de netten groeit de hoeveelheid informatie die per tijdseenheid moet worden verwerkt. In een artikel van De Haas is dit grafisch weergegeven (figuur 5.5). Aangezien de hoeveelheid informatie met de jaren toeneemt, dient deze informatie te worden voorbereid met computers, waardoor voor de mens weer een normaal te verwerken hoeveelheid informatie per tijdseenheid wordt verkregen. Coördinatiecentra van grote netten kunnen niet meer goed functioneren zonder computers. Het menselijk vermogen informatie te verwerken stelt hier grenzen. Een systematische risico-inventarisatie is hier zeker op zijn plaats.

Wat betreft de noodzaak snel beslissingen te nemen, moeten we beseffen dat het elektrisch systeem geen voorraad kent. Dit wil zeggen dat opgewekt vermogen en afgegeven vermogen op elk moment aan elkaar gelijk moeten zijn. Valt op een bepaald moment een hoeveelheid opwekvermogen weg ten gevolge van een storing, dan moet binnen een aantal minuten de balans tussen opgenomen en afgegeven vermogen worden hersteld. Zo niet, dan wordt het systeem instabiel, hetgeen uiteindelijk leidt tot uitval van het totale systeem. De storingen in New York in 1965 en 1977 zijn hiervan voorbeelden.

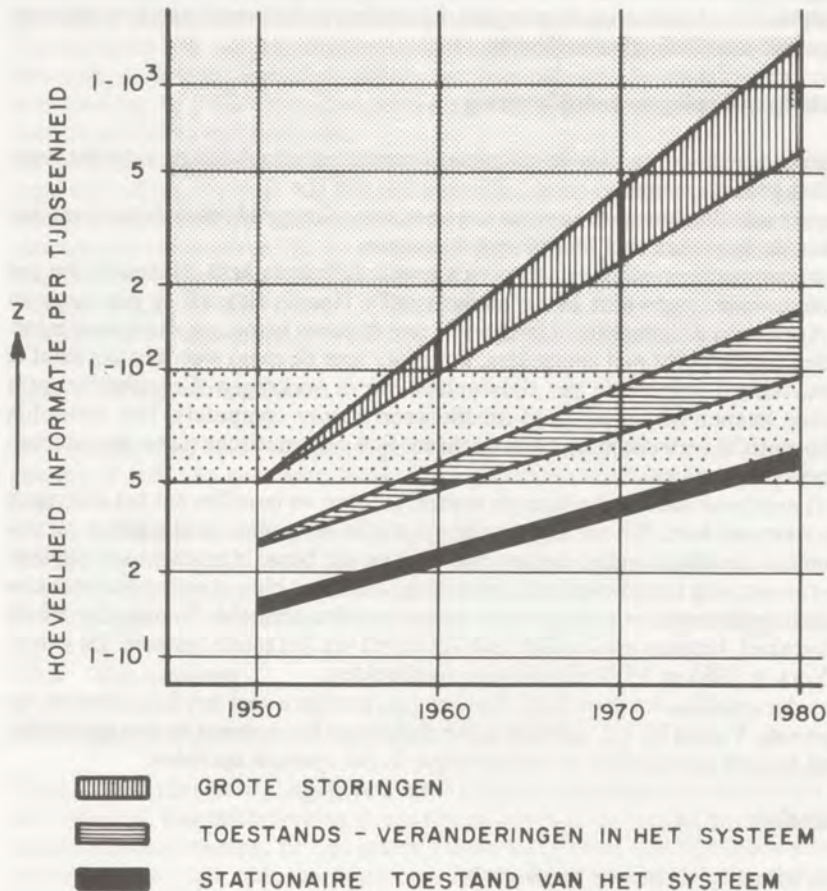
Uitval van een der coördinatiecentra heeft dus ernstige gevolgen voor het functioneren van het gehele systeem. Vooral bij het opnieuw inschakelen van het systeem na een grootschalige verstoring kunnen aanzienlijke overspanningen in het systeem optreden.

5.5.5 Evaluatie

Welke punten behoeven de meeste aandacht?

De grondstoffenvoorziening is een punt van grote zorg, vooral vanwege de financiële consequenties. Uitval van schakelstations en hoofdvoedingsstations heeft ook ernstige consequenties, vooral vanwege de lange hersteltijd van deze stations. Daarnaast behoeven grootschalige systeemstoringen, zoals in New York hebben plaatsgevonden, nadere analyse.

GRENZEN VAN HET MENSELIJK WAARNEMINGSVERMOGEN
 (GEBIED MET FIJN RASTER)
IN RELATIE TOT DE TOENAME VAN DE HOEEVEELHEID INFORMATIES
IN EEN CENTRUM



Figuur 5.5 Grenzen van het menselijk waarnemingsvermogen in relatie tot de toename van de hoeveelheid informatie in een centrum.

Bron: J. de Haas, Elektrotechniek, 55, 8, 1977.

5.6 Ervaringen van de elektriciteitsbedrijven met vroegere storingen

De eerste wereldoorlog, waarin ten gevolge van een blokkade brandstofschaarste optrad, vormde een sterke stimulans voor de elektriciteitsvoorziening. Deze bleek door de grote flexibiliteit in het brandstoffenpakket en het vermogen beslag te leggen op beschikbare

brandstof beter dan anderen in staat een ongestoorde energievoorziening te verwezenlijken.

De slechte kwaliteit van het in de eerste wereldoorlog geleverde isolatiemateriaal was een van de redenen voor het oprichten van de KEMA teneinde een goede en meetbare kwaliteitsborging te verzekeren.

De crisis van de jaren dertig leidde tot een terugval van de industriële vraag naar elektriciteit. Dit verschijnsel wist men echter goed te compenseren door het stimuleren van elektrische apparaten voor huishoudelijk gebruik. Medewerkers van de elektriciteitsbedrijven gingen met monsterkoffers met apparaten langs de woonhuizen.

De tweede wereldoorlog en de daarbij uitgevoerde bombardementen op steden vormden mede de aanleiding een landelijk koppelnet op te zetten.

Dit net bewees tijdens de stormvloed van 1953 goede diensten.

5.7 Toekomstige ontwikkelingen

Ook bij de elektriciteitsvoorziening is de beschikbaarheid hoog (meer dan 99,9%). De gemiddelde jaarlijkse uitvalduur bedraagt in de stedelijke gebieden 14 minuten en in landelijke gebieden 42 minuten. De VDEN houdt jaarlijks een enquête, waarmee landelijk gegevens worden ingezameld over storingen en storingsduur.

Ontwikkelingen die de betrouwbaarheid in positieve dan wel negatieve zin kunnen beïnvloeden, zijn:

- De beschikbaarheid van fossiele brandstoffen. Daarmee wordt o.a. het prijsniveau van de diverse brandstoffen bedoeld. Dat bepaalt in sterke mate welk brandstoffenpakket optimaal is en ook of bronnen, zoals wind en biogas rendabel zijn.
- Resultaten van onderzoek naar de oorzaken van lijndansen. Op bovengrondse hoogspanningslijnen kan zich ijzel of sneeuw vastzetten met het profiel van een vliegtuigvleugel. Bij een bepaalde wind wordt de hele draad opgetild om vervolgens omlaag te vallen. Men noemt dit lijndansen. Hierdoor kan kortsluiting tussen de geleiders optreden.
- De algemene economische ontwikkeling van Nederland kan een grote invloed hebben op het systeem (geld om betrouwbaarheid te waarborgen en afzet van elektriciteit).
- Milieuproblemen zullen, tenzij er op dit gebied technische doorbraken komen, steeds meer hun invloed doen gelden. Hier ligt wederom een sterke relatie met de beschikbaarheid van financiële middelen.

5.8 De gevolgen van enkele recente verstoringen

5.8.1 De grondstof

De oliecrisis van 1973 heeft geen onderbreking van de elektriciteitsvoorziening tot gevolg gehad. Wel leidde deze crisis de overgang in van de periode van groei naar een periode van nagenoeg constant verbruik, zoals dit zich sinds 1979 manifesteert. Hiermee verloren de elektriciteitsbedrijven een stuk van hun economische flexibiliteit. In het verleden had men wijzigingen in het brandstofpakket gedeeltelijk kunnen opvangen met de nieuwbouw. Hierdoor werden dus geen extra kosten veroorzaakt. Bij een constant verbruik kan wijziging van het pakket alleen worden verkregen door ombouw, waardoor extra kosten en dus een hogere elektriciteitsprijs dan bij opvang via nieuwbouw het gevolg zijn.

5.8.2 De produktiemiddelen

De storing in Vlaanderen op 4 augustus 1982

Omstreeks 11.00 uur deed zich een defect voor bij een opwekeenheden van de kerncentrale in Doel. Direct daarop ontplofte in de centrale te Vilvoorde een generator. Daar bovendien de koppelverbinding met Frankrijk wegens onderhoud buiten bedrijf was, kreeg het elektriciteitsbedrijf een zodanige verstoring te verwerken dat binnen tien minuten heel Vlaanderen zonder stroom zat. De chaos die optrad was enorm. Om 16.00 uur kon met hulp van het Franse elektriciteitsnet de elektriciteitsvoorziening worden hervat.

5.8.3 Het transportnet

Het hoogspanningsnet voor koppeling en transport

In 1983 heeft zich in Nederland een aantal grootschalige verstoringen voorgedaan in het transportnet.

Op 19 april deed zich in het zuidelijk deel van Noordholland een elektriciteitsstoring voor die duurde van 20.30 uur tot 21.10 uur. Het treinverkeer in dit gebied viel uit. Overwogen sloten automatisch waardoor het autoverkeer tot stilstand kwam. Het telefoonverkeer viel gedeeltelijk uit en in IJmuiden kwamen twee hoogovens stil te liggen.

Op 19 mei kwam een groot deel van Zuidholland zonder stroom te zitten. De storing werd ingeleid doordat bij het inschakelen van een hoogspanningsleiding in Delft een eenfasesluiting naar aarde ontstond. De hiermee gepaard gaande spanningsverhoging in de andere fasen veroorzaakte overslag naar aarde in een transformator in Sassenheim. Op het moment dat van de aldus ontstane dubbele aardsluiting de aardsluiting in een fase werd afgeschakeld, zijn ten gevolge van overgangsverschijnselen ongewenste uitschakelingen van een aantal hoogspanningsverbindingen opgetreden. De storing kon worden hersteld door de uitgeschakelde circuits weer in bedrijf te stellen. De storing is een voorbeeld van het cascade-effect in het hoogspanningsnet. De totale onderbrekingsduur was 36 minuten.

Op 17 juli deed zich brand voor in een stroomtransformator van een hoogspanningsvoedingsstation bij de centrale Tilburg-noord. Hierdoor geraakte een groot gedeelte van Noordbrabant zonder elektriciteit. Na een uur was de storing grotendeels verholpen door het weer inschakelen van de voedingslijn vanuit de centrale Geertuidenberg.

Deze drie gevallen maken de volgende conclusie mogelijk:

Storingen in het hoogspanningsnet zijn doorgaans snel verholpen door het weer inschakelen van uitgeschakelde componenten en circuits.

Netten voor distributie

Op 16 juni 1983 viel door een brand in een transformator van een hoogspanningsvoedingsstation de elektriciteit uit in een groot deel van zuidwest Den Haag.

Bewoners van hoge flats raakten verstoken van water. Bankkantoren konden de saldi van hun cliënten niet meer controleren. De politie ving de uitval van verkeerslichten op met extra mankracht. De storing, die omstreeks het middaguur optrad, was tegen twaalf uur 's nachts geheel opgeheven.

De volgende conclusie kan worden getrokken:

Wordt een gebied slechts langs een weg gevoed en is een oorzaak werkzaam die de verdubbeling van componenten teniet doet (zoals brand in een transformator), dan is een langdurige storing waarschijnlijk. Dit is afhankelijk van de vervangingstijd van de desbetreffende component.

5.8.4 Bewaking, bediening en bedrijfsvoering

De elektriciteitsstoring in New York in 1965

Oorzaak en rechtstreekse gevolgen

Om 17.16 uur in de middag van 9 november 1965 werd een van de lijnen die de Beck centrale van Ontario Hydro in Canada met zijn afnemers verbond door een beveiliging uitgeschakeld. Dit beveiligingsrelais was ooit ingesteld op een waarde die toereikend was voor de toenmalige belasting. Het verbruik in dit gebied was echter in de loop der tijd toegenomen. Het vermogen dat de transportlijn technisch gezien kon transporteren, lag aanzienlijk hoger dan de instelwaarde van het beveiligingsrelais. De operator van Ontario Hydro, niet wetend dat de beveiligingsrelais betrekkelijk laag stonden ingesteld, baseerde zich op de (hogere) toegestane belastingswaarde van de lijn en raakte niet verontrust toen de belasting de aanspreekwaarde van het relais bereikte. Door de uitschakeling van deze verbindingslijn raakten de andere vier directe lijnen van de Beck centrale naar de afnemers overbelast en schakelden uit. Tussen de Beck centrale en de afnemers bleef nu alleen een route om de zuid via Rochester en Clay, via welke route nu ineens een extra vermogen van 1.500 MW moest worden getransporteerd. Op deze enorme vermogenszwaai reageerde een aantal beveiligingsrelais in deze circuits, zodat ook deze verbinding uitviel. Aldus was het zogenaamde Canuse-net (Canada-United States Eastern interconnection) in 4 seconden in vier delen uiteengevallen (figuur 5.6). Ten gevolge van extreme vermogensslingeringen of gebrek aan opwekvermogen was men gedwongen de elektriciteitsvoorziening in drie van de vier gebieden te staken, met uitzondering van een klein gebied rond de Patsy centrale Massena en het westen van Ontario. Het gedeelte van het net dat de stad New York bediende, werd geconfronteerd met een plotseling vermogenstekort van 1.100 MW. Het lukte de aanwezige operators niet dit tekort voldoende snel aan te vullen. Twaalf minuten na het uitschakelen van het eerste relais werd de elektriciteitsvoorziening in de stad New York beëindigd.

De storing trof een oppervlakte van 205.000 vierkante kilometer met een inwonertal van 30 miljoen mensen. Voor het gebied van New York had de storing vermoedelijk kunnen worden voorkomen als men tijdig de verbindingen met het koppelnet had verbroken. De richtlijnen voor schakelwachten waren echter vaag. Een andere mogelijkheid, namelijk het selectief afschakelen van afnemers, werd niet benut.

De storing van 9 november 1965 heeft haar plaats in de historie niet alleen verworven door de omvang ervan, maar vooral door het aantal mensen dat werd getroffen, de tijdsduur en de gevolgen voor de stad New York. Geconcludeerd moet worden dat bij het ontwerp van het net en de centrales geen rekening was gehouden met de noodzaak zonder energie uit het koppelnet te kunnen functioneren en weer op gang te komen. Dit uitte zich op diverse manieren. In New York werden de lagers van een 1.000 MW generator beschadigd omdat tijdens het uitlopen van deze eenheid de smeeroilpompen, die uit het elektriciteitsnet van energie werden voorzien, niet meer functioneerden. De thermische centrales konden, doordat de elektrische energie voor de bediening van hulpapparatuur van de stoomturbine ontbrak, niet zelfstandig op gang komen. Hiervoor was hulp nodig van buiten het gestoorde gebied of het weer opstarten van de waterkrachtcentrales. Van beide mogelijkheden was juist de stad New York het verst verwijderd. In sommige gevallen waren de afstands-signalering, afstandsbediening en telecommunicatiemogelijkheid van centrales en schakelstations weggefallen, zodat inspectie van de toestand ter plaatse nodig was. Bij het weer op spanning brengen van het net traden soms ongewenste inschakelverschijnselen op, zodat men pas na herhaalde pogingen de spanning blijvend kon herstellen. De tijdsduur van de storing was 13½ uur.

Gevolgen voor andere stedelijke infrastructuren

Pompen voor drinkwatervoorziening en riolering vielen uit. De telefonie bleef door noodvoedingen grotendeels intact, zij het dat zich congestieverschijnselen voordeden. Ondergrondse en treinen kwamen tot stilstand. Dit gebeurde vaak op zeer ongelukkige plaatsen: in tunnels of op bruggen. Het autoverkeer werd gehinderd door het uitvallen van verkeerslichten en benzinepompen. Een aantal vliegvelden werd volledig lam gelegd. In de stad New York beschikte slechts de helft van de 150 ziekenhuizen over een noodstroomaggregaat.

Gevolgen voor de bevolking

Afgezien van het uitvallen van de elektriciteit in ziekenhuizen, waren de meest bedreigende situaties het uitvallen van de spanning bij de ondergrondse, waarbij mensen in het pikkedonker stations moesten bereiken, niet wetend of de spanning plotseling zou terugkeren, en het vastzitten van liften, waarbij het vaak nodig was in liftkokers gaten te hakken om de mensen te bevrijden. In de woningen viel de centrale verwarming uit. In de VS kookt men veelal elektrisch. En zoals algemeen bekend viel de televisie uit, hetgeen de oorzaak zou zijn geweest van de 9 maanden later opgetreden geboortegolf. De uitval van de elektriciteitsvoorziening leverde staaltjes van menselijke inventiviteit op zoals het mechanisch koppelen van de opgekrikte achteras van een auto aan een benzinepomp om de benzinedistributie gaande te houden.

Enige kanttekeningen

In vergelijking met Nederland waren er in de Verenigde Staten weinig voorzieningen getroffen om de gevolgen voor de bevolking te minimaliseren. In Nederland hebben metrosystemen een noodverlichtingssysteem in de tunnel. Liften hebben een met handkracht bediend systeem om liftkooien die tussen verdiepingen tot stilstand komen, voor een liftdeur te krijgen. Uitval van de elektriciteitsvoorziening leidt wel tot uitval van cv-installaties en het televisietoestel. Ook benzinepompen, verkeerslichten, metro- en treinverkeer komen tot stilstand. Ziekenhuizen en de drinkwatervoorziening beschikken over noodstroomaggregaten. De pompen van de riolering echter niet.

Reactie van het bestuursapparaat

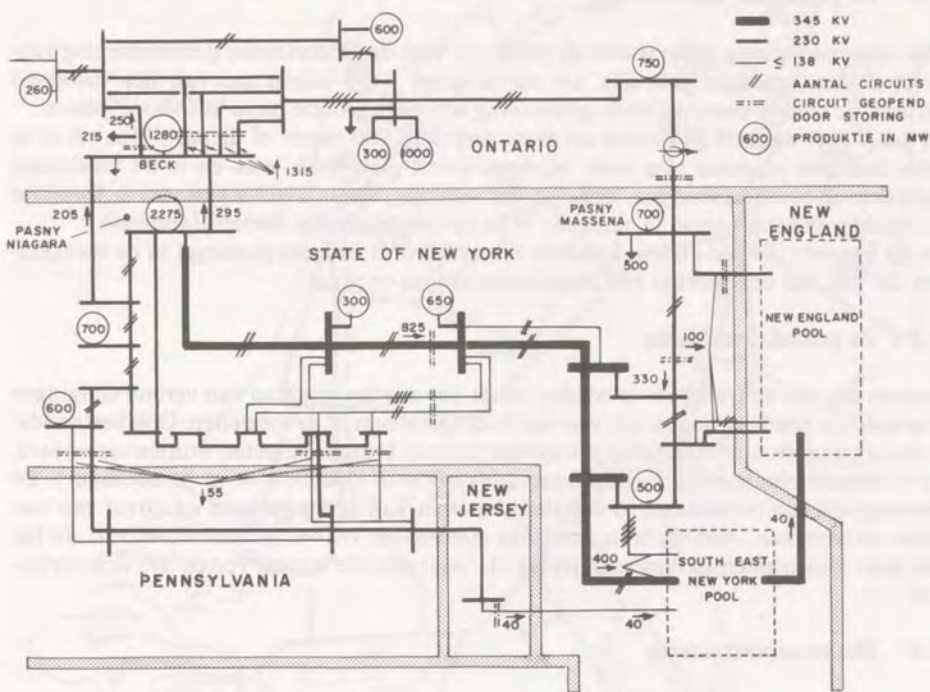
Op het moment dat de elektriciteit uitviel, waren ongeveer 800.000 mensen onderweg met trein en ondergrondse. Hiervan moesten er 10.000 echt worden bevrijd. De burgemeester van New York was onderweg naar huis toen de elektriciteit uitviel. Hij keerde onmiddellijk terug naar het stadhuis en riep de crisisstaf bijeen. 5.000 politieagenten die geen dienst hadden, werden opgeroepen. Ze waren vooral nodig om het vastgelopen verkeer op gang te helpen. Gouverneur Rockefeller van de staat New York stelde een afdeling van de National Guard ter beschikking, die reizigers bevrijdde uit ondergrondse en trein. Ook werd onderkomen verzorgd voor gestrande reizigers. President Johnson liet zich doorlopend op de hoogte houden.

Toen het licht weer aanging

Het duurde een dag voordat het leven in de stad zijn normale loop hernam. Vele mensen hadden hun huis niet kunnen bereiken en namen die dag vrij.

De gevoelens van de bevolking waren vooral de ontgoocheling dat het, na alle verzekeringen dat een dergelijke verstoring onmogelijk was, toch gebeurde. Ook het gevoel van kwetsbaarheid in een oorlogssituatie kwam in sterke mate naar boven.

De totale schade van de storing werd op 100 miljoen dollar geschat.



Figuur 5.6 Sterk vereenvoudigd schema van het van belang zijnde gedeelte van het CANUSE-net.

Bron: G.A.L. van Hoek, Elektrotechniek, 44, 2, 1966.

6. Gasvoorziening

6.1 Het technisch systeem

6.1.1 De grondstof

Sinds ongeveer twintig jaren wordt als grondstof voor de Nederlandse gasvoorziening vrijwel uitsluitend aardgas gebruikt. De eerste jaren werd alleen gas van het vasteland gebruikt, de laatste tien jaar vindt gaswinning in steeds grotere mate 'off-shore' plaats.

Het gas wordt meestal gewonnen op grote diepte (3.000 meter of dieper). Hoewel er in Nederland vele plaatsen zijn waar aardgas wordt gewonnen, was en is de vindplaats Slochteren zo overheersend (ca. 70% van het verbruik) dat in 1963 is besloten de kwaliteit van Slochterengas als norm te hanteren. Alle gastoestellen zijn hierop afgestemd.

Gas uit bronnen die een andere kwaliteit leveren, wordt zodanig gemengd in de mengstations dat gas met de kwaliteit van Slochterenaardgas ontstaat.

6.1.2 De produktiemiddelen

Alvorens het gas op transport te zenden, moet het worden ontdaan van verontreinigingen die schadelijk zouden kunnen zijn voor het leidingsysteem of de toestellen. Ook bestanddelen die een ongestoorde voorziening in gevaar kunnen brengen, moeten worden verwijderd. Een voorbeeld hiervan zijn hogere koolwaterstoffen in vloeibare vorm (condensaat). De aanwezigheid van condensaat in een distributienet kan verstoppingen en uitval van toestellen veroorzaken. Aan de bron wordt dit condensaat vrijwel geheel verwijderd. In het leidingnet zijn condensaatvangsters geplaatst, waarmee de laatste resten worden verwijderd.

6.1.3 Het transportsysteem

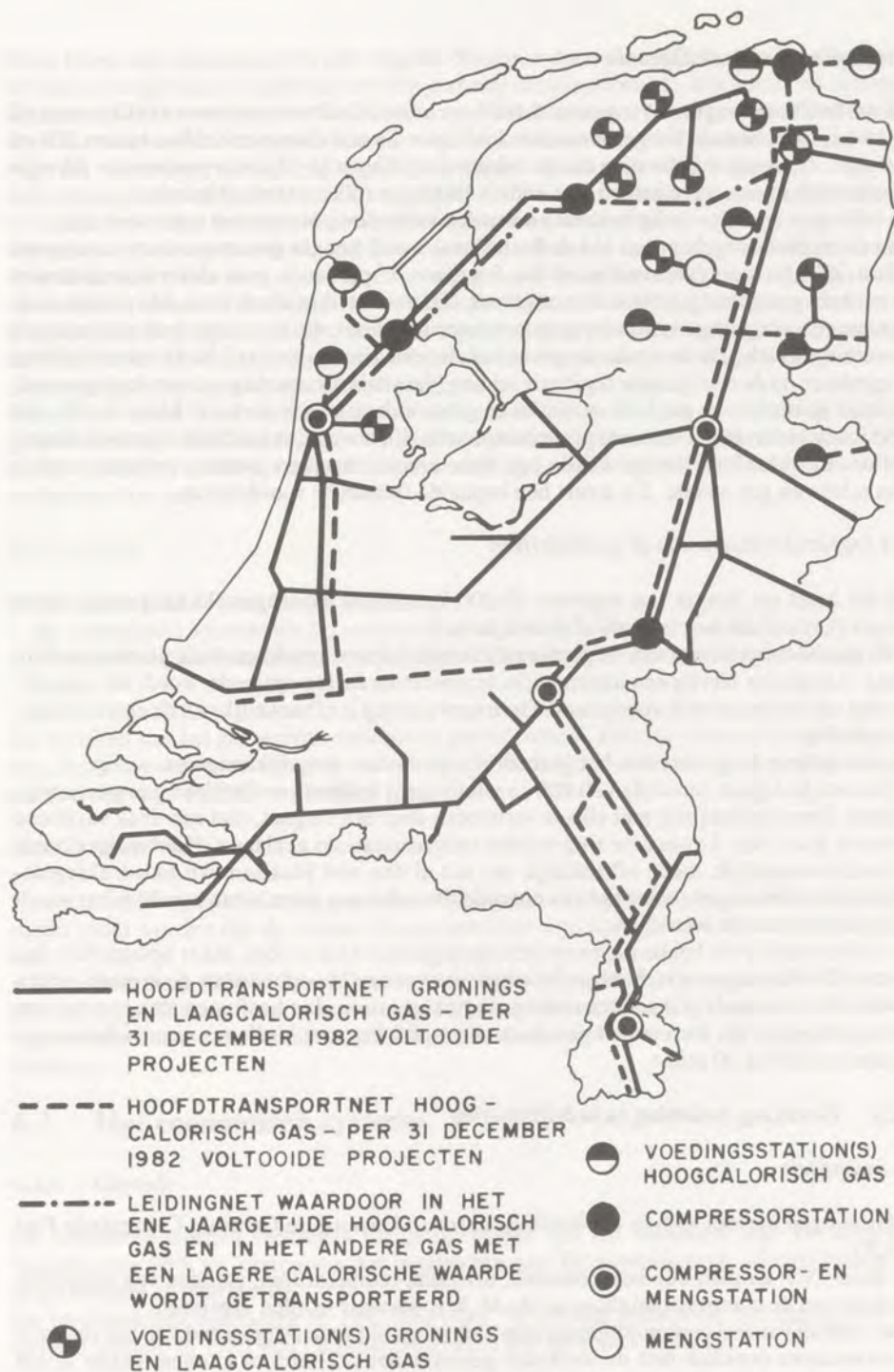
Het gastransportsysteem van bron tot gebruiker bestaat uit het hogedruksysteem en het regionale net, beide van Gasunie en het lagedruksysteem van de gasbedrijven.

Het hogedruksysteem van Gasunie

Dit heeft een lengte van ongeveer 4.000 km en wordt bedreven onder een druk van 65 - 40 bar (figuur 6.1). Het bestaat uit gelaste stalen leidingen die een diameter hebben tussen 800 en 1.400 mm.

Deze leidingen liggen op ongeveer 4 meter diepte in beschermde tracé's. Ze zijn uitwendig bekleed en worden kathodisch beschermd tegen corrosie. Om de druk op peil te houden, zijn er over het gehele land verspreid compressorstations gebouwd, waarvan die te Ommen en Ravenstein tot de grootste ter wereld behoren. Het gezamenlijk vermogen van deze stations bedraagt 588 MW (800.000 pk).

De compressoren worden gevoed met gas uit een ander systeem dan het te comprimeren gas. Bij uitval van een compressor wordt automatisch een reservecompressor bijgeschakeld. Aangezien de druk in het net nooit snel daalt, heeft de reservecompressor alle tijd om in werking te komen. Daar het hoge druknet onder een druk boven 40 bar wordt bedreven, vertegenwoordigt dit net een enorme volume-reserve, zodat bij eventuele uitval van een bron ook weer alle tijd aanwezig is op andere bronnen over te schakelen. Op de compressorstations is een eigen noodelektriciteitsvoorziening aanwezig.



Figuur 6.1 Het hogedruktransportsysteem van Gasunie.

Bron: NV Nederlandse Gasunie.

Het regionale net van Gasunie

Dit net heeft een lengte van ongeveer 6.400 km en wordt bedreven onder een druk tussen 40 en 15 bar. Het bestaat uit gelaste stalen leidingen die een diameter hebben tussen 200 en 960 mm. Zij liggen minder diep dan de hogedrukleidingen (1 - 2 meter) en worden dikwijls gezamenlijk in een tracé gelegd met andere leidingen (olie, water) of kabels.

De leidingen zijn uitwendig bekleed en worden kathodisch beschermd tegen corrosie.

Van de meet- en regelstations (M & R-stations) wordt het gas getransporteerd naar grote industriële afnemers (verbruik meer dan 5 miljoen m³ per jaar), naar elektrische centrales en naar de gasontvangstations van ongeveer 150 gasdistributiebedrijven. De gasontvangstations zijn altijd uitgevoerd met een extra leveringsstraat, die bij te lage druk automatisch in werking treedt. De centrales en grote industrieën zijn via een vrij korte toevoerleiding aangesloten op de doorgaande regionale leiding, die altijd als een ringsysteem is uitgevoerd. De kans op uitval van gas voor centrales en grote industrieën is derhalve klein. Ketels van elektrische centrales en van zeer grote industrieën zijn bovendien geschikt voor twee brandstoffen. In tijden van strenge koude kan deze grootverbruikers worden verzocht over te schakelen van gas op olie. Dit levert hen bepaalde financiële voordelen op.

Het lagedruksysteem van de gasbedrijven

Dit net heeft een lengte van ongeveer 80.000 km. Het is samengesteld uit gelaste stalen buizen (kathodisch beschermd) of plastic buizen.

In de gasontvangstations van de gasdistributiebedrijven wordt de gasdruk gereduceerd tot 8 bar. Aangezien hierbij een aanzienlijke temperatuurdaling optreedt, wordt het gas verwarmd om condensatie te voorkomen. Deze verwarming is afhankelijk van de elektriciteitsvoorziening.

Al naar gelang de grootte van het gasbedrijf zijn diverse mogelijkheden aanwezig.

- Grotere bedrijven (meer dan 20.000 aansluitingen) hebben verscheidene gasontvangstations. Deze stations zijn met elkaar verbonden door een ringnet, met een druk variërend tussen 8 en 3 bar. Langs deze ring worden reduceerstations geplaatst. Hierbij zijn diverse drukken mogelijk, mede afhankelijk van het al dan niet plaatsen van huisdrukregulateurs in de woningen, waar het gas uiteindelijk onder een (over)druk van 30 mbar wordt afgeleverd aan de toestellen.
- Kleinere bedrijven hebben soms verscheidene gasontvangstations, maar betalen hier dan voor. Zo dit het geval is, hebben deze bedrijven eenzelfde opbouw als de grotere bedrijven. Heeft het bedrijf maar een enkel gasontvangstation, dan heeft men toch meestal een ringnet achter dit station met een druk van 1 of 3 bar met hierlangs weer reduceerstations tot 100 of 30 mbar.

6.1.4 Bewaking, bediening en bedrijfsvoering

De kwantiteit

In Groningen bevindt zich in het hoofdkantoor van Gasunie de Centrale Commando Post (CCP).

Op deze CCP kunnen alle hoeveelheden, drukken, temperaturen, standen van afsluiters, werking van de compressorstations en de M & R-stations worden afgelezen.

Door middel van een computersimulatiemodel vergelijkt men de op grond van het verbruik te verwachten drukken met de werkelijk gemeten druk. Hierdoor kunnen lekken in het systeem zeer snel worden gedetecteerd.

Ook kan met van hieruit op afstand afsluiters en compressoren bedienen. Dit alles geschiedt via PTT-lijnen, die voor eigen gebruik zijn gehuurd.

Deze lijnen zijn opgenomen in een ringnet. Mochten door een of andere reden alle lijnen uitvallen (hetgeen in de afgelopen twintig jaar nog nooit is gebeurd), dan wordt via communicatie met de 14 over het land verdeelde rayonkantoren overgegaan op handbediening. Deze communicatie kan geschieden via telefoon, telex, semafoon of via het eigen radionet, waartoe over het gehele land verspreid radiozenders staan opgesteld.

Alle storingen van het gehele land komen bij de CCP binnen. Als die niet van daaruit zijn op te lossen, wordt het onderhoudspersoneel ter plaatse gewaarschuwd.

De communicatie tussen de diverse lokaties en de mensen in het veld, geschiedt per semafoon of directe verbinding via de reeds eerder genoemde radiozenders.

Gashouders komen in het systeem van Gasunie noch in dat der gasbedrijven meer voor. Redenen hiervoor zijn dat het gasverbruik te groot is geworden (het heeft geen zin voor een kwartier verbruik een gashouder te hebben) en dat door de hoge druk, grote diameter en lengte der buizen, deze als gashouder fungeren.

Bij een eventueel lek kan hierdoor praktisch altijd voldoende druk op de leiding worden gehouden totdat door bediening van afsluiters het betreffende stuk wordt geïsoleerd. Dit is nodig om het binnendringen van lucht in de leiding te voorkomen. Hierdoor zou namelijk explosiegevaar ontstaan.

De kwaliteit

Onder de kwaliteit wordt bij gas verstaan:

- de hoeveelheid warmte die bij verbranding vrijkomt (calorische waarde)
- de verbrandingseigenschappen van het gas. Deze worden weergegeven door de wobbe-index.

De kwaliteit van het gas wordt voortdurend gecontroleerd. Hiertoe staan op diverse punten van het net continu schrijvende calorimeters en wobbe-indexschrijvers opgesteld, die rechtstreeks met de CCP verbonden zijn.

Gasdistributiebedrijven

Hier moet onderscheid worden gemaakt tussen grote en kleine distributiebedrijven. Opgemerkt moet worden dat de meeste kleine bedrijven zijn opgegaan in de streekgasbedrijven.

Alle gasbedrijven hebben hun eigen onderhoudsafdelingen. Bij de streekgasbedrijven is meestal eenzelfde organisatie aanwezig als bij Gasunie, nl. de rayonorganisatie. De onderlinge afstanden tussen de rayon- of districtskantoren zijn uiteraard veel kleiner dan bij Gasunie.

6.2 Het economisch systeem

6.2.1 Gasunie

De inkomsten worden verkregen uit de opbrengst van het verkochte gas. De uitgaven bestaan voor 96% uit kosten van het ingekochte gas. Personeelskosten, afschrijvingen en rente vormen de overige 4%.

De investeringen bedroegen in 1982 ongeveer 70 miljoen gulden bij een omzet van 25 miljard gulden. In 1982 had Gasunie ongeveer 1800 personen in dienst.

6.2.2 De gasdistributiebedrijven

Deze kopen het gas van Gasunie in en verkopen het aan de afnemers met een winstmarge van ongeveer 6%.

Het investeringsniveau van de gasdistributiebedrijven bedroeg in 1982 ongeveer 400 miljoen gulden bij een omzet van ongeveer 27 miljard gulden. Er waren ongeveer 11.000 personen in dienst.

6.3 Beheer en onderhoud

Het gas wordt gewonnen en gereinigd door particuliere maatschappijen zoals NAM, Petro-land, Amoco en andere.

Deze maatschappijen verkopen het gas aan de NV Nederlandse Gasunie. Deze heeft als aandeelhouders DSM (40%), Esso (25%), Shell (25%) en de Staat der Nederlanden (10%).

Het oplossen van storingen en preventief onderhoud aan het gehele leidingsysteem (inclusief compressoren, mengstations, exportstations enz.) geschiedt vanuit de eerdergenoemde 14 rayonkantoren, die zo in het land zijn gelegen, dat iedere plaats van het leidingnet binnen een uur is te bereiken.

De leidingen worden regelmatig gecontroleerd.

De hogedrukleidingen worden iedere 14 dagen door een heli-copter afgevlogen om te controleren of er werkzaamheden van derden op of nabij de leiding plaatsvinden. Zo ja, dan wordt direct het dichtstbijzijnde rayonkantoor gewaarschuwd, van waaruit iemand ter plaatse gaat kijken. Uit de rayonkantoren wordt ook de kathodische bescherming gecontroleerd. Gezien de grote zorgvuldigheid, die bij aanleg en onderhoud van de leidingen wordt betracht, mag worden gesteld, dat – invloeden van buitenaf daargelaten – het hogedruk-systeem zeer veilig ligt.

Het regionale net (40 bar) wordt uit de rayonkantoren gecontroleerd, hetzij door het 'aflopen' van het net (een maal per jaar), hetzij door controle per auto.

Ook deze leidingen zijn kathodisch beschermd.

Door hun minder diepe ligging zijn zij kwetsbaarder, speciaal in die gebieden waar diepgravende landbouwmachines worden gebruikt. Het gebeurt dan ook wel eens dat deze leidingen min of meer ernstig worden beschadigd. In geval van lekkage is de gasvoorziening echter niet in gevaar, omdat er van ringleidingen gebruik wordt gemaakt.

De compressorstations worden door een eigen afdeling compressoren permanent volgens schema onderhouden.

De M & R-stations en gasontvangstations ten behoeve van industrie, elektriciteitscentrale of gasbedrijf worden uit de rayonkantoren onderhouden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen visuele inspectie, kleine onderhoudsbeurt (halve dag) en grote onderhoudsbeurt (enkele dagen). Deze laatste beurten geschieden alleen in tijden van lage gasafname, dus 's zomers. Zo mogelijk gaat zo'n station dan uit bedrijf en wordt het net via een ander station in de ring gevoed. Dit onderhoud vindt plaats in nauw overleg met de CCP.

6.4 Gewenst voorzieningsniveau en criteria

Doelstelling is de ononderbroken en veilige levering van gas van een constante kwaliteit en voldoende druk. De realisatie hiervan houdt het volgende in:

- een ringsysteem van de hogedrukleidingen;
- een ringsysteem van de regionale leidingen;

- het op afstand aflezen, controleren en bedienen;
- de opstelling van reservecompressoren;
- de opstelling van reserve leveringstraten;
- het onafhankelijk zijn van storings bij PTT;
- het onafhankelijk zijn van elektriciteitsstoringen;
- het geplande preventieve onderhoud;
- de juiste situering van de 14 rayonkantoren.

Het volledig drukloos worden van een leiding, hoe kort ook, betekent een onderbreking van langere duur, omdat in verband met explosiegevaar eerst de lucht uit de leiding moet worden verwijderd. Deze situatie tracht men dus te allen tijde te vermijden.

Bij het ontwerp van het net is rekening gehouden met een gemiddelde etmaaltemperatuur van -15°C . De gemiddelde etmaaltemperatuur bedroeg in de winter van 1978/79 -13°C . Dit is de strengste winter die het net tot nu toe heeft moeten doorstaan.

Ten behoeve van de persoonlijke veiligheid bestaat een aantal NEN-normen waaraan alle gastoestellen moeten voldoen.

6.5 Kwetsbaarheden en afhankelijkheden

6.5.1 De kwantiteit

De grondstof

Op basis van het huidige verbruik is er nog voor 55 jaar gas in Nederland.

De produktiemiddelen

Het transportsysteem wordt gevoed door een groot aantal productieputten. Alleen Slochteren heeft er al ongeveer 50, verdeeld over een oppervlakte van enige tientallen vierkante kilometers. Het gasveld van Slochteren is bovendien zeer gemakkelijk regelbaar, dat wil zeggen dat de capaciteit per productieput betrekkelijk gemakkelijk kan worden opgevoerd.

Het transportnet

Zoals eerder vermeld, zijn het hogedruknet, het regionale net en de gasontvangstations opgenomen in een ringsysteem. Leidingbreuk zal dus niet tot grootschalige uitval van de gasvoorziening leiden. Hoogstens zou een stadswijk gedurende enige tijd van gas verstoken kunnen raken.

Uitval van een compressorstation ten gevolge van een oorzaak die alle compressoren treft, valt niet geheel uit te sluiten.

De bewaking

Wegvallen van het CCP zal het functioneren van het net wel bemoeilijken, maar niet onmogelijk maken. Het is ongewenst dat door te groot verbruik de druk achter een compressor te veel daalt. Aangezien toename van het verbruik langzaam merkbaar wordt, is er voldoende tijd gebruikers af te schakelen. Overigens heeft Gasunie in het westen des lands een tankopslag van vloeibaar aardgas, die bij extreme verbruikspieken kan bijspringen.

6.5.2 De kwaliteit

Zoals eerder vermeld, bewaakt Gasunie de kwaliteit van moment tot moment. Zou door een defect meetinstrument een kwaliteitsverstoring onopgemerkt blijven, dan zal bij een te hoge verbrandingswaarde de vlam in gastoestellen doven door zuurstofgebrek. De meeste gastoestellen zijn hier tegen beschermd. Binnendringen van ongewenste stoffen in het distributienet is onwaarschijnlijk, omdat het systeem onder overdruk staat.

6.5.3 Evaluatie

Uitgezonderd bij sabotage of oorlog, kan het gassysteem als zeer betrouwbaar worden gekenschetst. Dit is een compliment waard aan de technici die dit systeem hebben ontworpen. De enige schaduwzijde van deze hoge betrouwbaarheid is dat er geen ervaring is met grootschalige uitval. Daarbij moet worden beseft dat het gasnet een landelijke aangelegenheid is en niet, zoals de elektriciteitsvoorziening, in kleinere eenheden kan worden opgesplitst.

6.6 Ervaringen van de gasbedrijven met vroegere storingen

Het ervaringskader van de NV Nederlandse Gasunie omvat een betrekkelijk korte periode. In deze organisatie is echter de ervaring ingebracht van het gasnet van Staatsmijnen, dat in 1926 is gegrondvest. Dat bedrijf maakte de stormramp van 1953 mee.

6.7 Toekomstige ontwikkelingen

6.7.1 Techniek

Aangezien het aandeel van gas dat niet uit het Slochterenveld afkomstig is, stijgende is, wordt het steeds moeilijker het gas binnen de grenzen te houden die aan de wobbe-index zijn gesteld. Een van de mogelijkheden waarnaar men onderzoek doet, is het binnen ruimere grenzen regelbaar maken van gastoestellen met behulp van een microprocessor.

6.7.2 Financiën

Gasunie

De centrale overheid heeft er altijd naar gestreefd de gasprijs te koppelen aan die van huisbrandolie. Aangezien door de oliecrises van 1973 en 1979 de prijs van huisbrandolie zeer sterk is gestegen en de overheid niet al te abrupte prijsstijgingen kon doorvoeren, is de gasprijs vergeleken met omringende landen en markten relatief laag geweest. De noodzaak tot besparingen, zoals de elektriciteitsvoorziening die kent, is hier tot nu toe afwezig geweest.

De gasdistributiebedrijven

Aangezien het hier veelal gemeentelijke bedrijven betreft en de financiële situatie van de meeste gemeenten de laatste tijd weinig rooskleurig is, is bij deze bedrijven wel sprake van bezuiniging op het personeel.

6.8 De gevolgen van enkele recente verstoringen

Er heeft zich in de laatste twee jaar in Nederland geen omvangrijke uitval van de gasvoorziening voorgedaan.

7. Telefonie

7.1 Het technisch systeem

7.1.1 Algemeen

Telefonie is een systeem met essentieel andere eigenschappen dan de infrastructuur van water, gas en elektriciteit. Het telefonienet transporteert namelijk informatie en een slechts geringe hoeveelheid energie voor het telefoontoestel. Het karakter van deze beide componenten is essentieel verschillend. Net als bij de infrastructuur voor water en energie stroomt bij telefonie de energie van een centrale bron naar de aangeslotenen. In dat opzicht is telefonie een distributiesysteem. De informatiecomponent van telefonie is echter communicatief van aard. Er moet een individuele verbinding tussen twee aangeslotenen tot stand worden gebracht. In feite is dit een dubbele verbinding, omdat de spraak zowel van A naar B als van B naar A moet. Het produktiemiddel, dat wil zeggen het telefoontoestel, is per definitie decentraal. Een belangrijk aspect bij het communicatiesysteem is dat het gesprek tussen A en B voor derden geheimgehouden dient te worden.

In de infrastructuur voor water en energie stelt men zich ten doel altijd aan de vraag te voldoen. De transportweg moet geschikt zijn voor de maximaal te verwachten vraag. Bij telefonie wordt het toelaatbaar geacht dat een op de honderd pogingen een verbinding tot stand te brengen, mislukt.

Een ander essentieel verschil is dat bij infrastructuur als water en gas geen regeling van het verkeer (transport) nodig is. Onder invloed van bepaalde natuurwetten kiezen water en gas bij knooppunten zelf de weg naar de afnemers. Bij telefonie is dit anders: er moet gericht een verbinding tot stand worden gebracht.

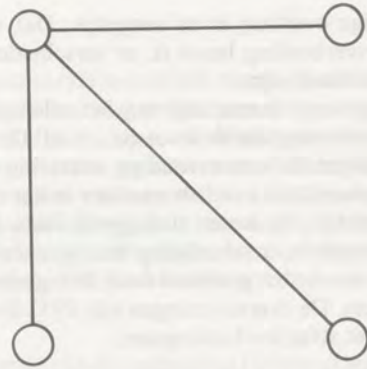
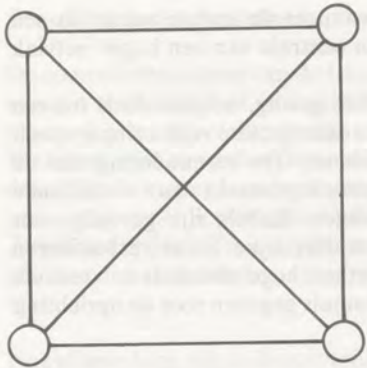
7.1.2 De communicatiestructuur

Het transportnet

In theorie kan men zich de situatie voorstellen dat elke abonnee een lijnverbinding heeft naar elke andere abonnee. Naast het grote aantal lijnen dat bij een ieder zou moeten worden uitgevoerd, betekent dit ook dat op elke plaats een soort telefooncentrale moet staan om de gewenste verbinding te kiezen. Een ander uiterste is elke telefoonabonnee te verbinden met een enkele gemeenschappelijke telefooncentrale. Ook deze oplossing is in de praktijk niet uitvoerbaar en bovendien economisch niet aantrekkelijk.

In de eerste situatie is er sprake van een volledig vermaasd net; in de tweede situatie van een volledig sternet (figuur 7.1).

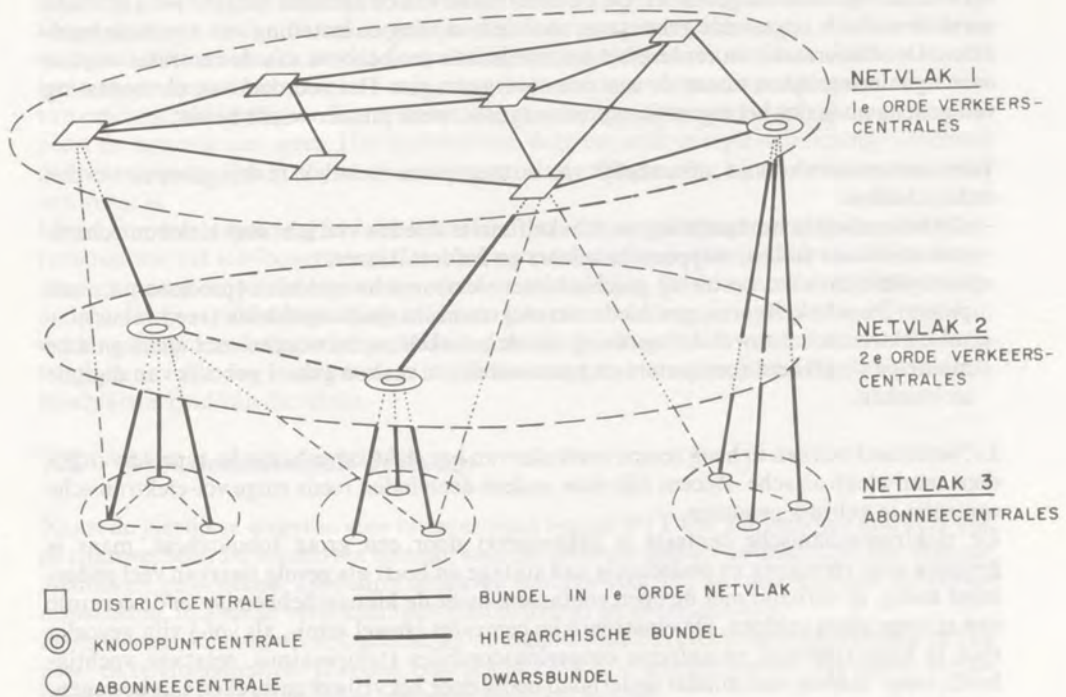
In de praktijk is gekozen voor een tussenvorm met een hiërarchische opbouw van het telefoonnet (figuur 7.2). Abonnees zijn aangesloten op een eindcentrale, tegenwoordig abonneecentrale genoemd. De abonneecentrales zijn verbonden via verkeerscentrales, de knooppunt- en districtscentrales. Met de komst van de semi-elektronische systemen verdween het onderscheid tussen deze typen centrales. Met uitzondering van enkele centrales voor speciale doeleinden is er dan slechts een type SPC-centrale (Stored Program Control). Die heeft enkele standaardfuncties die voor elke centrale hetzelfde zijn en een aantal variabele functies voor de abonnee- en de verkeersingangen. Door gemeenschappelijk gebruik van de processor voor de abonneediensten en het verkeersgedeelte kunnen de kosten worden verlaagd. Door deze ontwikkeling wordt ook de flexibiliteit in de routing aanzienlijk vergroot. Er bestaat geen technische begrenzing aan het aantal dwarsverbindingen. Ook meer-



VERMAASD NET

STER NET

Figuur 7.1 Schematische voorstelling van een volledig vermaasd net en een volledig ster-net.



Figuur 7.2 De hiërarchische opbouw van het telefoonnet.

Bron: PTT

voudige overloop is nu mogelijk. Dat wil zeggen dat wanneer de kortste route via een dwarsverbinding bezet is, er verscheidene routes via een centrale van een hoger netvlak beschikbaar zijn.

Een grotere vermazing van het telefoonnet is hiervan het gevolg, hetgeen leidt tot een vermindering van de kwetsbaarheid. Dit geldt te meer als deze grotere vermazing inspeelt op geografisch meervoudige routing in het transmissienet. Ter vermindering van de kwetsbaarheid wordt bovendien in het transmissienet gebruik gemaakt van verschillende technieken, te weten draaggolfkabels en straalverbindingen. Kabels zijn gevoelig voor mechanische beschadiging door graafwerkzaamheden en dergelijke. Straalverbindingen kunnen worden gestoord door de eigenschappen van de ether, hoge obstakels en vreemde zenders. De overstromingen van 1953 hebben mede een impuls gegeven voor de oprichting van het straalverbindingsnet.

De telefooncentrale

Bij de opbouw van een telefooncentrale wordt erop gerekend dat niet alle abonnees tegelijkertijd willen bellen. Daarom vinden we aan de ingang van een telefooncentrale een reductietrap. Deze zorgt voor de aansluiting van de abonneelijn op het verkeersgedeelte. Aan de uitgang van de telefooncentrale vinden we de tegenhanger, de selectietrap. Op deze wijze kan het aantal verkeerslijnen (verbindingen tussen centrales onderling) lager zijn dan het aantal op een centrale aangesloten abonnees. Het gevolg is dat niet alle abonnees tegelijkertijd kunnen bellen en er bij uitzonderlijke pieken in het verkeer, zoals tijdens de jaarwisseling en bij rampen, een zekere stagnatie optreedt. In het verkeersgedeelte wordt de eigenlijke routing tot stand gebracht. De kiesinformatie van de abonnee zorgt in het algemeen via in de centrale opgestelde geheugens, voor de besturing en instelling van de schakelmiddelen. Deze informatie en verdere beheersinformatie ten behoeve van de centrales worden over signaleringslijnen tussen de centrales overgedragen. Het voordeel van de toepassing van geheugens is dat het eigenlijke spreekwegennetwerk minder wordt belast.

Telefooncentrales kunnen, afhankelijk van de toegepaste techniek, in drie groepen worden onderscheiden:

- elektromechanische: besturing en schakelfunctie worden verricht met elektromechanische middelen (relais, stappenschakelaars en hefdraaikiezers);
- semi-elektronische: besturing geschiedt met elektronische middelen (processoren, computers. De schakelfunctie geschiedt met elektromechanische middelen (reed-relais);
- vol-elektronische: zowel de besturing als de schakelfunctie worden met elektronische middelen uitgevoerd (computers en processoren) en maken geheel gebruik van digitale technieken.

In Nederland worden in hoog tempo centrales van het elektromechanische type vervangen door semi-elektronische. Recent zijn voor andere doeleinden reeds enige vol-elektronische centrales in gebruik genomen.

De elektromechanische centrale is gekenmerkt door een grote robuustheid, maar is gevoelig voor vervuiling en onderhevig aan slijtage en heeft als gevolg daarvan veel onderhoud nodig. In verband met de open contacten, moet de klimaatbeheersing in de centrale aan strenge eisen voldoen. De elektronische centrales (zowel semi-, als vol-) zijn gevoelig voor te hoge spanning en extreme omgevingscondities (temperatuur, relatieve vochtigheid), maar hebben veel minder onderhoud nodig door het vrijwel ontbreken van bewegend delen. De elektromechanische schakelmiddelen (de reed-relais) in de semi-elektronische centrales zijn volledig ingekapseld, zodat de contacten nauwelijks vervuilen of corrodereen.

Bewaking, bediening en bedrijfsvoering

De computerbesturing van de (semi-)elektronische centrale maakt het mogelijk een abonnee aan te sluiten of af te sluiten door een wijziging in het programma van de centrale, in plaats van het bij elektromechanische centrales noodzakelijke manipuleren van draden. Wel moet voor een geheel nieuwe abonnee een draad worden getrokken naar de hoofdverdelers aan de ingang van de centrale. De mutaties kunnen voor een aantal centrales op een gemeenschappelijk punt geschieden door gebruik te maken van datatransmissielijnen. Zowel het vrijwel afwezig zijn van bewegende delen als het programmeren op afstand in plaats van het aansluiten van draden, brengt een aanzienlijke kostenbesparing met zich mee.

Naast bewaking van de kwantiteit (het tot stand komen van de verbinding) is bewaking van de kwaliteit (goed overdragen van informatie) van belang. In de telefonie berust de uiteindelijke bewaking van de kwaliteit bij de klant. Als het gesprek slecht verstaanbaar is, zal hij opnieuw draaien. Ook het bewaken van de kwantiteit is grotendeels een zaak van de individuele abonnee.

7.1.3 De energiestructuur

Een laatste relevant aspect van telefooncentrales is de behoefte aan elektrische energie. De huidige telefoonsystemen hebben een centrale voeding, dat wil zeggen dat de benodigde energie van de abonneecentrale naar het telefoontoestel wordt getransporteerd. De elektrische energie wordt normaal door het elektriciteitsnet geleverd. Op het moment dat men de hoorn opneemt, sluit men een stroomlus van de centrale naar het toestel. De beschikbare energie is echter beperkt, omdat de spanning van het elektriciteitsnet door voedingsomzetters van een bepaald vermogen wordt omgezet in een lagere spanning. Als te veel abonnees van een centrale tegelijk willen spreken, kan de voedingsbron overbelast raken en functioneert de centrale niet meer. Het voordeel van deze centrale energievoorziening is evenwel dat het telefoonsysteem nog kan functioneren als de netspanning bij de abonnees niet meer aanwezig is.

Uitval van de netspanning in de centrale heeft in eerste instantie geen invloed op het functioneren van het telefoonsysteem. De voeding van de centrale (en dus ook van de abonneeaansluitingen) wordt overgenomen door accubatterijen in de centrale. Bij langdurige onderbreking van de netspanning zal bij de grotere centrales een noodstroomaggregaat in werking komen, zodat in ieder geval de verkeersverbindingen niet worden verstoord. Op de lange duur is de werking van deze noodstroomaggregaten uiteraard afhankelijk van de beschikbaarheid van dieselolie.

7.2 Het economisch systeem

Naast de jaarlijkse uitgaven voor investeringen betaalt PTT een aanzienlijke afdracht aan de rijksoverheid. De inkomsten bestaan voor het grootste deel uit de opbrengst van abonnementen en gesprekken. De bedrijfsuitgaven bestaan voor het grootste gedeelte uit personeelskosten, financiële verplichtingen (afschrijving) en energiekosten.

Investeringen moeten worden gedekt uit de eigen middelen. Het investeringsniveau van de post- en telefoondiensten tezamen bedroeg in 1982 1,38 miljard gulden. De omzet van de telefoondienst in 1982 bedroeg ongeveer 5 miljard gulden.

In de telefoondistricten waren in 1982 ongeveer 24.000 personen werkzaam (herleid tot volledige dagtaken). Bij de Centrale Directie werkten ongeveer 6.000 mensen (inclusief de

taken van post- en gelddiensten).

Door de toename van het aantal abonnees en het toepassen van moderne technieken zijn de kosten van een telefoongesprek al zeker tien jaar vrijwel constant. De telefoondienst kent dan ook op dit moment geen problemen die vergelijkbaar zijn met de water- en elektriciteitsvoorziening.

Zo al aanleiding zou bestaan een kwaliteitsvermindering van de infrastructuur door te voeren, dan zal dit enerzijds inhouden een verlaging van de technische overdrachtsnorm (zonder dat het overgedragen signaal geheel onbruikbaar wordt) en anderzijds een verhoging van de kans op stagnatie bij het kiezen van een telefoonverbinding.

7.3 Beheer en onderhoud

PTT is eigendom van de Staat der Nederlanden en valt als zodanig onder het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

In het rapport Swarttouw werd aanbevolen de randapparatuur (zoals het telefoontoestel) ook door anderen dan PTT te laten leveren. De regering heeft hierover recent beslist dat moderne randapparatuur niet onder het PTT-monopolie zal vallen. Voor telefoontoestellen wordt het monopolie op termijn opgeheven.

Door de invoering van vol-elektronische centrales zal het onderhoud aanmerkelijk kunnen worden teruggebracht. Onderhoud zal in de toekomst vooral het kabelnet betreffen (grondverzakking, beschadiging van kabels).

Het gevolg is dat relatief minder mensen steeds hoger gekwalificeerde arbeid verrichten. Bovendien neemt de complexiteit door toepassing van geavanceerde technieken nog steeds toe. Daarbij wordt er evenwel voor zorggedragen dat voldoende materialen beschikbaar blijven voor reparatie en onderhoud van de nog in bedrijf zijnde en blijvende klassieke systemen.

7.4 Gewenst voorzieningsniveau en criteria

Uitval van de infrastructuur wordt door de gebruiker als belangrijk ernstiger ervaren dan een (tijdelijke) vermindering van de kwaliteit van de dienstverlening.

De telefoon is zowel in het zakelijke als het particuliere verkeer een essentiële schakel geworden. Het niet meer functioneren van deze infrastructuur zal economische schade veroorzaken, vooral voor het bedrijfsleven, en in beperkte mate gevaar kunnen betekenen voor het welzijn van individuen, indien artsen, ziekenhuizen, politie en brandweer niet langer telefonisch bereikbaar zijn. Ook zal een onderbreking van telefoonlijnen die worden gebruikt bij de regeling en beheersing van industriële processen (waaronder water-, gas- en elektriciteitsvoorziening) verstoring van deze processen tot gevolg kunnen hebben.

Een zekere kans (1%) op stagnatie bij het kiezen van een telefoonverbinding is in de normstelling van de infrastructuur inbegrepen. Uitzonderlijke pieken in het verkeersaanbod, zoals tijdens de jaarwisseling, bij rampen en bij sommige radiospelletjes kunnen niet worden verwerkt.

De technische criteria voor de telefonie worden afgeleid van internationale aanbevelingen terzake, zoals die zijn geformuleerd in het kader van de Internationale Telecommunicatie Unie en de Europese Conferentie van Post- en Telecommunicatie administraties CEPT. Afgeleid van de NEN-normen worden aan de infrastructuur van de telefonie eisen gesteld met betrekking tot veiligheid voor de abonnees en het installatie- en onderhoudspersoneel.

Dat de telefoon een essentiële rol kan spelen bij rampen, bleek voor het eerst bij de watersnoodramp van 1916.

7.5 Kwetsbaarheden en afhankelijkheden

7.5.1 De communicatiestructuur

Het transportnet

Een van de meest voorkomende storingsoorzaken is de beschadiging van de telefoonkabel van de abonnee naar de centrale. Hoewel dit slechts een klein aantal abonnees treft (maximaal 300), ervaren deze dit veelal alsof het gehele net is uitgevallen. De duur van dergelijke onderbrekingen is mede afhankelijk van de beschikbaarheid van een voldoende aantal goed opgeleid en gemotiveerd onderhouds- en reparatiepersoneel.

Het verkeersnet is in vergelijking met de andere infrastructuren weinig kwetsbaar. Teneinde het verkeer tussen de abonnees met redelijke zekerheid te kunnen garanderen, is een aantal regelingen getroffen. Met betrekking tot de transmissiewegen is gekozen voor geografisch gescheiden routeringen en verschillende technische systemen, zoals kabels en straalverbindingen. Daarnaast is in de hogere netvlakken reeds vroeg gekozen voor een vermaasde structuur met overloopmogelijkheden. Door de invoering van SPC-centrales is een vermaasde netstructuur met overloopfaciliteiten ook in de lagere netvlakken aantrekkelijk geworden. Een grotere bedrijfszekerheid van het gehele systeem is mede van invloed geweest op de beslissing tot invoering van SPC-centrales.

Van het transmissienet hebben vorm en opbouw een zodanig peil bereikt dat er vrijwel geen afhankelijkheid meer bestaat van de relatief schaarse grondstof koper. Voor de nieuwe transmissiewegen met glasvezelkabels is het niet de grondstof die een beperking zou kunnen vormen, maar de fabricagetechniek van deze kabels.

De kwetsbaarheid is dan ook meer gelegen in de geheimhouding dan in storingen.

De telefooncentrale

Bij uitval van een component met een schakelfunctie kan een andere weg worden gekozen. De kans op stagnatie wordt hierdoor wel vergroot. Ook het besturingsgedeelte bij half- en vol-elektronische centrales is meervoudig uitgevoerd. Een SPC-centrale kan bovendien, in tegenstelling tot een elektromechanische centrale, eenvoudig worden omgeprogrammeerd van abonneecentrale tot verkeerscentrale. Van deze mogelijkheid is destijds bij de brand in de centrale Tiel gebruik gemaakt, waardoor op korte termijn het telefoonverkeer kon worden hervat.

Bij de opzet van elektronische centrales heeft men de volgende ervaring opgedaan.

De ontwikkelingen in de micro-elektronica maken een steeds grotere automatisering van de processen in een centrale mogelijk. Primair leidt dit tot een hogere betrouwbaarheid omdat bij storingen sneller en adequater kan worden gereageerd. Gedetailleerder en verfijnder bewaken is mogelijk. Beslissingen kunnen in korte tijd (door een computer zelf quasi momentaan) worden genomen op basis van veel grotere hoeveelheden informatie.

In de praktijk is gebleken dat er in deze ontwikkeling een groot gevaar schuilt, namelijk het ontstaan van zodanig grote en complexe systemen dat deze voor de mens niet meer zijn te overzien. In grote en complexe computerprogramma's kunnen vertakkingen en lussen optreden die de goede werking verstoren of onderbreken zonder dat de oorzaak duidelijk kan worden gemaakt. Daarom moeten we er naar streven systemen zoveel mogelijk op te bouwen uit kleine bouwstenen die nog wel zijn te overzien en die bovendien zo volledig mogelijk kunnen worden beproefd. Met behulp van simulatieprogramma's kan dan de benodigde combinatie van bouwstenen uitgebreid worden beproefd. Op deze wijze wordt getracht rampsituaties als 'New York' zo goed mogelijk te vermijden.

Uitschakeling van een centrale door een alle onderdelen treffende oorzaak, zoals brand, wordt door verdubbeling of verviervoudiging niet voorkomen. Dit betekent dat abonnees die op deze centrale zijn aangesloten, niet kunnen bellen en niet gebeld kunnen worden. Het overige verkeer kan worden omgerouteerd.

Bewaking, bediening en bedrijfsvoering

De bewakingscentra vervullen in principe alleen een bewakingsfunctie. Bij uitval van een bewakingscentrum kan het telefoonverkeer in principe gewoon doorgang vinden.

7.5.2 De energiestructuur

De grotere centrales kunnen, zolang er dieselolie is, onafhankelijk van het elektriciteitsnet functioneren. Voor de kleinere centrales is dit beperkt tot ongeveer 10 uur.

7.5.3 Evaluatie

De kwetsbaarheid van het telefoonnet is voornamelijk gelegen in de lokale netstructuur en de centrales. De transmissiewegen tussen de centrales onderling zijn meervoudig uitgevoerd. Van een geheel ander karakter is het ongewenste gebruik van de mogelijkheden van een uitgebreid telecommunicatienet, bijvoorbeeld het bellen zonder te betalen, zoals in de Verenigde Staten door de 'telephone freaks'. In rampsituaties is het feit dat het systeem per definitie stagneert vaak onaangenaam, onder andere in verband met de bereikbaarheid van artsen en ziekenhuizen. Dergelijke problemen deden zich onder andere voor bij de treinramp bij Harmelen en in de winter van 1978/79.

7.6 Ervaringen van PTT met vroegere telefoonstoringen

Het telefoonnet was aanvankelijk grotendeels bovengronds uitgevoerd. Daardoor konden tijdens perioden dat het telefoonnet juist nodig was (bij zware stormen en in strenge winters) hele netgedeelten gestoord raken. Na de watersnoodramp van 1916 werd dan ook besloten het net ondergronds te verkabelen.

Dat ook dit niet geheel zonder risico was, bewezen de ervaringen tijdens de stormvloed van 1953. Sindsdien heeft het telefoonnet een bovengrondse en een ondergrondse structuur. Tijdens de eerste oorlogsdagen van mei 1940 werd uit angst voor een vijfde colonne het telefoonnet voor de burgerij buiten gebruik gesteld. Volgens L. de Jong droeg dit in belangrijke mate bij tot het ontstaan van geruchten en paniek omdat hierdoor familiebanden werden verbroken.

Een brand in de telefooncentrale van Tiel in 1981 verstoorde het verkeersgedeelte van de centrale voor de duur van twee dagen. Na veertien dagen waren alle abonnees weer bereikbaar. Op ervaringen met gebeurtenissen als de treinramp bij Harmelen is reeds gewezen.

7.7 Toekomstige ontwikkelingen

De overgang naar vol-elektronische centrales werd reeds genoemd. Voor de verkeersverbindingen is een begin gemaakt met glasvezelkabel. Voor de verbinding naar de abonnee is dit voorlopig nog niet het geval. Zodra hiermee wordt begonnen, zal de energie voor de randapparatuur weer bij de abonnee moeten worden geleverd. Glasvezelkabel laat namelijk, in tegenstelling tot koperen kabel, geen transport van bruikbare energie toe.

De toepassing van nieuwe communicatiemogelijkheden, zoals het thuisbankieren via een

terminal, zal grote invloed hebben op de benodigde informatietransportcapaciteit van het telefoonnet. Integratie van het huidige telefoonnet en de bestaande kabeltelevisienetten lijkt daarbij voor de hand te liggen. De aan de verbindingen te stellen betrouwbaarheidseisen zullen door deze nieuwe toepassingen toenemen.

7.8 De gevolgen van enkele recente verstoringen

De brand in de telefooncentrale in Tiel op 31 juli 1980 is reeds enige malen genoemd. Ten gevolge van een defecte tl-buis raakte bekabeling in de centrale in brand, waardoor de centrale buiten gebruik raakte.

De gevolgen van het niet bereikbaar zijn van abonnees kan soms onaangenaam zijn als deze onvoldoende rekening hebben gehouden met de mogelijkheid van uitval. Dit was het geval bij de brand in de telefooncentrale in Tiel. In Tiel worden door de banken in Nederland gegevens over kredietwaardigheid van klanten centraal opgeslagen in een computer. Deze computer was door de brand tijdelijk niet toegankelijk.

In het transportnet en bij bewaking, bediening en bedrijfsvoering hebben zich de laatste twee jaar geen belangrijke verstoringen voorgedaan.

8. De onderlinge beïnvloeding van infrastructuren

8.1 De normale bedrijfssituatie

8.1.1 Inleiding

Zoals in hoofdstuk 4 reeds is aangegeven, zijn de meeste infrastructuren op een aantal plaatsen direct of indirect met elkaar verbonden.

Voor het geval dat zich een storing voordoet, is een aantal voorzieningen getroffen om deze koppeling tijdelijk ongedaan te maken. We komen daar in 8.2 nader op terug. Eerst wordt de onderlinge afhankelijkheid van infrastructuren bij normaal bedrijf beschreven.

8.1.2 De watervoorziening

De watervoorziening is voor de aandrijving van de pompen en de bediening van de kleppen van reinwaterkelders afhankelijk van de elektriciteitsvoorziening.

De afhankelijkheid van de gasvoorziening betreft uitsluitend de verwarming van de bedrijfsgebouwen en kantoren.

Voor bijvoorbeeld automatische drukregistratie op diverse punten in het net is men afhankelijk van telecommunicatieverbindingen. Sommige stedelijke waterleidingbedrijven zijn daarvoor afhankelijk van het openbare telefoonnet; streekbedrijven hebben soms een eigen telefoonnet, doch blijven voor meldingen van de klant en het oproepen van eigen personeel afhankelijk van het openbare telefoonnet.

8.1.3 De elektriciteitsvoorziening

De elektriciteitsvoorziening is afhankelijk van de waterleiding voor de levering van ketelwater. De gasvoorziening fungeert als toeleverancier van een deel van de gebruikte brandstof in de centrales. De elektriciteitsvoorziening heeft een eigen communicatienet, dat voor de straalverbindingen van dezelfde bedrijfsmiddelen gebruik maakt als de openbare telefoon (straalzendertorens). Het ondergrondse telefoonnet is uitsluitend bestemd voor eigen verkeer in de elektriciteitsvoorziening en maakt geen gebruik van openbare telecommunicatievoorzieningen.

8.1.4 De gasvoorziening

In de gasontvangstations wordt de gasdruk verminderd. Daardoor koelt het gas af. Dit is ongewenst. Daarom wordt het expanderende gas elektrisch verwarmd.

De gasvoorziening heeft een eigen radionet dat afhankelijk is van de elektriciteitsvoorziening.

Voor telemetrie en besturingsdoeleinden maakt Gasunie gebruik van PTT-verbindingen.

8.1.5 De telefonie

De telefonie is afhankelijk van de elektriciteitsvoorziening. Koeling en luchtbehandeling in de centrales zijn afhankelijk van de elektriciteitsvoorziening.

8.2 De samenhang van infrastructuur bij een storing

8.2.1 De watervoorziening

Valt de elektriciteit uit, dan heeft het grootste gedeelte van de waterleidingbedrijven voldoende capaciteit aan noodstroomaggregaten om het bedrijf gedurende een aantal dagen gaande te houden. Daarna moet de voorraad dieselolie worden aangevuld.

De kleppen van reinwaterkelders kunnen bij sommige bedrijven worden bediend met elektriciteit van noodstroomaggregaten.

Bij gebruik van het PTT-net is men in zoverre onafhankelijk van het functioneren van het openbare net, dat men een aantal verbindingen huurt die uitsluitend gereserveerd zijn voor het betreffende waterleidingbedrijf. Deze telefoonverbindingen kunnen dus niet door andere telefoonabonnees bezet worden gehouden.

8.2.2 De elektriciteitsvoorziening

De voorraad ketelwater is toereikend voor ongeveer vier dagen. Zolang kan dus onafhankelijk van de watervoorziening stoom worden geproduceerd.

Valt de gasvoorziening uit, dan kan men normaliter vloeiend overschakelen op de aanwezig olievoorraad. Alleen bij een buisbreuk vlak bij de centrale kan een onderbreking van enige uren optreden.

De wederzijdse beïnvloeding van het gastransport en het elektriciteitstransport is onderzocht door de commissie 'Wederzijdse beïnvloeding van pijpleidingen en bovengrondse hoogspanningsverbindingen'. Deze commissie heeft richtlijnen vastgesteld voor het bepalen van de wederzijdse beïnvloeding en de eventueel te treffen maatregelen. Aan de hand daarvan kan worden gesteld dat de hoogspanningslijnen geen schade aan gastransportleidingen veroorzaken, mits een aantal technische maatregelen is genomen. Het omgekeerde is wel mogelijk: bij een breuk in een gasleiding en een daaropvolgende brand kan een hoogspanningslijn worden beschadigd. De kans dat zo'n schade optreedt, is echter zeer gering.

De elektriciteitsvoorziening heeft een eigen telefoonnet, dat deels gebruik maakt van openbare PTT-voorzieningen en deels daarvan onafhankelijk is.

8.2.3 De gasvoorziening

Gasontvangstations kunnen kortstondig functioneren zonder elektriciteit, maar na enige tijd kan bij lage temperatuur enige schade door condenserende gassen optreden. Het radionet wordt bij uitval van de elektriciteit gevoed uit een noodstroomaggregaat. De PTT-verbindingen zijn meervoudig uitgevoerd.

8.2.4 De telefonie

De telefooncentrales hebben de beschikking over accu's die in noodgevallen tien uur bedrijf mogelijk maken. Bij extreem hoge temperaturen kan enige schade aan elektronica-componenten optreden. De grote centrales beschikken bovendien over noodstroomaggregaten.

8.2.5 Conclusie

Concluderend kan men stellen dat voor de beschouwde infrastructuurvoorzieningen zijn getroffen om bij uitval van een andere infrastructuur normaal te blijven functioneren. Wel zijn deze voorzieningen in een aantal gevallen slechts toereikend voor een beperkte periode.

Normaliter is deze periode lang genoeg. Uitval van de elektriciteit kan in de meeste gevallen worden opgevangen met behulp van noodstroomaggregaten. De olievoorraad is veelal voldoende voor enkele dagen. Daarom is een ongestoorde aanvoer van dieselolie essentieel.

8.3 Andere verbanden

In de stad komen bij uitval van infrastructures allerlei processen tot stilstand. Zonder de pretentie volledig te zijn, noemen we er enkele. De gesignaleerde verbanden hebben betrekking op de woningen, de voedselvoorziening, het vervoer, de industrie en de rampenbestrijding.

8.3.1 De watervoorziening

De woning

Bij uitval van de watervoorziening ontbreken drink- en kookwater, warm water en toiletspoeling.

De voedselvoorziening

De intensieve veehouderij is afhankelijk van de openbare watervoorziening. Een moderne tuinbouwmethode, de hydrocultuur, functioneert in droge perioden slechts bij gratie van de openbare watervoorziening. De voedings- en frisdrankenindustrie valt gedeeltelijk stil.

De industrie

De petrochemische industrie heeft de watervoorziening nodig voor ketel- en proceswater.

De rampenbestrijding

De brandweer functioneert niet meer voor zover ze afhankelijk is van leidingwater voor het blussen.

Ziekenhuizen hebben veelal een eigen watervoorraad doch slechts voor een beperkte tijdsduur (24 uur).

8.3.2 De elektriciteitsvoorziening

De gevolgen van uitval van de elektriciteit zijn zeer veelomvattend.

De woning

In de woning vallen uit: verlichting, centrale verwarming, koelkast/diepvriezer, radio en tv (voor zover niet voorzien van batterijvoeding) en liften.

Voorts kan men in de woning hinder ondervinden door het uitvallen van rioolbemaling en delen van de polderbemaling.

Verkeer en vervoer

Verkeerslichten vallen uit, trein, tram en metro komen tot stilstand en benzinepompen werken niet meer. Hierdoor komt op den duur het gehele vervoer over de weg en per spoor tot stilstand.

De voedselvoorziening

Het moderne veelteeltbedrijf maakt gebruik van melkmachines, automatische voederinstallaties en gekoelde opslag van melk. Bij uitval van de elektriciteitsvoorziening werken deze voorzieningen niet meer. Door het uitvallen van benzinepompen, diepvriezers en koelkasten wordt de voedselvoorziening van de stad verstoord.

De industrie en banken

De industrie komt vrijwel volledig tot stilstand. Een aantal systemen moet echter in bedrijf blijven, zoals de gekoelde opslag van giftige gassen. Chemische bedrijven moeten de tijd hebben de procesvoering op technisch verantwoorde wijze tot stilstand te brengen. Bankfilialen kunnen het saldo van hun klanten niet meer verifiëren.

De rampenbestrijding

Brandweer en ziekenhuizen kunnen met noodstroomaggregaten, zij het met enige hinder, functioneren. Door de verkeerschaos die het gevolg is van de uitval, lopen brandweerwagens en ziekenauto's aanzienlijke vertraging op bij het bereiken van hun bestemming. In het algemeen kan men stellen dat uitval van de elektriciteit leidt tot ernstige ontregeling van vervoer en communicatie.

8.3.3 De gasvoorziening

De woning

Centrale verwarming, boiler of geijser en gasfornuis vallen uit. Uitval van de gasvoorziening kan een plotselinge overgang op elektrische ruimteverwarming teweeg brengen. Hiermee is bij de dimensionering van het transport- en distributienet van de elektriciteitsvoorziening in beperkte mate rekening gehouden.

De industrie

Vele processen waarvoor warmte nodig is, zoals het bakken van brood, stagneren.

8.3.4 De telefonie

Naast de woning, raakt door uitval van de telefoon bijvoorbeeld de bevoorrading van supermarkten verstoord. Tijdens rampen treedt stagnatie op in het telefoonverkeer, waardoor het dirigeren van ziekenauto's naar de plaats van de ramp niet optimaal verloopt.

8.3.5 Conclusie

In de stad raakt een flink aantal processen verstoord wanneer infrastructuren uitvallen. De stadsbewoners blijken in de praktijk met gebruikmaking van enige fantasie voor die verstoorde processen wel noodoplossingen te vinden. Zo vindt men in de literatuur over de elektriciteitsstoringen in New York diverse methoden beschreven om benzinepompen in bedrijf te houden, bijvoorbeeld door een auto op blokken te zetten en de pomp mechanisch te koppelen met de achteras van de auto. Het probleem is echter dat deze oplossingen meestal veel extra geld, tijd en mankracht vergen.

De omvang en de ernst van de ontregeling nemen bovendien toe met de tijdsduur van de verstoring. Bovendien kost het dan meer tijd om terug te keren naar de normale situatie.

9. Verstoringen die meer dan een infrastructuur tegelijk treffen

In dit hoofdstuk zullen natuurrampen, verwaarlozing en oorlog worden besproken.

9.1 Natuurrampen

Achtereenvolgens worden behandeld de watersnood van 1953 en de overstroming in Tuindorp Oostzaan van januari 1960.

9.1.1 De watersnood van 1953

Oorzaak

Door het samenvallen van een zware noordwesterstorm met een springvloed trad een zo hoge waterstand op dat de hoogte van de meeste dijken in zuidwest Nederland ontoereikend was.

Een omstandigheid die mogelijk de omvang van de ramp vergrootte, was dat het hoge water optrad in de nacht van zaterdag op zondag.

Opvallend was dat men de ramp niet heeft zien aankomen. Dat op het moment van laagwater de waterstand even hoog was als bij normaal hoogwater, werd door weinigen als een aanwijzing gezien dat er grote problemen op komst waren.

Gevolgen voor de infrastructuren

Watervoorziening

Getroffen werden twintig waterleidingbedrijven, o.a. Maassluis, Dordrecht, Zierikzee, Alblasterdam, 's-Gravendeel, Vlissingen en Middelburg. De spaarbekkens van Dordrecht liepen onder. De drinkwatervoorziening kon hier na enige dagen worden hervat. Op 3 februari, dus twee dagen na de ramp, waren in Dordrecht 6 Patterson waterzuiveringsinstallaties beschikbaar met een totale capaciteit van 60 m³ per uur, alsmede 10 tankwagens. Op 6 februari beschikte Dordrecht al over 10 Amerikaanse zuiveringsinstallaties met een totale capaciteit van 75 m³ per uur en 5 Patterson installaties voor totaal 50 m³ per uur. De meeste van deze installaties waren geleend van het Amerikaanse leger in Westduitsland. Totaal was daarmee 125 m³ drinkwater per uur aan produktiecapaciteit aanwezig, overeenkomende met ongeveer 1/3 van de normale capaciteit van het waterleidingbedrijf van Dordrecht. Wel moet worden aangetekend dat deze zuiveringsinstallaties als bron zoet water nodig hebben. In Zeeland waren ze dus van weinig nut. De meest kritieke situatie daar ontstond in Middelburg, waar de bevolking voltallig aanwezig bleef, maar het pompstation was ondergelopen. Voordat daardoor de waterkwaliteit was ontregeld, had men een aantal tankwagens weten te vullen waarmee de bevolking in de eerste dagen na de ramp van water werd voorzien. Daarna werd uit Rotterdam water per schip aangevoerd. Een gedeelte van het Middelburgse voorzieningsgebied kon worden bediend door het inmiddels herstelde bedrijf van Vlissingen. In een later stadium kon uit Zuid-Beveland hulp worden geboden.

Langdurig buiten bedrijf waren zes bedrijven, o.a. de bedrijven van Middelburg en 's-Gravendeel.

Veel gietijzeren leidingnetten in Zeeland die bij de inundatie van 1944 al sterk waren aangetast, raakten op vele plaatsen beschadigd. Overal werden noodleidingen gelegd of

werden de netten provisorisch hersteld. Tussen 1 februari en 31 december 1953 werd per schip 200.000 m³ water naar Zeeland vervoerd. Het herstel van de watervoorziening duurde maanden.

Elektriciteitsvoorziening (figuur 9.1)

De elektriciteitsvoorziening van Goeree Overflakkee was afhankelijk van slechts een verbinding, namelijk die van Dordrecht naar het verdeelstation Stad aan 't Haringvliet. Onderlopen van dit station beroofde Goeree van elektriciteit.

Eenzelfde verhaal kan worden verteld over Tholen en St. Philipsland die beide uit het onderstation Nieuw Vossemeer op het vasteland van westelijk Noordbrabant werden gevoed. Onderlopen van dit onderstation was voldoende om ook op deze beide eilanden de elektriciteit te doen uitvallen.

Schouwen en Duiveland (voor zover niet ondergelopen) was gelukkiger. Weliswaar vielen de verbindingen via Tholen en St. Philipsland uit, maar de verbinding Goes-Frederikspolder-Zierikzee bleef intact.

Noord Beveland raakte van elektriciteit verstoken omdat het onderstation Kortgene onderliep, maar hier kon de voorziening spoedig worden hervat via een reservekabel uit het station Serooskerke.

In Rotterdam liep de centrale Galileïstraat onder en raakte daardoor buiten bedrijf. De elektriciteitsvoorziening werd gaande gehouden door bijstand uit het koppelnet.

Gasvoorziening

In Rotterdam liep het gasbedrijf onder, waardoor nog slechts in beperkte mate productie mogelijk was. De bevolking werd verzocht geen gaskachels te gebruiken opdat voldoende gas beschikbaar bleef voor koken.

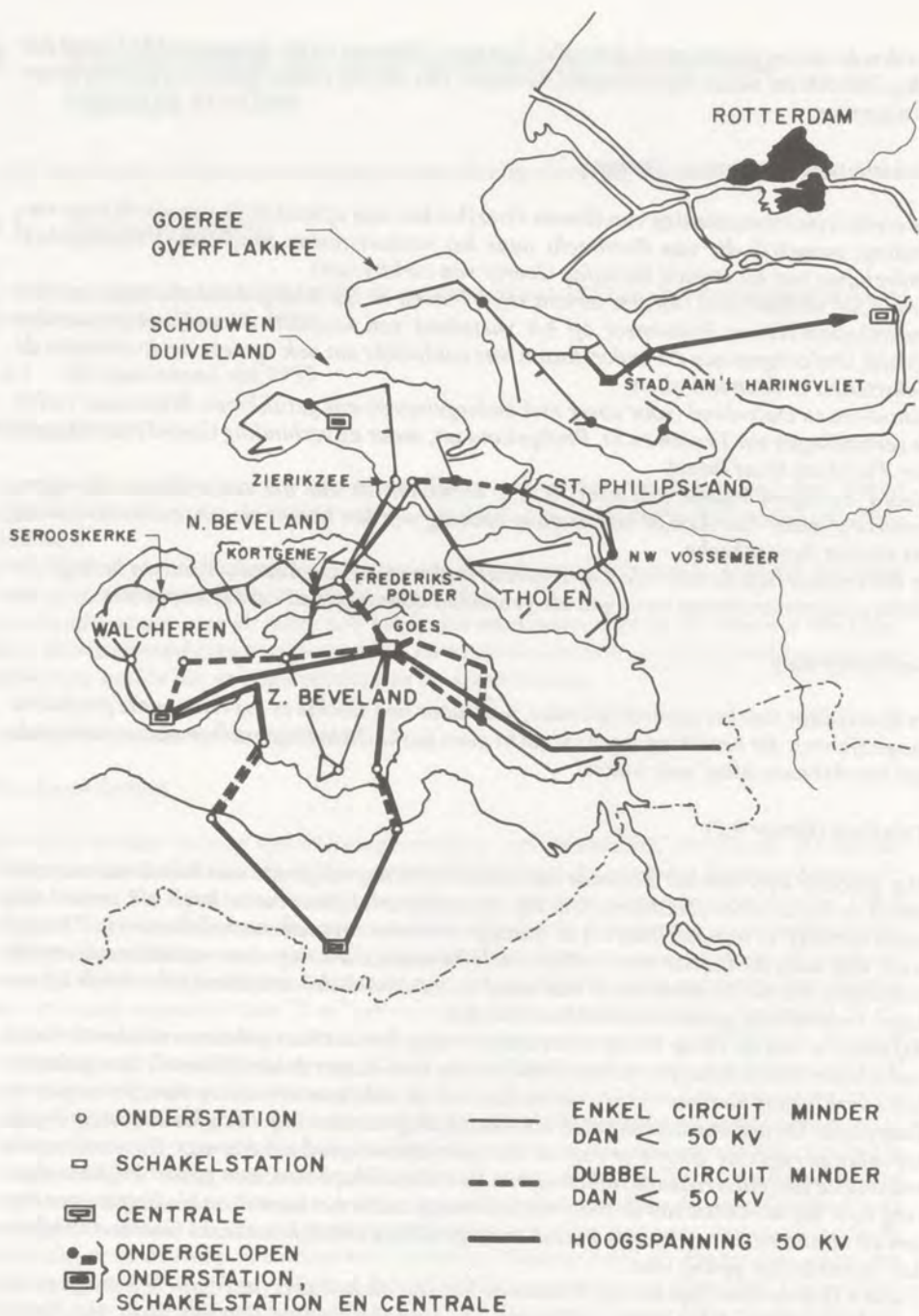
Telefonie (figuur 9.2)

Het grootste deel van het Zeeuwse net was in 1953 nog uitgerust met handbediende centrales en inductortelefoontoestellen. Bij een inductortelefoontoestel heeft elk toestel zijn eigen batterij (in tegenstelling tot de huidige centrales met een centrale batterij). Theoretisch kan men de laatste twee inductortelefoontoestellen nog doorverbinden zolang de telefoniste het hoofd boven water kan houden. Automatische centrales zullen reeds bij een lager waterniveau geheel onbruikbaar worden.

Bij analyse van de ramp is een interessante vraag hoe het kon gebeuren dat het volledig onderlopen van Schouwen en Duiveland pas na twee dagen duidelijk werd. Een gedeeltelijke verklaring hiervoor is het verbreken van de telefoonverbinding met Schouwen en Duiveland. De organisaties die zich met bestrijding van de ramp bezighielden inclusief de toenmalige regering gingen er van uit dat geen nieuws goed nieuws was. Er werden geen reddingsactiviteiten richting Schouwen en Duiveland ontplooid. Een gedeeltelijke verklaring voor het uitvallen van de telefoonverbinding is dat het aantal verbindingswegen tussen dit eiland en de rest van de wereld in vergelijking met bijvoorbeeld Goeree-Overflakkee betrekkelijk gering was.

Tussen Goeree-Overflakkee en Schouwen lag een oude kabel (in figuur 9.2 aangegeven met 2). Deze begaf het tijdens de ramp. De hoofdverbinding liep van Goes via Noord Beveland naar Zierikzee. Deze verbinding werd verbroken doordat de telefooncentrales aan weerszijden van de verbinding tussen Zuid en Noord Beveland onderliepen (in figuur 9.2 aangeduid met 5).

Hiermee was de isolatie van Schouwen en Duiveland volledig. Op 3 februari werd deze verbinding hersteld, waarna beperkt verkeer met Zierikzee mogelijk was.



Figuur 9.1 Het elektriciteitsnet in Zeeland in 1953.

Bron: Isonevo.



Figuur 9.2 Het telefoonnet in Zeeland in 1953.

Bron: Isonovo.

Twee kanttekeningen bij de gevolgen van de watersnood voor de infrastructuur:

- *Het aantal verbindingen tussen de eilanden en het vasteland was op 1 februari 1953 niet overal even groot. Eilanden met een gering aantal verbindingen bleken extra kwetsbaar te zijn.*
- *Bij de keuze van de plaats van telefooncentrales en van onderstations voor de elektriciteitsvoorziening was kennelijk geen rekening gehouden met overstromingen.*

Gevolgen voor de bevolking

De watersnood van 1953 vertoont een aantal klassieke kenmerken die bij bestudering van andere natuurrampen telkens weer naar voren blijken te komen.

Kenmerkend is dat eerder opgedane ervaring van grote invloed is op de beoordeling van de situatie in de waarschuwingsfase (dat wil zeggen, voordat de ramp zich in alle hevigheid manifesteert).

Deze ervaringen waren verschillend voor de diverse eilanden en mensen.

- *Mensen die pas na 1945 in Zeeland waren komen wonen en dus geen ervaring met overstromingen hadden, werden totaal verrast.*
- *Mensen die tijdens de oorlog de onderwaterzetting van polders hadden meegemaakt, meenden op grond van dit-foute-referentiekader dat ze hoogstens natte voeten zouden krijgen.*
- *De bewoners van Walcheren die de overstromingen van 1944-45 hadden meegemaakt, reageerden correct: het water zou zo hoog komen als buiten de dijken.*

Kenmerkend is ook de rol die het toeval speelde in negatieve zin: de ramp vond plaats in de nacht van zaterdag op zondag. Pas na enige tijd begon men zich te realiseren dat er een ramp had plaatsgevonden. Het grootste deel van de getroffen bevolking vertoonde in eerste instantie een onvermogen tot handelend optreden. Dit nam in enkele gevallen extreme vormen aan, zoals bij een man die volkomen bewegingloos op een tafel bleef liggen, of bij een boer die nog even naar beneden ging om het licht uit te doen. Daarna echter stelde men zichzelf met de belangrijkste goederen wel in veiligheid op zolders. Een zinvol afwegen van wat men moest doen, vond veelal niet plaats. Janis noemt dit gedragspatroon 'defensive avoidance', dat wil zeggen dat men er op voorhand van uit gaat dat er geen alternatieven zijn. Van reactie in groepsverband was in de meeste gevallen geen sprake. Het gezichtsveld was in sterke mate beperkt tot het gezin.

Dit gold ook voor gemeentelijke diensten. In een gemeente waar ambtenaren zijn geënquêteerd, bleken slechts 3 van de 36 mensen hun ambtelijke rol te hebben vervuld; de overigen waren bij hun gezin gebleven.

Het bijeen blijven van gezinnen of buurtgemeenschappen had een belangrijke ontspannende werking. De veronderstelling is geuit dat dit reactiepatroon mede zou zijn beïnvloed door de volksaard.

Er was voor en tijdens de ramp een sterk gebrek aan leiderschap. Van de geënquêteerden in het rampgebied gaf slechts 1% op dat iemand in hun omgeving leiding had gegeven aan activiteiten in dorp of buurt tijdens de periode van waarschuwing en dreiging van de ramp en later bij de redding.

Deze enquête geeft in zoverre een scheef beeld dat alleen bewoners van getroffen gebieden werden ondervraagd. In Yerseke en Nieuwerkerk aan den IJssel is wel degelijk handelend opgetreden. Of dit altijd onder een bepaald leiderschap gebeurde, is minder relevant. Ook in de getroffen gebieden gingen enkelen-vaak niet de normale leiders in een gemeenschap-tot actief handelen over. Het leiderschap in deze eerste fase is vaak gebonden aan een

vaardigheid die nuttig is in de betreffende situatie; de leiderskwaliteiten spelen een geringere rol. Voorbeelden in de watersnood waren mensen die verstand hadden van het plaatsen van vloedplanken, de caféhouder in Kortgene en radio-amateurs die de communicatie op gang hielden.

De reacties van het bestuursapparaat

Vele personen in het bestuursapparaat werden geconfronteerd met situaties waarmee men geen raad wist. De normale reactie is dan het raadplegen van de naasthogere in de hiërarchie. Dit proces werd echter ernstig ontregeld door het uitvallen van de telefoon. Sommigen wisten goed met de ontstane situatie om te gaan; anderen speelden hoegenaamd geen rol bij het leidinggeven tijdens de ramp.

Daarbij speelde het eerder gesignaleerde conflict tussen de ambtelijke en de gezinsfunctie een belangrijke rol. Reeds bestaande animositeiten en fricties, bijvoorbeeld tussen burgemeester en burgerij, bleken tijdens de ramp te blijven bestaan en de reddings- en andere acties tijdens de ramp ernstig te belemmeren.

Bij de bestrijding van de ramp speelde particulier initiatief een zeer belangrijke rol. Pas na enige dagen werden de normale hiërarchische verhoudingen enigszins hersteld.

Een speciaal probleem bij een ramp van deze omvang vormde de coördinatie van de activiteiten van de diverse hulpverlenende instanties. Uitgaande van de diverse communicatiesystemen die ten tijde van de ramp actief waren, kan onderscheid worden gemaakt naar drie groepen: officiële burgerorganisaties, onofficiële burgerorganisaties en militaire organisaties.

Vooraf de officiële burgerorganisaties vertoonden de neiging strikt formeel te blijven werken. Dit wil zeggen dat men via de verticale lijnen van de hiërarchische organisatie informatie wilde geven en bevelen wilde ontvangen, terwijl samenwerking met andere organisaties op hetzelfde hiërarchische niveau soms moeilijk verliep. Communicatie met onofficiële burgerorganisaties verliep soms moeizaam wegens het ontbreken van een duidelijke bevelstructuur. Opvallend is ook dat de hiërarchische organisaties vaak bleven doorgaan de doeleinden van de eigen organisatie zo goed mogelijk te vervullen, bijvoorbeeld het herstellen van de eigen communicatielijnen ongeacht de vraag of daarmee ook de belangen van de bevolking in het rampgebied optimaal waren gediend.

Gebrek aan communicatie tussen organisaties onderling leidde o.a. tot een overvloed aan radio- en mobilfoonverbindingen in Brouwershaven en Bruinisse.

Overigens zijn er ook vele gevallen, waar de samenwerking tussen de diverse organisaties zeer goed verliep.

Een ander probleem was dat de coördinatie van de rampactiviteiten plaatsvond vanuit Den Haag; dus wel erg ver van het toneel van de ramp.

Waarschuwing

De bewoners werden gewaarschuwd door het luiden van de kerkklok of door een brandweerauto die met loeiende sirene rondreed. De wijze van waarschuwen is weergegeven in tabel 9.1.

Voor de stedelijke bevolking (niet-boeren) blijken de officiële waarschuwingskanalen toch het belangrijkste middel te zijn geweest.

Tabel 9.1 Opgaven van evacuees over de wijze waarop zij zijn gewaarschuwd.

Wijzen van waarschuwing	alle geënquêteer- den	boeren	niet-boeren
Verrast door het water	7%	9%	4%
Realiseerde de mogelijkheid van ge- vaar reeds voor er werd gewaar- schuwd	5%	1%	6%
Gewaarschuwd door publieke midde- len	36%	27%	60%
Gewaarschuwd door particulieren	42%	56%	27%
Eigen waarneming	3%	4%	2%
Andere wijze van waarschuwing	4%	3%	1%
Niet vast kunnen stellen	3%	—	—

Bron: J.E. Ellemers, 1956.

9.1.2 De overstromingsramp in Tuindorp Oostzaan in januari 1960

Het ontstaan van de ramp

Op donderdag 14 januari 1960 te 06.30 uur ontdekte een militaire patrouille een gat in de dijk van zijkanaal H van de Noorder-IJpolder, dat toen reeds een breedte had van ongeveer 30 meter.

De stroming in het gat bleek te sterk om dit te dichten voordat het water aan beide zijden van de dijk gelijk zou staan. Het water in de polder zou dus oplopen tot het peil van het Noordzeekanaal: 40 cm onder N.A.P.

De omvang van de ramp

Ten gevolge van de dijkbreuk kwam de Noorder-IJpolder voor het grootste deel onder water te staan. Deze polder in Amsterdam-Noord heeft een oppervlakte van 297 ha en bestaat uit een hoog gelegen opgespoten en bebouwd terrein ter grootte van circa 75 ha (het zg. Terrasdorp, dat boven N.A.P. ligt en droog bleef) en een lager gedeelte van 222 ha dat was ondergelopen. Het overstroomde deel is samengesteld uit:

- een polder van 152 ha, 3,90 m tot 4,45 m onder N.A.P., bestaande uit bouw- en weiland met tuintjes, waarop enige noodwoningen;*
- een bebouwde kom van 70 ha, Tuindorp Oostzaan, bestaande uit een nieuw gedeelte, dat op 1,70 m tot 1,90 m onder N.A.P. ligt en een oud gedeelte, dat 2,20 m tot 2,45 m onder N.A.P. is gelegen.*

In het overstroomde gebied stonden 2.600 woningen, waaronder 38 noodwoningen, met 11.250 inwoners.

Door het afspuien van het Noordzeekanaal tot het laagst toelaatbare peil van 60 cm onder N.A.P., waarmee te 11.00 uur werd begonnen, kon worden bereikt dat het water in de

polder en in de huizen 20 cm minder hoog is gekomen en dat na de dijkdichting bijna 1 miljoen m³ water minder behoefde te worden uitgepompt.

Het water steeg langzaam: om 10.00 uur stond het in het centrum van het oude gedeelte op ca. 30 cm, om 12.00 uur op ca. 90 cm; om 16.00 uur was de hoogste stand bereikt van ca. 120 cm en 170 cm in het nieuwe, respectievelijk het oude gedeelte van het tuindorp.

De bevolking moest in haar geheel worden geëvacueerd.

De weersomstandigheden waren op die dag te 07.00 uur: lichte vorst (- 3°C), het sneeuwde en er stond weinig wind (3½ m per seconde) uit noordnoordoostelijke richting. Het tijdstip van het bekend worden van de ramp was onder deze omstandigheden bijzonder gunstig. Het was al bijna licht, doch nog zo vroeg dat de kinderen nog thuis waren, evenals vele mannen. Andere mannen konden nog van hun werk terugkeren.

De gevolgen voor de diverse infrastructuren

Watervoorziening

De watervoorziening van Tuindorp Oostzaan kon normaal blijven functioneren. Het was zelfs gewenst druk op de leidingen te houden, om binnendringen van grondwater te vermijden. Er bestond echter gevaar voor het kapotvaren van brandkranen. Daarom besloot men de druk in de toevoerleiding die het meeste risico liep, continu te controleren. Toen inderdaad een drukval optrad, werd de drinkwatervoorziening via deze weg stopgezet. De watervoorziening van de niet ondergelopen delen werd niet onderbroken. Daartoe moest echter wel een afsluiter worden bediend, die reeds was overstroomd en elders moest een afsluiter worden aangebracht. Op 15 januari in de namiddag had men het mogelijk gemaakt het overstroomde gebied volledig af te sluiten. Om te voorkomen dat bij het invallen van de dooi schade zou ontstaan op de bovenverdiepingen van woningen, werd op 16 januari besloten de drinkwatervoorziening volledig stil te leggen.

Op 20 januari was het weer mogelijk het gebied te voet te betreden. Hoofdleidingen werden gespuid en daarna gevuld met gechlloreerd water (300 mg chloor per liter). Op 26 januari waren alle hoofdleidingen weer gevuld met zwak gechlloreerd water (50 mg chloor per liter), geschikt voor menselijke consumptie. Met behulp van microfoons werd gecontroleerd of in woningen lekkages aanwezig waren. Op 29 januari, de dag van terugkeer van de bevolking, werd begonnen met het spuien van de binnenleidingen. Dit was binnen een halve dag gebeurd, zodat om 14.00 uur kon worden begonnen met de levering van normaal (niet extra gechlloreerd) drinkwater.

Om een en ander te kunnen uitvoeren maakte men gebruik van de volgende hulpmiddelen:

- de beide watertankwagens van het waterleidingbedrijf;
- het volledige transportmiddelenpark;
- men kocht 3 chlorepompen, 50 flessen chloorwater en verlichtingsmateriaal;
- 6 drinkwaterwagens van buiten Amsterdam, hoofdzakelijk militair materieel.

Elektriciteitsvoorziening

Om 10.00 uur op 14 januari was het water zover gestegen dat de elektriciteitsvoorziening uit het 10 kV-net van Tuindorp Oostzaan moest worden beëindigd. Hierdoor werd ook het niet ondergelopen Terrasdorp van elektriciteit beroofd. Alleen het gemaal van de Noorder-IJpolder bleef werken, omdat dit met een afzonderlijke 10 kV-kabel werd gevoed.

Een 150.000 kV-kabel van de centrale Hemweg naar het Provinciaal Elektriciteitsbedrijf Noordholland (PEN) moest worden afgeschakeld. Deze kabel vormde onderdeel van het landelijk koppelnet. Het daardoor ontstane tekort aan opwekvermogen bij de PEN werd

door de centrales Hemweg en Noord via het 50 kV-net aangevuld.

Om het Terrasdorp weer van elektriciteit te voorzien werd, een 10 kV-kabel van 600 meter getrokken. Door met drie ploegen tegelijk aan de verbindingsmoffen te werken, kon op 15 januari om 01.30 uur de stroomvoorziening worden hersteld.

Op 21 januari kon worden begonnen met herstel van het inwendige van 5 transformatorhuisjes. Op 27 januari was het net aan de 10 kV-zijde hersteld. Op 22 januari begon het herstel van de 900 lantaarnpalen. Daarbij werden monteurs van PEN, PUEM, PNEM en NV Lugdunum geleend. Met 28 man werden 138 palen per dag hersteld.

Op 29 januari, bij terugkeer van de bewoners, kon worden begonnen met het verwijderen van de zoutlaag in de huisaansluitkasten van 623 woningen. Dit werk was op 4 februari voltooid met de hulp van 80 monteurs.

De elektriciteitsmeters werden vernieuwd en de huisbekabeling werd gecontroleerd en zo nodig vernieuwd door een particulier installateur. Dit werk was op 14 februari gereed.

Gasvoorziening

Om 08.00 uur werd het gasbedrijf verwittigd van de overstroming. Om 08.45 uur werd de gastoevoer afgesloten. Om het Terrasdorp te voorzien, werd een noodleiding aangelegd. Deze was op 15 januari om 04.00 uur gereed.

Op 24 januari kon een begin worden gemaakt met het ontlichten en weer vullen met gas van een gedeelte van het gasnet via een noodregelaar. Daartoe werd een gedeelte van het net geïsoleerd van de rest. Op 29 januari begon het afdoppen van de huisinstallaties. Hierna werd het gasnet weer op druk gebracht, nieuwe gasmeters werden geplaatst en huisinstallaties ontlicht.

Op 19 februari hadden alle woningen weer gas. Dat wil zeggen drie weken na de terugkeer van de bewoners.

Telefonie

De telefoon had aanvankelijk weinig last van de overstroming. Wel deden zich bij het begin van de ramp de bekende congestieverschijnselen voor. In het Terrasdorp bleef de telefoon normaal functioneren.

Direct na het droogvallen begon men met herstel van het kabelnet. De telefooncel in de wijk werd reeds op 27 januari in bedrijf gesteld. Op 30 januari konden 15 voorrangsaansluitingen in dienst worden gesteld.

Daarnaast werden 3 tijdelijke openbare spreekgelegenheden en ten behoeve van herstelwerkzaamheden 49 tijdelijke aansluitingen gemaakt. Op 13 februari was het telefoonnet weer volledig in gebruik.

Reactie van het bestuursapparaat

Gezien het langzame tempo waarin de ramp zich ontwikkelde, trad geen paniek op. De politie was om 06.45 uur verwittigd. De alarmering door de politie verliep enigszins ongecoördineerd. Zo moest het waterleidingbedrijf via een personeelslid vernemen dat er iets aan de hand was. Deze melding kwam om 08.00 uur binnen. Andere diensten, zoals de Bescherming Bevolking (BB), werden verwittigd via de radionieuwsdienst. De bevolking werd van 07.30 uur af door luidsprekerwagens van de politie gealarmeerd.

Tekenend voor de wijze van werken is dat alle diensthouders na kennisneming van de feiten onmiddellijk handelend zijn opgetreden, zonder eerst contact met elkaar op te nemen.

In de loop van de ochtend begon men de BB op de hoogte te houden van de eigen activitei-

ten, zodat een zekere mate van coördinatie ontstond. De BB werd in haar coördinerende taak gesteund door de burgemeester. In het feitelijke rampgebied coördineerde de politie het gebeuren.

In de toenmalige vigerende Rijksregeling Vredesrampen was niet voorzien dat Amsterdam het toneel kon zijn van een overstromingsramp.

Op 15 januari te 14.00 uur werd in een vergadering onder voorzitterschap van de locoburgemeester een coördinatiecommissie ingesteld. Deze commissie werd geleid door het hoofd van de BB en bestond verder uit de directeuren van de diverse diensten. Deze commissie is tien keer bijeengekomen om een efficiënt herstel van de ramp bewerkstelligen.

Enige kanttekeningen

Bij de beoordeling van het verloop van de ramp moet men er rekening mee houden dat een aantal factoren bijzonder gunstig was:

- Het tijdstip van ontstaan en ontdekken van de dijkdoorbraak.*
- De omvang van de ramp, die beperkt was en waarbij geen risico bestond voor uitbreiding; daardoor kon hulp van buitenaf worden geboden, zulks in tegenstelling tot bijvoorbeeld oorlogsrampen of branden.*
- De ramp voltrok zich langzaam.*
- De weersomstandigheden waren betrekkelijk gunstig.*
- De aanwezigheid in de directe omgeving van enige grote bedrijven die behulpzaam waren bij het opvangen van mensen en die met pompen en ander materieel de ramp hielpen bestrijden.*

Opvallend is dat grote aantallen materiaal snel beschikbaar waren, zoals 1.400 elektriciteitsmeters, 2.500 gasmeters en 1.000 kachels.

9.2 Verwaarlozing van infrastructuur

Niet-westerse landen

Om een indruk te krijgen van de gevolgen van verwaarlozing van stedelijke infrastructuur kunnen we kijken naar Caïro, eens gezegend met een adequaat waterleiding- en rioleringsstelsel. Door gebrek aan onderhoud is dit stelsel zodanig verloederd dat jaarlijks een cholera-epidemie uitbreekt. Gelukkig heeft de medische wetenschap tegen deze ziekte een vaccin ontwikkeld en bovendien blijkt de overigens lakse bureaucratie van de hoofdstad van Egypte bij dit soort gebeurtenissen een verbluffend improvisatievermogen te bezitten, waardoor omvangrijke gevolgen uitblijven.

Een dergelijke situatie is niet het gevolg van gebrek aan kennis of materiaal. Geconstateerd moet worden dat de Egyptische samenleving niet de discipline en het geld wil opbrengen om een behoorlijke betrouwbaarheid van haar infrastructuur te handhaven. We zouden dit natuurlijk meewarig kunnen afdoen met de opmerking dat dit nu eenmaal Egypte is, ware het niet dat dit gebied ooit uitblonk door het niveau van zijn infrastructuur. Kennelijk zijn discipline en handhaving van normen geen constanten.

Soortgelijke toestanden zijn waar te nemen in ontwikkelingslanden, waar door westerse firma's waterleiding- en rioleringsstelsels worden aangelegd. Door gebrekkig inzicht van het management van deze infrastructuur of doordat geld voor onderhoud door de centrale regering zonder meer in andere activiteiten wordt gestoken, vervallen deze systemen binnen tien jaar tot een niveau waarop ze hoogstens nog gebrekkig functioneren.

Ook in onze westerse wereld zijn voorbeelden van degraderende infrastructures. De spoorwegen in de Verenigde Staten, eens het hart van de Amerikaanse expansie, hebben de langdurige concurrentiestrijd met de auto niet overleefd: ontsporingen zijn aan de orde van de dag. Opvallend is dat toen de belangstelling voor railvervoer terugkeerde, de Amerikaanse industrie niet meer in staat bleek een betrouwbaar railvoertuig te construeren. Firma's als Boeing en Rohr faalden in de constructie van tram- en metromaterieel van behoorlijke kwaliteit. De Verenigde Staten moesten de hulp inroepen van Europese en Japanse wagonbouwers om in hun behoefte aan trams en metromaterieel te voorzien. Waren de spoorwegen in de Verenigde Staten particuliere ondernemingen, in Grootbritannië vertoont het staatsbedrijf British Rail langzamerhand dezelfde verschijnselen van verval. Ook als er niet wordt gestaakt, is de treindienst onregelmatig. Nieuwe treintypen, zoals de Advanced Passenger Train, blijken niet te overwinnen kinderziektes te hebben. Dit vermindert de aantrekkelijkheid van Londen als zakencentrum.

Uit deze voorbeelden kan de les worden getrokken dat indien de centrale regering de kwaliteit van infrastructures niet kan of wil handhaven, er een snelle achteruitgang in betrouwbaarheid plaatsvindt.

Ten aanzien van de elektriciteitsvoorziening kunnen twee voorbeelden worden genoemd, zoals behandeld op het IEE-congres 'The Reliability of Power Supply Systems' in september 1983.

Een bijdrage uit Noord-Ierland vermeldt de gevolgen van het wegtrekken van veel industrieën uit het gebied. Aangezien deze industrieën veelal eigen generatoren bezaten, viel door hun verdwijning een groot deel van de opwekcapaciteit weg die in geval van nood kon worden ingezet. Aangezien het elektriciteitsnet van Noord-Ierland niet is gekoppeld met dat van de rest van Ierland, moest men besluiten bij uitval van een generator een deel der verbruikers af te schakelen. Er is hier dus een regelrechte normverlaging.

Een bijdrage uit Australië constateert dat de onderbreking van de normale groei in het elektriciteitsverbruik heeft geleid tot teruglopende inkomsten van het elektriciteitsbedrijf. Dit heeft een sterke terugval in investeringen tot gevolg gehad, vooral in kortlopende projecten, zoals transportnetwerken. De kans dat uitval van een generator leidt tot een zodanige instabiliteit in het transportnetwerk dat het gehele systeem uit bedrijf gaat (zoals in 1965 in New York gebeurde), is omgekeerd evenredig met het vermogen dat over het transportnet kan worden vervoerd. Met andere woorden: als een aantal grote generatoren is gekoppeld met een hoogspanningslijn van gering vermogen, zal bijna zeker een dergelijke grote uitval optreden. Zo kan de economie meewerken aan het optreden van grootschalige verstoringen.

Of een gemeenschap de kwaliteit van haar infrastructures hoog wil houden, lijkt weinig afhankelijk te zijn van de ondernemingsvorm (privé of overheidsonderneming).

Naast bovengenoemde gevallen moeten de recente veranderingen bij de telecommunicatiebedrijven AT&T in de Verenigde Staten en British Telecom worden genoemd. De opdeling van AT&T (geen privatisering; AT&T was altijd al een privé-onderneming) lijkt volgens de eerste berichten nauwelijks in het belang van de klant. De kwaliteit was uitstekend. Organisatorische grenzen veroorzaken nu toenemende vertraging bij gesprekken over het continent. De concurrentiedreiging heeft British Telecom (een staatsbedrijf dat de Engelse regering wil privatiseren) echter wakker geschud uit een langdurige winterslaap.

In Nederland wordt het belang van de infrastructures voor water, elektriciteit, gas en telefonie door de centrale overheid hoog aangeslagen. Toch zijn er tekenen die wijzen in de richting van normverlaging. Zo kan voor de drinkwatervoorziening van Rotterdam de voorgenomen sluiting van het modernste productiebedrijf Kralingen worden genoemd (lokale overheid).

In de elektriciteitswereld, vanouds geleid vanuit de opvatting dat de elektriciteit 'nooit' mag uitvallen, zijn toenemende geluiden te bespeuren dat de Nederlandse elektriciteitsvoorziening eigenlijk te betrouwbaar is. Behalve een verlaging van de gemiddelde betrouwbaarheid, vergroot een dergelijke ontwikkeling ook de kans op een grootschalige uitval.

9.3 Infrastructuren in oorlogssituaties

In Nederland betekende de eerste wereldoorlog een geweldige stimulans voor de toepassing van elektriciteit in de industrie. Fabrikanten die zelf niet meer aan brandstof konden komen, lieten dit graag en kennelijk niet tevergeefs over aan de elektriciteitsmaatschappijen.

De tweede wereldoorlog bracht Nederland omvangrijke schade in grote steden, zoals Rotterdam en 's-Gravenhage. Omvangrijker was echter de verstoring in de voedsel- en energievoorziening in de hongerwinter. De spoorwegstaking, uitgeroepen om de slag om Arnhem te ondersteunen, legde het railvervoer lam. De invallende winter verhinderde vervoer van voedsel per schip uit het noorden en oosten des lands. Aangezien het Nederlandse spoorwegpersoneel massaal was ondergedoken en in verband met vergeldingsmaatregelen niet aan het werk durfde, kon alleen Duits personeel uitkomst brengen. De Duitse autoriteiten weigerden dit echter.

Ook ontstond er ten gevolge van het weggefallen transport een nijpend tekort aan brandstof, zodat de elektriciteits- en gasvoorziening tot stilstand kwamen. De vuilophaaldiensten functioneerden ook niet meer door gebrek aan transportmiddelen. In Amsterdam werden op diverse plaatsen in de stad vuilnishopen opgericht. De waterleiding bleef gedurende de gehele hongerwinter functioneren (hoewel dat bij strenge vorst natuurlijk een tamelijk theoretisch gegeven was). De voedselbereiding vond plaats in centrale keukens of op de bekende nooddacheltjes die op het laatst van de oorlog nog in grote getale door de Nederlandse industrie waren aangemaakt. De hongerwinter kwam de Nederlandse samenleving op 1.800 doden te staan.

De tweede wereldoorlog heeft mede geleid tot de aanleg van het koppelnet bij de elektriciteitsvoorziening. Bij de waterleiding zag men de noodzaak van tweezijdige voeding van afnamepunten in.

In diezelfde oorlog werd aan Engelse en Duitse steden aanzienlijke schade toegebracht. De stedelijke infrastructuren hebben deze uitdaging goed doorstaan. Door na een bombardement goed getrainde ploegen met reservemateriaal uit te zenden, werd de schade vaak snel hersteld (dat wil zeggen binnen 24 uur). In Hamburg, dat in 1943 een allesverwoestend bombardement onderging, draaide de elektriciteitsvoorziening na enige dagen weer op volle toeren.

Galbraith vermeldt in zijn boek 'The affluent society' een merkwaardig resultaat van dit bombardement, namelijk dat de industriële produktie na het bombardement groter was dan daarvoor. Voor het bombardement had men grote moeite aan werkkrachten te komen. Deze bleven liever werkzaam in de dienstensector. Na het bombardement, waarbij veel woonhuizen werden verwoest, bood de industrie datgene waaraan men behoefte had: voedsel en warmte.

Onze infrastructures zijn dus wel kwetsbaarder geworden, doch ons vermogen tot herstel is ook sterk toegenomen.

Deze ietwat relativerende beschouwing over de periode die achter ons ligt, kan echter niet verhullen dat een nucleaire oorlog een duidelijke trendbreuk zal betekenen. De kernbepaening heeft een zo snelle toename van het vernietigend vermogen veroorzaakt, dat de balans met het herstellend vermogen duidelijk is verstoord. Het zelfhelende vermogen van

infrastructuren berust in sterke mate op de aanwezigheid van technisch management en deskundig bedieningspersoneel. Hieraan zal na een kernoorlog groot gebrek zijn.

Daarnaast is voor een snel herstel hulp van buiten zowel materieel als geestelijk, van groot belang. Materieel hulp behelst vooral de aanvoer van reservedelen, geld, brandstof en voedsel. Daartoe moeten ook communicatie- en transportfaciliteiten intact zijn. De snelheid en omvang van de ramp zullen het geestelijk incasseringsvermogen van de bevolking te boven gaan. Voor herstel uit de daaruit resulterende geestelijke verdoving is communicatie met anderen die niet dezelfde ervaring hebben doorgemaakt, essentieel. Geestelijke isolatie vermindert de geestelijke veerkracht, zowel van individuen als van gemeenschappen. De geestelijke verdoving bij een kernoorlog is bovendien van een geheel andere orde dan bij een natuurramp.

Lokale gemeenschappen zullen op zichzelf worden teruggeworpen zonder hulp van buiten. Na de aanval op Hiroshima werd de elektriciteitsvoorziening in de minder zwaar getroffen delen al na een dag hervat. Dit was mogelijk door de relatief geringe omvang van het getroffen gebied en door menselijke en materieel hulp uit niet getroffen regio's. De getroffen zelf hadden alleen nog oog voor hun naaste familieleden en vluchtten in blinde paniek de stad uit. Onderlinge hulpvaardigheid, zoals vaak bij natuurrampen wordt gesignaleerd, ontbrak vrijwel geheel.

De dreiging van radio-actieve verontreiniging zal mensen doen weggaan uit de stad en ze daar ook weg houden. De ontwrichtende effecten hiervan op de samenleving zijn enorm. Niet getroffen gebieden zullen in sterke mate lijden onder het gebrek aan essentiële leveringen uit de getroffen gebieden. Door de omvang van de schade zal de gemeenschap na beëindiging van het conflict niet in staat zijn een economisch surplus te genereren, nodig voor herstel. Indien ook de Verenigde Staten getroffen worden, wat zeer waarschijnlijk is, zal een financiële injectie, zoals de Marshall-hulp ontbreken. Een snel herstel, zoals we dat na de tweede wereldoorlog hebben beleefd, zal dus ontbreken. Het is te verwachten dat de geloofwaardigheid van het politiek leiderschap zeer sterk zal dalen.

Het beeld dat uit het voorgaande naar voren komt, is dat van een complexe samenleving met een groot zelfhelend vermogen. Dit is echter slechts van toepassing voor schade van beperkte omvang. Overschrijdt de maatschappelijke ontwrichting een bepaalde grens, dan zal de samenleving terugvallen op een lager, minder complex niveau met navenante gevolgen, onder andere voor het vermogen mensen te voeden. Deze terugval wordt in het bijzonder veroorzaakt door geestelijke ontredde en gebrek aan deskundigheid, geld en goederen.

Een heel ander beeld ontstaat als men de kwetsbaarheid analyseert van Westeuropa voor een zeer langdurige onderbreking van de olie-aanvoer uit het Midden-Oosten. Een voornaam rol speelt daarbij het niet uitgesproken, maar daarom wel erg belangrijke doel van een samenleving: algemene economische welvaart.

Deze welvaart is in sterke mate gebaseerd op de beschikbaarheid van olie. Een conflict in het Midden-Oosten waardoor deze bron wegvalt, zal een blijvende verlaging van de welvaart en een sterke toename van de werkloosheid in Westeuropa tot gevolg hebben. Een studie, verricht ten behoeve van het Amerikaanse Congres, komt tot de conclusie dat gevolgen voor welvaart en werkgelegenheid vergelijkbaar zijn met die van de beurskrach van 1929. Het effect op het moreel valt moeilijk te schatten: een dergelijke schok kan zowel gevolgen ten goede als ten kwade hebben.

10. Preventie

10.1 Algemeen

We hebben in de voorgaande hoofdstukken door bestudering en analyse van een aantal storingen en rampen getracht enig inzicht te krijgen in de continuïteit van de beschouwde infrastructuren. We zullen nu een poging doen aan de hand van de verworven inzichten de vraag te beantwoorden of de stad door de komst van grootschalige, bureaucratisch geleide, complexe infrastructuren kwetsbaarder is geworden en of mogelijkheden voor preventie voorhanden zijn. We gaan daarbij in op twee storingstypen:

- Kortstondige grootschalige uitval van een infrastructuur (zoals de verontreiniging in het Scheepvaartkwartier te Rotterdam en de elektriciteitsstoringen in New York in 1965 en 1977).
- Een langdurige grootschalige uitval van een infrastructuur. Langdurig wil in dit verband zeggen: ten minste enige dagen. Grootschalig wil zeggen: tenminste een stad met de omliggende regio omvattend.

Maar eerst volgen enkele algemene aspecten van de kwetsbaarheid van infrastructuren en de preventie van belangrijke storingen.

10.1.1 Aspecten van de technische vormgeving

De vraag of de stad door grootschalige infrastructuren kwetsbaarder is geworden, is in zijn algemeenheid niet te beantwoorden. Ter toelichting diene de onderlinge koppeling van elektrische centrales. Tijdens de elektriciteitsstoring in New York in 1965 bleven enkele kleinere elektriciteitsbedrijven gewoon functioneren omdat ze niet waren verbonden met de andere elektriciteitsnetten in de regio. Tijdens de watersnood van 1953 echter, werd de uitval van diverse elektriciteitscentrales opgevangen door het koppelnet. Of een voorzieningssysteem grootschalig of kleinschalig moet zijn, is dus sterk afhankelijk van de situatie.

Bij een grootschalig systeem is de waarschijnlijkheid van een grootschalige verstoring groter dan bij kleinschalige systemen.

Grootschalige systemen bevatten onderdelen met een zeer lange hersteltijd. Door de plaatsing van reserveonderdelen zijn de effecten van deze lange hersteltijd normaal niet merkbaar voor de consument, maar dit neemt niet weg dat deze kwetsbaarheid aanwezig is. Een van de sterke zijden van grootschalige systemen is de mogelijkheid van hulp van buiten.

Uit de voorgaande hoofdstukken, vooral uit de gemaakte kanttekeningen bij risico-analyse, wordt duidelijk dat onmogelijk alle risico's kunnen worden voorzien. Telkens blijken door een samenloop van omstandigheden storingen op te treden die niet waren voorzien.

Toch kunnen we wel enige uitspraken doen over de kwetsbaarheid van de stad en mogelijke wegen voor preventie aangeven. De daarbij te volgen strategie is die van risicospreiding. De eerste vraag bij risicospreiding luidt: is men voor een essentiële voorziening afhankelijk van een enkele voorzieningsmogelijkheid? Zo ja, dan dient de vraag te worden gesteld of dit verantwoord is. Heeft men meer voorzieningsmogelijkheden ter beschikking, dan luidt de vraag: bezitten deze voorzieningssystemen gemeenschappelijke factoren? Is dit het geval, dan bestaat de mogelijkheid dat een storing meer dan een voorzieningswijze treft en dat de aanwezige diversificatie slechts schijn is.

Bij de beantwoording van de vraag of verscheidene voorzieningsmogelijkheden ter beschikking staan, moeten ook die mogelijkheden worden meegenomen die weliswaar geen complete vervanging van de voorziening kunnen leveren, maar wel een basisniveau kunnen handhaven.

Wat opvalt bij de beschouwde infrastructures en de mate waarin de stedelijke processen daarvan afhankelijk zijn, is de sterke eenzijdigheid van de gevolgde strategie. Er is krachtig gestreefd naar een hoge betrouwbaarheid van elk der infrastructures (waarin men overigens onder de huidige omstandigheden uitstekend is geslaagd). Zo zijn bijvoorbeeld in de woning veelal geen alternatieven voorzien. In Frankrijk, waar men kennelijk minder vertrouwen heeft in de betrouwbaarheid van de energievoorziening, kent men fornuizen met twee elektrische en twee gaspitten. De verwarming is in veel na-oorlogse woningen afhankelijk van het ongestoord functioneren van twee infrastructures, namelijk die voor gas en elektriciteit. Om de bouwkosten van woningen zo laag mogelijk te maken, is door het ministerie van Volkshuisvesting zelfs een bewust beleid gevoerd geen stookgat in de woning meer voor te schrijven.

Strategieën die de kwetsbaarheid moeten verminderen, zullen daarom niet moeten worden gericht op vervolmaking van de bestaande infrastructures. De beschikbaarheidscijfers geven aan dat aan dat laatste al voldoende aandacht is besteed. Veeleer moet worden gestreefd naar alternatieven. Die alternatieven zullen dan niet van dezelfde factoren afhankelijk moeten zijn als de bestaande infrastructures.

Bestaande en nieuwe voorzieningswijzen kunnen aan de hand van enige kenmerken op die onafhankelijkheid worden beoordeeld. Zulke kenmerken zijn onder andere:

1. De geografische spreiding van produktie-eenheden: grote eenheden, geconcentreerd in een klein gebied, versus kleine eenheden verspreid over een groot gebied.
2. De eisen die het systeem stelt aan de sociale stabiliteit.
3. De beheersbaarheid van het systeem: zijn bij bepaalde storingen snelle beslissingen nodig om het systeem te behoeden voor een grootschalige uitval?
4. Is er een snelle storingssignalering?
5. Eist het systeem een centrale controle, of kan het desnoods in kleinere gedeelten functioneren?
6. Heeft het hoofdnets van het systeem transportcapaciteit boven de grond (overstromingen) en onder de grond (sneeuwstormen)?
7. Wordt gebruik gemaakt van een of van meer grondstoffenbronnen?

Projecteert men voorgaande kenmerken op de bestaande infrastructures dan kan men de volgende conclusies trekken:

1. De telefonie is geografisch gezien het sterkst gedecentraliseerd. De water- en elektriciteitsvoorziening zijn meer gecentraliseerd en de gasvoorziening is zeer sterk gecentraliseerd.
2. Alle systemen stellen hoge eisen aan de sociale stabiliteit.
3. De noodzaak van snelle beslissingen is aanwezig bij de watervoorziening, vooral bij een verstoring van de kwaliteit, en bij de elektriciteitsvoorziening, bij de uitval van produktie-eenheden.
4. Snelle storingssignalering is vooral een probleem bij de watervoorziening.
5. De noodzaak van een centrale controle is vooral aanwezig bij de elektriciteitsvoorziening. Bij de beheersing van de gasvoorziening is landelijke communicatie nodig, doch de ter beschikking staande beslissingstijden zijn langer.
6. Het vaakst doen zich problemen voor bij systemen die uitsluitend bovengronds zijn uitgevoerd en wel bij het hoogspanningstransportnets van de elektriciteitsvoorziening. Uitsluitend ondergronds uitgevoerde systemen (water- en gasvoorziening) kunnen in

sommige gevallen blijven functioneren omdat het systeem onder overdruk staat.

7. Dit punt valt uiteen in een reeks van facetten: wordt de onafhankelijkheid gezien in economische zin, bekijkt men de gevolgen van een embargo, of houdt men rekening met verontreiniging van de bron? Voor de watervoorziening van de grote steden worden vaak, maar niet altijd, diverse bronnen gebruikt. Bij de elektriciteitsvoorziening zijn de prijzen van olie en gas aan elkaar gekoppeld. Kernenergie en windenergie zijn sterk afhankelijk van de rentestand. Bij een embargo vormen gas, kernenergie en windenergie de betrouwbaarste middelen voor de elektriciteitsvoorziening.

10.1.2 Het kostenaspect bij kwetsbaarheid

Of men tegen bepaalde kwetsbaarheden maatregelen neemt, hangt af van drie factoren:

- Een gemeenschap moet een ernstige dreiging waarnemen of, sterker nog, er moet een ramp hebben plaatsgevonden die men onaanvaardbaar vindt.
- Er moet een min of meer panklare oplossing ter kering van de dreiging of ramp voorhanden zijn.
- Er moeten voldoende middelen zijn om de voorgestelde oplossing te financieren en er moet voldoende besluitvaardigheid zijn om die middelen voor het gestelde doel te gebruiken.

Ter illustratie van het bovenstaande kijken we naar het functioneren van de telefoon tijdens de watersnood van 1953.

Dat door de uitval van de telefoon het onder water lopen van Schouwen en Duiveland twee dagen voor de buitenwereld onopgemerkt bleef, was natuurlijk hoogst onaangenaam. Maar als de ramp honderd jaar geleden had plaatsgevonden, had het waarschijnlijk heel wat langer geduurd alvorens men van de overstroming van het eiland had gehoord. We kunnen dus zeker niet stellen dat moderne technische systemen er de oorzaak van waren dat de kwetsbaarheid was toegenomen. Het enige dat hiertegen is in te brengen, is dat de lokale bestuursambtenaren door de telefoon meer gewend waren belangrijke beslissingen aan hun superieuren voor te leggen en daarom bij een ramp slechter in staat waren handelend op te treden.

Hoe dan ook, er bood zich een technische mogelijkheid aan om de uitval van de telefoon tijdens overstromingen goeddeels te voorkomen, en wel door het bouwen van straalzenderverbindingen. Bovendien kon Nederland zich de bouw van dergelijke verbindingen financieel veroorloven.

10.1.3 Bestuurlijke aspecten

De mate van bestuurlijke centralisatie is in sterke mate bepaald door de technische vormgeving van de verschillende infrastructures. Het betrekkelijk decentrale beheer van de waterleiding komt doordat er een groot aantal onafhankelijke voorzieningssystemen bestaat. De elektriciteitsvoorziening was oorspronkelijk een regionale aangelegenheid, maar door de bouw van het koppelnet is landelijke coördinatie nodig geworden. Gasvoorziening en telecommunicatie tenslotte bestaan beide uit landelijke netten.

Centrale bestuursseenheden hebben een aantal voordelen boven decentrale:

- Informatiestromen kunnen sneller en beter worden beheerst. Dit is van belang in omvangrijke crisissituaties.
- De kwaliteit van beslissingen kan door de grotere hoeveelheid ter beschikking staande informatie van hoger niveau zijn.

Decentraal bestuur heeft als voordelen:

- Bij een ramp kan men flexibeler en sneller reageren.
- Men is minder gevoelig voor gevaren van zeer grote beslissingsfouten van het centrale bestuur.

Analyse van natuurrampen leert dat naast de normale rampenorganisaties, zoals brandweer en politie in de eerste fase van de ramp vrijwel altijd een belangrijke bijdrage wordt geleverd door buitenstaanders met specifieke kennis van de optredende verstoring en ad hoc gevormde organisatieverbanden. Pas na enige tijd wordt een reguliere organisatie opgebouwd.

Ten aanzien van de beschouwde infrastructures kan men opmerken dat bedrijven een voldoende grootte dienen te bezitten om te waarborgen dat er een voldoende hoog kennisniveau is om in geval van storingen snel en efficiënt op te treden.

Anderzijds lopen bedrijven met een landelijk monopolie het gevaar te weinig marktgericht te denken. Op nieuwe technische ontwikkelingen wordt vrij traag ingespeeld. Ook is er de neiging naar de vervolmaking van het eigen systeem.

Centrale, sterk geautomatiseerde systemen leveren een specifiek probleem op, namelijk dat de weinige overgebleven menselijke activiteiten essentieel en onvervangbaar zijn.

Zoals de poststaking in november 1983 heeft geleerd, zijn technische systemen veelal ontworpen op technische betrouwbaarheid. Hierbij zijn de meest voorkomende menselijke fouten inbegrepen. Maar technische systemen zo te ontwerpen dat ze minder gevoelig zijn voor bijvoorbeeld stakingen, is tot nu toe ongebruikelijk geweest. Als systemen daar minder gevoelig voor zijn (bijvoorbeeld de telefonie) is dat niet doelbewust gebeurd.

Bij vele geavanceerde technische systemen is de mens de meest schaarse en onvervangbare factor geworden.

Bij de watersnood van 1953 bleek dat mensen, die deel uit maken van bestuurs- en rampenorganisaties, voor het dilemma komen te staan of zij hun functie zullen blijven vervullen of dat zij hun gezin zullen proberen te redden. De ervaring toont aan dat zij in overwegende mate het laatste zullen doen. Zoals in 3.2 benadrukt, zullen alleen mensen die tevoren hebben nagedacht over dit dilemma, ordelijk op een dergelijke situatie reageren. Gezien de geringe mate van geestelijke voorbereiding in Nederland op soortgelijke rampen, is het de vraag of de lokale rampenorganisatie wel zal functioneren.

We zullen nu ingaan op de diverse mogelijkheden om verstoringen in infrastructures te voorkomen, respectievelijk om de effecten ervan te verzachten. We grijpen daarbij terug op de twee storingstypen die aan het begin van 10.1 werden onderscheiden.

10.2 De beheersbaarheid van het systeem bij kortstondige verstoringen

Bij beheersbaarheid van de beschouwde infrastructures voor kortstondige uitval, springen twee zaken in het oog, zoals de hoofdstukken 4 tot en met 9 ons hebben getoond: de kwaliteitsbeheersing van de watervoorziening en de beheersing van de elektriciteitsvoorziening.

10.2.1 De kwaliteitsbeheersing van het drinkwater

Plotselinge verstoringen in de drinkwatervoorziening met gevolgen vinden vrijwel altijd

hun oorzaak in het leidingnet of fouten bij afnemers. Omdat bewaking van de kwaliteit met een bij de afnemer aangebracht meetinstrument vooralsnog te duur wordt geacht, heeft men ter verbetering van de beheersing van dit soort gebeurtenissen gekozen voor een bestuurlijke oplossing: elke melding van water dat vies smaakt of er vies uitziet, wordt door het laboratorium onderzocht (naast de regelmatig uitgevoerde routinecontroles). Een inspecteur kan over een dergelijke melding niet meer op eigen gezag een beslissing nemen. De beslissing of al dan niet tot actie moet worden overgegaan, is bij een hoger echelon in de organisatie gelegd en wordt bovendien zorgvuldiger onderbouwd.

Een paradoxale zaak is dat verstoringen voldoende vaak moeten optreden om personeel en leiding van het bedrijf genoeg ervaring te laten behouden om verstoringen snel en efficiënt te behandelen.

Bij vergelijking met bijvoorbeeld de elektriciteitsvoorziening is de kwaliteitsbewaking van het watertransportnet, gemeten naar de hoeveelheid meet- en detectie-apparatuur ietwat ondervertegenwoordigd. Dit is, gezien de mogelijke effecten van verontreinigingen, toch wel verwonderlijk. Daarbij moet echter worden aangetekend dat meting van kwaliteit bij de watervoorziening ingewikkelder is dan bij de elektriciteitsvoorziening.

10.2.2 Cascadestoringen bij de elektriciteitsvoorziening

De kans op het ontstaan van een grote cascadestoring in de Nederlandse elektriciteitsvoorziening kan niet in de vorm van een percentage worden opgegeven; de gegevens daarvoor zijn niet of nauwelijks te herleiden uit statistische gegevens.

In het navolgende wordt het ontstaan van een cascadestoring beschreven; daarna volgt een beknopte analyse van de oorzaken en eventuele gevolgen. Deze beschrijving leidt tot de bevestiging van twee ogenschijnlijk tegenstrijdige beweringen voor de Nederlandse elektriciteitsvoorziening:

- de kans op een grote cascadestoring is zeer klein;
- de kans op een cascadestoring is te beïnvloeden.

Een cascadestoring in de elektriciteitsvoorziening ontstaat door instabiliteit in het totale systeem van produktie en transport. Het evenwicht tussen het opgewekte en het afgegeven vermogen is bepalend voor de waarde van de frequentie (die nominaal 50 Hz moet bedragen). Een produktie-eenheid (turbine met generator) wordt geregeld volgens de relatie tussen frequentie en vermogen. De produktie-eenheid zal meer vermogen afgeven als de frequentie lager wordt en minder vermogen afgeven als de frequentie hoger wordt dan de nominale waarde. Deze regeling wordt beperkt door een bovengrens en ondergrens van de frequentie. Bij overschrijding van deze grenzen zal de beveiliging de eenheid loskoppelen van het hoogspanningsnet, zodat mogelijke beschadigingen worden voorkomen.

Na uitval van een eenheid in een zelfstandig werkend voorzieningsgebied zal de frequentie dalen, waardoor de overige produktie-eenheden meer vermogen zullen afgeven. Door de instelling van een of meer eenheden te wijzigen, wordt de frequentie weer op de gewenste waarde gebracht. Indien echter de produktie-eenheden reeds maximaal vermogen leveren, is wijziging van de instelling niet meer mogelijk. In dat geval is het nodig dat belasting wordt afgeschakeld door de ontkoppeling van distributie- of transportverbindingen, zodat alsnog evenwicht wordt bereikt.

Indien de schakelapparatuur of het personeel van het bedrijfsvoeringscentrum teveel belasting afschakelt, is het mogelijk dat een vermogenstekort omslaat in een te groot vermogen, waarna door het in werking treden van beveiligingen draaiende eenheden van het hoogspanningsnet worden afgeschakeld. Zo kan, door de uitval van een produktie-eenheid een kettingreactie ontstaan. Dit is slechts een eenvoudig voorbeeld van een cascadestoring.

De tijd die nodig is voor de wederopbouw van het uitgevallen systeem is afhankelijk van de

inmiddels veroorzaakte schade. Indien de wederopbouw zonder belemmeringen kan geschieden, zal dat toch om technische redenen minstens enkele uren in beslag nemen.

De mogelijkheden voor het ontstaan van een cascadestoring in Nederland worden vooral beperkt door de volgende feiten en voorzieningen:

- Vitale delen zijn dubbel of drievoudig uitgevoerd.
- De productie in Nederland heeft een regelbare draaiende reserve die minstens even groot is als de grootste draaiende productie-eenheid in Nederland.
- Het Nederlandse net is vrijwel altijd gekoppeld aan het Europese net, waardoor storingen minder invloed uitoefenen op het totale systeem. De buitenlandse gekoppelde bedrijven gebruiken dezelfde reserveverhoudingen als Nederland.
- Binnen de gehele elektriciteitsvoorziening worden oude systemen regelmatig aangepast of vervangen door de meest geavanceerde.
- Het personeel van bedrijfsvoeringscentra is afkomstig van middelbare of hogere technische opleidingen (in tegenstelling tot bijvoorbeeld de Verenigde Staten, waar men lagere technische opleidingen voldoende acht).

De eerste twee punten vloeien voort uit de eis dat een circuit, een transformator of een productie-eenheid mag uitvallen zonder dat dit gevolgen heeft. Opgemerkt dient te worden dat regelmatig onderhoud, alsmede regelmatige controle van de afstandsbedieningsapparatuur voor meting, melding en bediening van grote betekenis kunnen zijn: het personeel in bedrijfsvoeringscentra is vrijwel geheel afhankelijk van deze telecommunicatiesystemen bij de beoordeling van en de reactie op kritieke situaties.

Indien men meervoudige blikseminslagen, overstromingen enz. uitsluit (die in de Angelsaksische literatuur worden aangeduid als 'acts of God') kan worden vastgesteld dat de kans op een grote cascadestoring in Nederland zeer klein is.

10.3 De beheersing van langdurige uitval van de kwantiteit van een voorziening.

10.3.1 De waterleiding

Als een pompstation langdurig uitvalt, kunnen de beheerders en gebruikers diverse wegen bewandelen.

- Koppeling met een ander waterleidingbedrijf (hulp van buiten). Ook als een dergelijke verbinding niet reeds is aangebracht, is deze betrekkelijk snel provisorisch aan te brengen, zolang het een verstoring op beperkte schaal betreft.
- De inzet van mobiele zuiveringsinstallaties. Hiervoor is wel zoet water nodig. Bovendien zal er alleen een voldoende aantal kunnen worden ingezet als het een lokale verstoring betreft.
- De inzet van waterwagens. Deze kan geheel buiten de technische infrastructuur om plaatsvinden. Ook hier geldt dat alleen een voldoende aantal waterwagens kan worden ingezet bij een lokale verstoring.
- Het kopen en distribueren van frisdrank. Ook kunnen frisdrankbedrijven op verzoek van een waterleidingbedrijf drinkwater bottelen.
- Het gebruik van plaatselijke bronnen. Door verontreiniging van oppervlaktewater, bodem- en regenwater lijkt zoets alleen in uiterste nood aan te bevelen. Wel beschikken de grote steden over een aantal noodputten.

10.3.2 De elektriciteitsvoorziening

Langdurige uitval van elektriciteit wordt opgevangen door:

- Koppeling met andere elektriciteitsbedrijven. Deze is permanent aanwezig.
- Het leggen van een bovengrondse noodkabel.
- De inzet van mobiele generatoren. Deze mogelijkheid is voorzien, doch brengt slechts in beperkte mate uitkomst.
- Het gebruik van plaatselijke energiebronnen. Hiervoor zijn inmiddels diverse technische mogelijkheden, zoals wind- en zonne-energie, maar naar puur economische criteria zijn deze nog niet aantrekkelijk.

10.3.3 De gasvoorziening

Bij langdurige uitval van gas zijn er de volgende mogelijkheden:

- Voor kookdoeleinden en ruimteverwarming is elektriciteit een alternatief voor gas.
- Flessengas. Dit is in geen dele toereikend om zelfs maar een minimumniveau te handhaven.
- Het leggen van een bovengrondse noodleiding.
- Het gebruik van plaatselijke bronnen. Hiervoor zijn, voor zover het verwarming van woningen betreft, enkele mogelijkheden, zoals olie of petroleum of hout.

10.3.4 Telecommunicatie

Langdurige uitval van de telefonie kan worden opgevangen door:

- Mobiele telefooncentrales. Deze zijn toereikend voor verstoringen van lokale omvang.
- Systemen als mobilfoon en semafoon. Deze waarborgen een direct inzetbare communicatie voor rampenbestrijding.

10.3.5 Conclusie

Het technisch systeem

De waterleiding als voorbeeld nemend, valt het volgende op. Bij de waterleiding is in sterke mate rekening gehouden met de uitval van het systeem. Volgens de criteria die in 10.1 zijn geformuleerd, zijn er voorzieningsmogelijkheden met andere kenmerken dan de normaal functionerende infrastructuur. Er is diversificatie van het transportsysteem.

Deze mogelijkheden zijn bij de beide energievoorzieningssystemen niet of in geringe mate aanwezig. Dit is daarom des te ernstiger omdat de waterleiding in het algemeen slechts een enkele stad met het omliggende gebied bedient. De elektriciteitsvoorziening is echter in toenemende mate en de gasvoorziening geheel en al een landelijke aangelegenheid.

Nu kan men stellen dat het ontbreken van drinkwater sneller fatale consequenties heeft dan het ontbreken van energie. Ervaring heeft echter geleerd dat, wil men verstoringen van hun bedreigend karakter ontdoen en min of meer beheersbaar houden, men er goed aan doet de mogelijkheid uit te sluiten dat het normale levenspatroon van de stad te zeer verstoord raakt.

De mogelijke omvang van verstoringen bij de energievoorziening en de grote gevolgen hiervan voor het dagelijks leven zijn hiermee in tegenspraak. Dit is vooral bij de elektriciteitsvoorziening het geval.

Het systeem zelf is meer dan voortreffelijk beveiligd, maar anderssoortige opties maken een

wat onderontwikkelde indruk. Meer waterdichte schotten hadden de passagiers van de Titanic waarschijnlijk niet gered, maar de aanwezigheid van voldoende reddingboten wel.

De overheid suggereert bovendien door het opstellen van rampenplannen in de voldoende opvang van langdurige storingen te hebben voorzien. Door een zeer natuurlijk gebrek aan voorstellingsvermogen houdt de overheid geen rekening met situaties, waarin zijzelf onvoldoende in staat is haar normale taken te vervullen. Concluderend kan worden gesteld dat een decentraal voorzieningssysteem van beperkte omvang naast de bestaande voorzienings-systemen, moet worden beoordeeld op meer dan alleen zijn economische merites. De infrastructuur dienen hierin een sturende rol te vervullen, zoals ze altijd een sturende rol hebben gehad in de preventie van ernstige verstoringen.

De beheersorganisatie

Adequaat reageren van het beheersapparaat hangt vooral samen met de mate van geoefendheid en voorbereiding. Het regelmatig oefenen van personeel aan de hand van rampenscenario's is dan ook gewenst.

Dit neemt niet weg dat de aanwezigheid van voldoende materieel minstens even belangrijk is. Bij de krappere wordende budgetten van de overheden is de verleiding groot hierop op ontoelaatbare wijze te bezuinigen.

Slotopmerking

Een beschouwing over kwetsbaarheid levert zelden een sluitend betoog op dat het onvermijdelijk verkeerd gaat. Kwetsbaarheid is geen deterministisch begrip. In tegendeel, de menselijke inventiviteit is zeer vaak in staat schijnbaar hopeloze situaties ten goede te keren. Wel is het zinvol tevoren na te denken over de mogelijke risico's die men loopt. Risicospreiding, ook voor situaties die nog niet zijn opgetreden, moet daarvan het resultaat zijn.

11. Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

11.1 Inleiding

Beschouwd werden de volgende infrastructuren:

- Watervoorziening,
- Elektriciteitsvoorziening.
- Gasvoorziening,
- Telefonie.

11.2 Kwetsbaarheid

De veronderstelling dat infrastructuren kwetsbaar zijn, berust op het volgende:

- De waarschijnlijkheid van een omvangrijke storing wordt verhoogd door de voorziening van grote gebieden te verzorgen door onderling verbonden systemen.
- In het systeem zijn delen aanwezig met een lange hersteltijd. Door de plaatsing van reservedelen worden de effecten van deze lange hersteltijd pas zichtbaar bij een samenloop van omstandigheden waarbij de grenzen van de reserve worden overschreden. Dit maakt deze verstoringen des te ernstiger.
- Om uitval van de infrastructuur op te vangen, wordt gebruik gemaakt van hulp van buiten. Zo heeft de elektriciteitsvoorziening een landelijk koppelnet, dat bovendien met de omringende landen is doorverbonden. Deze hulp van buiten werkt veelal in positieve zin, zoals ervaringen met de elektriciteitsvoorziening tijdens de watersnood van 1953 bewijzen.
De elektriciteitsstoringen in New York tonen echter aan dat een betrekkelijk geringe oorzaak er toe kan leiden dat een infrastructuur in een zeer groot gebied uitvalt. De grote omvang van een dergelijke verstoring maakt hulp uit gebieden die niet door de verstoring getroffen zijn, moeilijk.
- De zeldzaamheid van verstoringen bij infrastructuren maakt dat andere voorzieningsmogelijkheden in de stad niet meer aanwezig zijn.
- Door het sterk perfectioneren van infrastructuren is de kans op falen zeer klein geworden. Dit draagt het risico in zich dat de organisatie in geval van een verstoring niet of nauwelijks in staat is deze op effectieve wijze te verhelpen.
- Het aanhouden van een landelijke, in plaats van een stedelijke reserve heeft weliswaar aanzienlijke economische voordelen, maar verlaagt de feitelijke reserve bij een omvangrijke verstoring.
- Omvangrijke technische infrastructuren stellen hoge eisen aan de sociale stabiliteit.

Conclusie

- Hoe hoger de kwaliteit van de infrastructuren, des te kwetsbaarder is de stad voor zeldzame verstoringen.

11.3 Verstoringen in technische systemen

Risico-analyse is een goede methode om op systematische wijze inzicht te verwerven in de wijze waarop een systeem kan falen. Enige voorzichtigheid is echter wel geboden: de resultaten van risico-analyse weerspiegelen de ervaring en fantasie van de persoon of groep die de analyse uitvoert.

Bij het inventariseren van oorzaken van falen is het moeilijk rekening te houden met niet-voorzienbare mogelijkheden van menselijk falen.

Menselijk falen wordt in het algemeen veroorzaakt door gebrek aan informatie of foutieve informatie. Enige algemene patronen bij menselijk falen zijn:

- Maskering. Hiermee wordt bedoeld dat de verschijnselen van een ernstige verstoring lijken op die van een minder ernstige. Men denkt dat de verschijnselen het gevolg zijn van de minder ernstige verstoring en neemt de verkeerde maatregelen.
- Voorschriften zijn onjuist of onvolledig.
- Informatie wordt niet opgemerkt omdat de hoeveelheid informatie per tijdseenheid te groot is.
- Informatie wordt niet opgemerkt of verkeerd gehanteerd omdat stressoren, zoals lawaai of vermoeidheid, de waarneming negatief beïnvloeden.

Ondanks dat niet alle storingsmogelijkheden kunnen worden voorzien, kan men de kwetsbaarheid wel verminderen door aan risicospreiding te doen. Wat opvalt bij de beschouwde infrastructuur en de daarvan afhankelijke stedelijke processen, is de grote eenzijdigheid van de gevolgde strategie. Er is altijd gestreefd naar een hoge betrouwbaarheid van elk der infrastructuur (waarin men overigens onder de huidige omstandigheden uitstekend is geslaagd). Bij uitval van infrastructuur zijn bijvoorbeeld in de woning veelal geen alternatieven voorzien. De verwarming van de Nederlandse woning is in veel na-oorlogse woningen afhankelijk van het ongestoord functioneren van twee infrastructuren, namelijk die voor gas en elektriciteit. Om de bouwkosten van woningen zo laag mogelijk te maken, heeft het ministerie van Volkshuisvesting bewust afgezien van het voorschrijven van een stookgat in de woning.

Strategieën die de kwetsbaarheid moeten verminderen, zullen dus niet moeten zijn gericht op vervolmaking van de bestaande infrastructuur, maar op het creëren van alternatieven. Die alternatieven zullen dan niet van dezelfde factoren afhankelijk moeten zijn als de bestaande infrastructuur. Enige kenmerken van zulke onafhankelijkheid zijn:

1. De geografische spreiding van productie-eenheden: grote eenheden, geconcentreerd in een klein gebied, versus kleine eenheden verspreid over een groot gebied.
2. De eisen die het systeem stelt aan de sociale stabiliteit
3. De beheersbaarheid van het systeem: zijn bij bepaalde storingen snelle beslissingen nodig om het systeem te behoeden voor een grootschalige uitval?
4. Is er een snelle storingssignalering?
5. Eist het systeem een centrale controle, of kan het desnoods in kleinere gedeelten functioneren?
6. Heeft het hoofdnet van het systeem transportcapaciteit boven de grond (overstromingen) en onder de grond (sneeuwstormen)?
7. Wordt gebruik gemaakt van een of van meer grondstoffenbronnen?

Projecteert men voorgaande kenmerken op de bestaande infrastructuur dan kan men de volgende conclusies trekken:

1. De telefonie is geografisch gezien het sterkst gedecentraliseerd. De water- en elektriciteitsvoorziening zijn meer gecentraliseerd en de gasvoorziening is zeer sterk gecentraliseerd.
2. Alle systemen stellen hoge eisen aan de sociale stabiliteit.
3. De noodzaak van snelle beslissingen is aanwezig bij de watervoorziening, vooral bij een verstoring van de kwaliteit, en bij de elektriciteitsvoorziening, bij de uitval van productie-eenheden.

4. Snelle storingsignalering is vooral een probleem bij de watervoorziening.
5. De noodzaak van een centrale controle is vooral aanwezig bij de elektriciteitsvoorziening. Bij de beheersing van de gasvoorziening is landelijke communicatie nodig, doch de ter beschikking staande beslissingstijden zijn langer.
6. Het vaakst doen zich problemen voor bij systemen die uitsluitend bovengronds zijn uitgevoerd en wel bij het hoogspanningstransportnet van de elektriciteitsvoorziening. Uitsluitend ondergronds uitgevoerde systemen (water- en gasvoorziening) kunnen in sommige gevallen blijven functioneren omdat het systeem onder overdruk staat.
7. Dit punt valt uiteen in een reeks van facetten: wordt de onafhankelijkheid gezien in economische zin, bekijkt men de gevolgen van een embargo, of houdt men rekening met verontreiniging van de bron? Voor de watervoorziening van de grote steden worden vaak, maar niet altijd, diverse bronnen gebruikt. Bij de elektriciteitsvoorziening zijn de prijzen van olie en gas aan elkaar gekoppeld. Kernenergie en windenergie zijn sterk afhankelijk van de rentestand. Bij een embargo vormen gas, kernenergie en windenergie de betrouwbaarste middelen voor de elektriciteitsvoorziening.

Conclusies

- De manier waarop verstoringen bij infrastructuren tot stand komen, gaat veelal het menselijk voorstellingsvermogen te boven.
- De kwetsbaarheid kan worden verminderd door te zorgen voor onafhankelijke alternatieve voorzieningen.

11.4 Beheer

Centraal bestuur heeft een aantal voordelen boven decentraal bestuur:

- Informatiestromen kunnen sneller en beter worden beheerst. Dit is van belang in omvangrijke crisissituaties.
- De kwaliteit van beslissingen kan door de grotere hoeveelheid ter beschikking staande informatie van hoger niveau zijn.

Decentraal bestuur heeft als voordelen:

- Bij een ramp kan men flexibeler en sneller reageren.
- Men is minder gevoelig voor gevaren van zeer grote beslissingsfouten van het centrale bestuur.

Ervaringen uit natuurrampen leren dat in de eerste fase van een ramp ter plaatse aanwezige mensen met voor de situatie bruikbare ervaring vaak een leidende rol spelen.

Een van de dilemma's die mensen, die deel uit maken van bestuurs- en rampenorganisaties, ontmoeten in rampsituaties, is of zij hun functie zullen blijven vervullen of dat zij hun gezin zullen proberen te redden.

Bestuursorganen vertonen, indien ze onvoldoende voorbereid zijn, vaak tekenen van crisisbesluitvorming. De besluitvorming vindt dan plaats binnen een kleine groep met dezelfde ideeën. Dit verhindert kritische analyse. Informatie wordt ingewonnen buiten de normale kanalen om. Bovendien heeft men de neiging ontbrekende informatie aan te vullen met informatie over soortgelijke verstoringen. Ook vallen hierdoor in de organisatie ingebouwde beveiligingen weg.

De gevolgen van de watersnood van 1953 voor de watervoorziening van Dordrecht konden snel en goed worden bestreden, dank zij materieel van het Amerikaanse leger in Duitsland. Aangezien men niet onder alle omstandigheden op dergelijke hulp kan rekenen, is bezuiniging op dit soort materieel ongewenst.

Infrastructuren moeten zich zo goed mogelijk voorbereiden op ernstige verstoringen. Is dit niet het geval dan zijn vaak allerlei extra maatregelen nodig om de infrastructuur weer in bedrijf te krijgen. Dit kan door systematische inventarisatie van risico's en hersteltijden voor het gehele systeem. Om de vereiste vaardigheid aan te kweken, is het nodig het personeel regelmatig te oefenen in storingsbeheersing.

Conclusies en aanbevelingen

- Voor geen der beschouwde infrastructuren zijn de risico's van het totale systeem ooit systematisch geïnventariseerd met behulp van risico-analyse. Er is sprake van 'learning by doing'. Vindt er een verstoring plaats, dan vindt in het algemeen een overreactie plaats.
- Het meer systematisch verzamelen van gegevens over hersteltijden is gewenst. Dit zou kunnen door zulke gegevens op te slaan in een databank.
- Bij een centraal systeem is er een grotere waarschijnlijkheid van een grootschalige verstoring. De hulp van buiten het getroffen gebied compenseert bij een goed functionerend systeem de daardoor ontstane kwetsbaarheid.
- Personen in organisaties die een vitale rol spelen in de rampenbestrijding, moeten tijdens hun opleiding worden voorbereid op situaties waarin zij moeten kiezen tussen hun beroepsplicht en hun plicht tegenover hun gezin. Anders bestaat het risico dat bij ernstige en omvangrijke rampen de rampenbestrijdingsorganisatie slechts in geringe mate beschikbaar zal zijn.
- Tijdens rampen vormen decentraal genomen beslissingen en acties een essentieel onderdeel van de rampenbestrijding.

11.5 Motivatie

De motivatie van personeel speelt een zeer belangrijke rol bij het verhelpen van verstoringen. Het personeel van infrastructuren is zeer gemotiveerd. De vraag is echter gerechtvaardigd of dit zo zal blijven.

De beschouwde infrastructuren zijn, na een periode van groei, een periode van constante omvang binnengetroten. Dit kan het zelfherstellend vermogen negatief beïnvloeden.

Een ander belangrijk facet is een verhoging van de stakingsbereidheid bij een sterke verlaging van de geldelijke beloning.

Ervaring in Grootbritannië heeft geleerd dat waterleidingbedrijven met hun vrijwel geheel geautomatiseerde procesvoering weinig gevoelig zijn voor stakingen. Dit is ook de ervaring met de telefonie in Nederland. De elektriciteitsvoorziening is echter niet zover geautomatiseerd dat zonder menselijke tussenkomst ongestoord bedrijf mogelijk is.

Conclusies en aanbevelingen

- De beschouwde infrastructuur zijn na een periode van groei een periode van constante omvang binnengetroten. Dit kan het zelfherstellend vermogen negatief beïnvloeden. Bovendien kan dit de belangstelling van het onderwijs voor deze vakgebieden in negatieve zin beïnvloeden, zowel aan de zijde van de leerkrachten als van de studenten. Derhalve is aandacht voor deze aspecten gewenst.
- Volledig geautomatiseerde systemen zijn niet gevoelig voor stakingen zolang ze een hoge technische betrouwbaarheid bezitten en niet bewust worden uitgeschakeld. Sterk, doch niet volledig geautomatiseerde systemen zijn aantrekkelijke stakingsobjecten.

11.6 De relatie tussen infrastructuur en de rijksoverheid

Wordt een gebied ter grootte van een stad en omliggende regio getroffen door een natuurramp, dan treedt een rampenbestrijdingsapparaat in werking dat met mankracht en goederen hulp zal verlenen. Zelfs als de beschouwde infrastructuur onwerkzaam zijn geworden, kan deze rampenbestrijdingsorganisatie voor bepaalde essentiële zaken, zoals water en voedsel, een minimumvoorziening op gang houden. De verre omgeving fungeert als externe voorraad.

Er zijn echter verstoringen waarbij hulp van buiten niet of gebrekkig functioneert. Zo losten de vervuilde steden hun drinkwaterprobleem op door bronnen aan te boren op grote afstand. Inmiddels zijn deze gebieden echter ook onderhevig aan sterke milieuverontreiniging.

De oliecrisis had zulke grote gevolgen omdat het tijdelijk wegvallen van de aanvoer van olie uit het Midden-Oosten niet kon worden opgevangen zoals bij de Suezcrisis van 1956.

Ook bij een landelijke staking van het personeel van een infrastructuur kan hulp van buiten niet worden geëffectueerd.

In het algemeen zijn storingen in de voorziening met water en energie waarbij hulp van buiten faalt, ernstiger dan verstoringen waar dit mechanisme wel normaal functioneert.

De rijksoverheid vormt daarbij in Nederland het belangrijkste sturende orgaan. Zij schept met haar instanties en door middel van wetten een kader dat er voor zorgt dat verstoringen zo snel mogelijk worden opgevangen.

Verstoringen die een landelijke omvang hebben of waarvan de oorzaak zich aan beheersing door de rijksoverheid onttrekt, zijn dus ernstiger dan lokale verstoringen.

Het bovenstaande impliceert echter niet dat infrastructuur eigendom van de overheid moeten zijn. In de Verenigde Staten levert AT&T als particuliere onderneming een uitstekende dienstverlening. Winstgevendheid is daarbij wel een voorwaarde. Bij een overheids-onderneming is winstgevendheid niet strikt nodig, doch een vergelijking tussen de Britse en Franse spoorwegen levert wel als conclusie dat de waarde die de overheid aan een infrastructuur toekent, bepalend is voor de kwaliteit. Het ter beschikking stellen van voldoende geld is daarbij essentieel.

Conclusies

- Het functioneren van de beschouwde infrastructuur wordt gewaarborgd door een maatschappelijk en wettelijk kader dat in stand wordt gehouden door de rijksoverheid. Verstoringen die dit kader aantasten, zoals milieuverstoringen, hebben in het algemeen ernstiger gevolgen voor de continuïteit dan lokale verstoringen. In het laatste geval kan hulp van buiten het getroffen gebied een snel herstel tot stand brengen, voor zover de organisatie ter plaatse niet in staat is dit te doen.
- Een betrouwbare infrastructuur kan worden gerealiseerd door zowel een privé- als een overheids-onderneming.
 - Bij een privé-onderneming is winstgevendheid een voorwaarde voor een hoge betrouwbaarheid.
 - Bij een overheidsbedrijf is winstgevendheid niet strikt nodig, doch de overheid moet in dat geval wel voldoende geld beschikbaar stellen om een betrouwbare voorziening in stand te houden. Daarnaast zijn kennis en gemotiveerdheid van het personeel essentiële factoren ter handhaving van een hoge betrouwbaarheid.

11.7 De watervoorziening

Uit theoretische beschouwingen en bestudering van praktijkgevallen, volgt de conclusie dat bij de watervoorziening vooral aandacht moet worden besteed aan de kwaliteit. Dit betreft dan vooral het transport- en distributiestelsel. In vergelijking met bijvoorbeeld de elektriciteitsvoorziening valt de afwezigheid op van continu metende instrumenten. Dit valt te verklaren uit de grotere moeilijkheid van de metingen. Gezien de ernst van dergelijke verstoringen lijkt een nadere bestudering van deze problematiek gewenst.

Waterleidingbedrijven zijn soms te klein om een voldoende hoog kennisniveau te handhaven. Centralisatie is dan gewenst.

Indien de frequentie van verstoringen te laag is om de vaardigheid van het bedrijf in het bestrijden hiervan in stand te houden, valt te denken aan het regelmatig naspelen van dit soort situaties aan de hand van scenario's. Van hulp van buiten (koppelleidingen) is bij de watervoorziening, vanwege de daarmee gemoeide kosten, minder gebruik gemaakt dan bij de elektriciteitsvoorziening.

Bij enige waterleidingbedrijven wordt druk uitgeoefend besparingen te realiseren. Dit kan leiden tot personeelsreductie onder andere bij de storingsploeg. Dit kan de hersteltijd bij storingen vergroten.

Conclusies en aanbevelingen

- Uitval van de drinkwatervoorziening heeft gevolgen voor woonhuizen, de intensieve veehouderij en op sommige plaatsen voor de brandweer. Bij langdurige uitval treden ook gevolgen op voor elektrische centrales, de petrochemische industrie en ziekenhuizen.
- Het verdient aanbeveling de mogelijkheid van bewaking van de kwaliteit door middel van continu registrerende instrumenten in het transport- en distributienet te bestuderen.
- Personeel van waterleidingbedrijven dient voldoende vaardigheid te bezitten om het hoofd te bieden aan zeldzame verstoringen. Biedt de dagelijkse praktijk hiervoor onvoldoende gelegenheid, dan moet worden geoefend aan de hand van scenario's.
- Meer dan nu het geval is, moeten koppelleidingen tussen waterleidingbedrijven worden aangebracht.
- Waterleidingbedrijven dienen een voldoende omvang te hebben om een voldoende hoog kennisniveau te handhaven.

11.8 De elektriciteitsvoorziening

Bij vergelijking van de elektriciteitsvoorziening met andere infrastructuren vallen drie zaken op.

Elektriciteit kan niet in grote hoeveelheden worden opgeslagen. Dit brengt de noodzaak met zich mee bij uitval van een of meer generatoren het evenwicht tussen opgewekt en afgegeven vermogen binnen zeer korte tijd te herstellen. Anders bestaat het risico dat ten gevolge van het cascade-effect een groot gebied van elektriciteit verstoken raakt.

Om overbelasting van operators te vermijden, worden beslissingen voorbereid met behulp van computers. Dit maakt dat men bij uitval van dit rekentool de ervaring mist om het net goed te beheersen. Training van personeel met behulp van simulatoren lijkt derhalve gewenst.

Een vergelijking tussen de water- en de elektriciteitsvoorziening bij langdurige en omvangrijke uitval (dat wil zeggen minstens enige dagen durend en tenminste een grote stad omvattend) levert het volgende beeld op.

Bij uitval van de watervoorziening kan men in de stad een minimumniveau handhaven met behulp van waterwagens. Iets dergelijks is bij uitval van de elektriciteitsvoorziening niet het geval. Met het oog op risicospreiding verdient het aanbeveling voor de elektriciteitsvoorziening een hoeveelheid decentraal windvermogen te installeren. Hiermee wordt bij uitval van het openbare net een basisvoorziening ten behoeve van woningen veiliggesteld. Benzinepompen zouden met zonnecellen in bedrijf kunnen worden gehouden.

Een economisch probleem bij de elektriciteitsvoorziening is dat de optimale samenstelling van het brandstofpakket sterk afhankelijk is van de olieprijs en de rentestand. Deze variabelen zijn de laatste tien jaar aan sterke fluctuaties onderhevig geweest.

Daarbij komt nog dat de samenstelling van het brandstofpakket in de ons omringende landen (op dit moment) gunstiger is dan in Nederland.

Op de elektriciteitsvoorziening wordt druk uitgeoefend besparingen te realiseren. Dit kan leiden tot personeelsreductie onder andere bij de storingsploeg. Dit kan de hersteltijd bij storingen vergroten.

Conclusies en aanbevelingen

- In de elektriciteitsvoorziening dient men rekening te houden met een kortstondige groot-schalige uitval. Deze leidt tot aanzienlijke economische schade. Ernstiger zijn de gevolgen als een dergelijke uitval samenvalt met een andere gebeurtenis, bijvoorbeeld plunderingen of een chemische ramp. Door de uitval van de elektriciteit worden dan het vervoer en communicatie zodanig ontregeld dat de beheersbaarheid van dergelijke voorvallen in sterke mate wordt bemoeilijkt. Brandweer- en ziekenauto's hebben moeite hun plaats van bestemming te bereiken.

Het is gewenst operators van coördinatiecentra met behulp van simulatoren te oefenen voor optreden in situaties waarbij computerhulpapparatuur uitvalt.

- Een langdurige en grootschalige uitval van de elektriciteitsvoorziening heeft zeer ernstige gevolgen. Zodra een verstoring langer duurt dan gebruikelijk, neemt het aantal processen dat in de stad uitvalt, sterk toe. Direct gevolg is dat apparaten in woonhuizen, kantoren en industrie; pompen van rioleringen; poldergemalen; trein, tram en metro; verkeerslichten; de watervoorziening in hoge gebouwen; airconditioning van computerruimtes en beeldschermen bij bankfilialen niet meer functioneren. Doordat benzinepompen onwerkzaam worden, komt na langere tijd het wegverkeer eveneens tot stilstand. Een hoeveelheid decentraal windvermogen om een basisvoorziening voor woningen veilig te stellen, verdient aanbeveling. Benzinepompen kunnen met zonnecellen in bedrijf worden gehouden.
- Fluctuaties in de prijs van fossiele brandstoffen geven een grote variatie in de optimale samenstelling van het brandstofpakket voor de elektriciteitsvoorziening. De beheersbaarheid van de prijs van fossiele brandstoffen is het laatste decennium afgenomen. Omschakelen op andere energiedragers is zonder aanzienlijke (extra) kosten slechts in beperkte mate mogelijk. Daardoor is een economische kwetsbaarheid ontstaan. Een analoge beschouwing kan worden gehouden ten aanzien van de rentestand. Ook die is de laatste jaren aan grote fluctuaties onderhevig geweest.

11.9 De gasvoorziening

De gasvoorziening is in vergelijking met de andere infrastructuur in sterke mate gecentraliseerd. Een omvangrijke uitval van de gasvoorziening is hoogst onwaarschijnlijk, doch niet onmogelijk. Bij uitval van de watervoorziening kan men in de stad een minimumniveau

handhaven met behulp van waterwagens. Iets dergelijks is bij de gasvoorziening niet het geval. Terugkomend op het begrip risicospreiding zoals dat is gepresenteerd in 11.3 verdient het aanbeveling die aanwezigheid van een stookgat in de woonkamer van elke woning op te nemen in de bouwvoorschriften.

Conclusie en aanbeveling

- Een langdurige en grootschalige uitval van de gasvoorziening heeft ernstige gevolgen. Fornoizen, boilers en centrale verwarming vallen uit, bakkerijen en talrijke industrieën kunnen niet meer werken. Het verdient aanbeveling in de bouwvoorschriften voor woningen de verplichting op te nemen dat in de woonkamer een stookgat aanwezig is.

11.10 De telefonie

Conclusie en aanbeveling

- Uitval van de telefonie heeft enorme gevolgen voor de bedrijvigheid in de stad. De ervaring in rampsituaties leert dat een telefoonsysteem waarbij de klant te allen tijde verbinding krijgt met de centrale (zij het dat hij daarna even moet wachten alvorens te worden doorverbonden) door de gebruiker wordt geprefereerd boven een systeem dat bij een te groot aantal telefonerende personen een ingespreksignaal geeft.

11.11 De onderlinge verbanden tussen infrastructuren

Onderzocht is in hoeverre uitval van een enkele infrastructuur leidt tot uitval van andere infrastructuren. Bij een onderbreking van 24 uur treden de volgende problemen op: Valt de elektriciteit uit, dan kunnen sommige waterleidingbedrijven de kleppen van hun decentrale opslag in de stad, de zogenaamde reinwaterkelders, niet bedienen. Bij lage temperaturen kan bij gasontvangstations enige schade optreden. Kleinere telefooncentrales vallen uit. Uitval van de telefonie heeft gevolgen voor de telemetrieverbindingen van sommige waterleidingbedrijven.

Conclusie

- In de beschouwde infrastructuur zijn voorzieningen getroffen om bij uitval van een andere infrastructuur normaal te blijven functioneren. Bij uitval van de elektriciteit gedurende enige dagen is de ongestoorde aanvoer van dieselolie voor noodstroomaggregaten van belang.

11.12 De gevolgen voor de stad

Conclusies en aanbeveling

- De psycho-sociale gevolgen, ook op langere termijn, van natuurrampen en verontreinigingen in het drinkwater zijn aanzienlijk. Dit komt tot uiting in een verhoogd ziektepercentage. Dit aspect is tot nu toe te weinig onderkend.

- Uitval van de elektriciteitsvoorziening lijkt op een natuurramp, in die zin dat een stad ernstig wordt ontwricht. Het verschil met een natuurramp is dat er weinig materiële schade en verwondingen optreden.
- De koopkracht van de stadsbewoner bepaalt of hij bij langdurige uitval van een infrastructuur een andere voorzieningswijze kan bekostigen.

Geraadpleegde literatuur

Algemeen

- A.B. Lovins, L.H. Lovins Brittle Power, Brick House, 1982.
- R. L. Meier Planning for an Urban World, MIT Press, 1974.
- L. Mumford The city in history, Harcourt, Brace & Jovanovich, New York, 1961.
- J. Nagy Katastrophenanfälligkeit der Versorgung der städtische Bevölkerung, Schlussbericht an die Deutsche Forschungsgemeinschaft, 1977.
- E. Neuberger, W. Duffy Comparative Economic Systems, Allyn & Bacon Inc., 1976.
- Committee on the vulnerability of computer systems (SARK), The vulnerability of the computerized society, 1978.

(Natuur)rampen

- G. Bennett Bristol floods 1968: controlled survey of effects on health of local community disaster. British medical journal, 3, p 454, 1970.
- I. Burton, R.W. Kates, G.F. White The environment as hazard, New York, 1978.
- C.A. Catanese Case studies of the post-traumatic effects of the PanAm - KLM aviation disaster in the Canary Islands. Ann Arbor: University Microfilms International, Doctoral Dissertation, 1978.
- D.W. Chapman A brief introduction to contemporary disaster research. In: G.W. Baker en D.W. Chapman (Eds.), Man and society in disaster. New York: Basis Books, 1962.
- R.E. Cohen, F.L. Ahearn Handbook for mental health care of disaster victims. Baltimore: John Hopkins University Press, 1980.
- R.R. Dynes, E.L. Quarantelli The family and community context of individual reactions to disaster. In: H.J. Parad, H.L.P. Resnik en L.G. Parad (Eds.), Emergency and disaster management, 1976.

- J.E. Ellemers De Februari-ramp. Assen: Van Gorcum, 1956.
- K.T. Erikson Everything in its path: destruction of community in the Buffalo Creek Flood. New York: Simon and Schuster, 1976.
- P. Friedman, L. Linn Some psychiatric notes on the 'Andrea Doria' disaster. American Journal of Psychiatry, 114, p 426 1957
- C.J. Frederick Effects of natural versus human-induced violence upon victims. Evaluation and Change, p 71 - 76, 1980.
- M.J. Horowitz Stress response syndromes. New York: Jason Aronson, 1976.
- I.L. Janis Psychological stress. New York: Wiley, 1958.
- I.L. Janis, D.W. Chapman, Gillin, J.P. Spiegel The problem of panic. Washington, D.C.: Federal Civil Defense Administration Bulletin TB-19-2, 1955.
- W. Kinston, R. Rosser Disaster: effects on mental and physical state. Journal of Psychosomatic Research, 18, p 437, 1974.
- R.J. Kleber Stressbenaderingen in de psychologie. Deventer: Van Loghum Slaterus, 1982a.
- R.J. Kleber Voor, tijdens en na een ramp: een schets van het rampenonderzoek in de sociale wetenschappen en de psychiatrie. Wageningen: I.O.P.S., rapport, 1982b.
- R.J. Lifton, E. Olson Death imprint in Buffalo Creek. In: H.J. Parad, H.L.P. Resnik en L.G. Parad (Eds.), Emergency and disaster management, p 295 - 309, 1976.
- C.M. Parkes Bereavement. London: Tavistock, 1972.
- J.W. Powell, J. Rayner Progress notes: disaster investigated July 1, 1951 - June 30, 1952. Edgewood, Maryland: Army Chemical Center, 1952.
- E.L. Quarantelli Disasters, Sage Publications, 1978.
- O. Tanner Stress. Amsterdam: Time-Life, 1977.
- V. Taylor Good news about disaster. Psychology Today, 11, p 93 - 94 124 - 126, 1977.

- A.C.J. de Leeuw Controverses rond koppelingen, in: *Beleid en Maatschappij*, 9, p 270 - 278, 1982.
- C.E. Lindblom The Science of Muddling Through in: W.J. Gore and J.W. Dyson (eds.), *The Making of Decisions*, p 155 - 176, London, 1964.
- U. Rosenthal, G.H. Scholten Crises en openbaar bestuur, in: *Beleid en Maatschappij*, 4, p 370 - 380, 1977.
- H. Simon *Administrative Behavior*, p 38 - 41, New York, 1945.

De sociale omgeving als storingsbron

- M. Douglas, A. Wildavsky *Risk and Culture*, University of California Press, 1982.
- J.E. Haas e.a. *Reconstruction following disaster*, MIT Press, 1977.
- Waterleiding*
- J.J. de Jong e.a. *Leveringszekerheid bij drinkwaterbedrijven*, H₂O, nr. 1, 1983
- P.K. Koster, B.H. Tangena *Leveringszekerheid van drinkwatervoorzienings-systemen*, H₂O, nr. 5, 1983.
- K.W.H. Leeftang *Ons drinkwater in de stroom van de tijd*, Vewin, 1974.
- R. Schinzinger, H. Fagin *Emergencies in water delivery*, University of California, 1979.

Artikelenreeks over omvangrijke verontreinigingen in het leidingnet, H₂O, nr. 10, 1983.

Jaarverslag RIWA, 1982.

Elektriciteitsvoorziening

- J. de Haas *Elektriciteitsvoorziening en automatisering, nu en in de toekomst*, *Elektrotechniek* 55, 8, 1977.
- G.A.L. van Hoek *De storing in de elektriciteitsvoorziening in Noord Amerika op 9 november 1965*, *Elektrotechniek*, 44, 2, 1966.
- J.W. van der Meulen *Het westen en zijn olievoorziening*, NIVV, 36, 1982.

- W.T. Miles, J.L. Corwin Impact assessment of the 1977 New York City Blackout, US Department of Energy, 1978.
- N.S. van Nielen De storing van de elektriciteitsvoorziening in New York, PT-E 32, 11, p 613 - 617, 1977.
- R.J.R. Waumans Economische aspecten rond de betrouwbaarheid van distributienetten, Elektrotechniek 61, 6, 1983.
- IEE, The reliability of Power Supply Systems, Conference Publication no. 225, 1983.
- Emergency-power system performance, Electrical Construction & Maintenance, October 1977.
- Het gedenkboek uitgegeven ter gelegenheid van het 25-jarig bestaan van de VEEN, 1977.
- The Northeast Power Failure, November 9 & 10 1965, US Government Printing Office, Washington, 1965.
- VEEN, Rapport van de commissie ter bestudering van de waarde van niet geleverde energie, 1982.
- What to do when the lights go out, National Petroleum News, July 1967.

Gasvoorziening

- C.J. Naarding Ervaringen bij transport van gas, Gas 99, mei 1979.
- G. Spee Gevolgen van de strenge winter 1978/1979 voor de gasvoorziening, Gas 99, mei 1979.

Telefonie

- Het gedenkboek, uitgegeven ter gelegenheid van het 100-jarig bestaan van de telefonie, 1981.

Watersnood 1953

- J.E. Ellemers De Februariramp, Van Gorcum & Comp NV, 1956.
- Handelingen Tweede Kamer der Staten Generaal, februari 1953.

ISONEVO, Studies in Holland flood disaster 1953, 1955.

Overstromingsramp Tuindorp Oostzaan

Gemeentebld Amsterdam 1960 Bijlage L.

Verwaarlozing van Infrastructuren

The decaying of America, Newsweek August 2 1982.

Infrastructuren in oorlogssituaties

J.K. Galbraith

The affluent society, 1960.

L. de Jong

Het Koninkrijk der Nederlanden in de Tweede Wereldoorlog 1939 - 1945, deel 3, 1970 en deel 10b eerste helft, 1981.

Economic and social consequences of nuclear attacks on the United States, US Government Printing Office 1979.

Overzicht van reeds verschenen publikaties van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek

1. Toekomstbeeld der Techniek; ir. J. Smit, 1968 (uitverkocht)
2. Techniek en Toekomstbeeld, Telecommunicatie in telescopisch beeld; prof.dr.ir. R.M.M. Oberman, 1968 (uitverkocht)
3. Verkeersmiddelen; prof.ir. J.L.A. Cuperus, prof. ir. J.H. Krietemeijer, ir. G. Veldhuyzen, ir. F. Oudendal, prof.ir. G.J. van der Burgt en prof.ir. H. Wittenberg, 1968
4. Hoe komt een beleidsvisie tot stand? ir. P.H. Bosboom, 1969
5. De overgangsprocedures in het verkeer; prof.ir. J.L.A. Cuperus, prof.dr. L.H. Klaassen, mr. R.J.H. Fortuyn, mr. M.G. de Bruin, A. Blankert, mr. Th. van der Meer, drs. J.A. van de Kamp, prof.drs. E.H. van de Poll, ir. G.C. Meeuse, A.M. Lels, mr. M. van den Bos en E. van Donkelaar, 1969
6. De invloed van goedkope elektrische energie op de technische ontwikkeling in Nederland; dr. P.J. van Duin, 1971
7. Electrical energy needs and environmental problems, now and in the future; ir. J.H. Bakker, prof.dr. J.J. Went, dr. K.J. Keller, ir. A.J. Elshout, H. van Duuren, ir. J.L. Koolen, P.E. Joosting, dr. J.C. ten Houten, J.A.G. Davids, prof.dr. J.A. Goedkoop en ir. M. Muysken, 1971
8. Mens en milieu: prioriteiten en keuze; ir. L. Schepers, dr.ir. W.J. Beek, prof.dr. D.J. Kuenen, prof. H. van Genderen, dr.ir. L.J. Revallier en dr.ir. H. Hoog, 1971
9. Het voeden van Nederland nu en in de toekomst; prof. dr.ir. M.J.L. Dols, drs. J. de Veer, dr. C. Engel, prof.dr. J. Boldingh, prof.dr. H. Doorenbos, drs. W.C. Bus, ir. H. Glazenburg en prof.dr. A.G.M. van Melsen, 1971
10. Barge Carriers: some technical, economic and legal aspects; drs. W. Cordia, mr. G.J.W. de Vries en ir. N. Wijnost, 1972
11. Transmissiesystemen voor elektrische energie in Nederland; prof.dr. J.J. Went, ir. A. Govers, drs. M.C. Lelie en prof.ir. H. Wiggerts, 1972
12. Elektriciteit in onze toekomstige energievoorziening: mogelijkheden en consequenties; dr.ir. H. Hoog, ir. P.J. Wemelsfelder, prof.ir. D.G.H. Latzko, dr. D.J. Kroon en prof.ir. J.J. Broeze, 1972
13. Communicatiestad 1985: elektronische communicatie met huis en bedrijf; prof.dr.ir. J.L. Bordewijk e.a., ir. D. van den Berg en dr. W. Horn, 1973
14. Techniek en preventief gezondheidsonderzoek; dr. M.J. Hartgerink, prof.dr. H.H.W. Hogerzeil, prof.dr.ir. P. Eykhoff, prof.dr. J.C.M. Hattinga Verschure, prof.dr. H.J.J. Leenen, dr. P. Gootjes, prof.dr. A.H. Wiebenga en ir. D.H. Bekkering, 1973
15. Technologisch verkennen: doelstellingen en methoden; ir. A. van der Lee, drs. Th.M.A. Bemelmans en dr.ir. W.J. Beek, 1973
16. Mens en milieu: beheerste groei; Stuurgroep en Werkgroepen voor Milieuzorg, 1973

17. Mens en milieu: zorg voor zuivere lucht; Stuurgroep en Werkgroepen voor Milieuzorg (1973)
18. Mens en milieu: kringlopen van materie; Stuurgroep en Werkgroepen voor Milieuzorg (1973)
19. Energy Conservation: ways and means; edited by J.A. Over and A.C. Sjoerdsma (1974) (uitverkocht)
20. Voedsel voor allen, plaats en rol van de EEG; prof. dr. J. Tinbergen, prof.dr.ir. J. de Hoogh, dr. J.R. Jensma, prof.dr. J. de Veer, ir. I.B. Warmenhoven, dr.ir. A.W.G. Koppejan, ir. K.K. Verwelde en dr.ir. W.J. Beek (1976)
21. Stedelijk verkeer en vervoer langs nieuwe banen?; redactie: ir. J. Overeem (1976)
22. Materialen voor onze samenleving; redactie: ir. J.A. Over (1976)
23. De industrie in Nederland: Verkenning van knelpunten en mogelijkheden; redactie: ir. H.K. Boswijk en ir. R.G.F. de Groot (1978)
24. Toekomstbeeld der industrie; prof.dr. P. de Wolff, drs. R.F.M. Lubbers, dr.ir. H. Kramers, prof.ir. J. in 't Veld en mr. G.A. Wagner (1978)
25. Arts en gegevensverwerking; redactie: ir. R.G.F. de Groot (1979)
26. Bos en hout voor onze toekomst; redactie: ir. T.K. de Haas, ir. J.H.F. van Apeldoorn en ir. A.C. Sjoerdsma (1979)
27. Steenkool voor onze toekomst; eindredactie: ir. A.C. Sjoerdsma (1980)

Overige uitgaven:

De innovatienota; een aanvulling; ir. H.K. Boswijk, dr.ir. J.G. Wissema en prof. W.C.L. Zegveld (1980)

Deze publikaties zijn schriftelijk te bestellen bij:

Stichting Toekomstbeeld der Techniek
Postbus 30424
2500 GK 's-GRAVENHAGE

28. Distributie van consumentengoederen; informatie en communicatie in perspectief; redactie: ir. R.G.F. de Groot (1980) (ISBN 90 6275 052 4)
29. Wonen en Techniek; ervaringen van gisteren, ideeën voor morgen; redactie: ir. J. Overeem en dr. G.H. Jansen (1981) (ISBN 90 6275 053 2)
30. Biotechnology; a Dutch Perspective edited by J.H.F. van Apeldoorn (1981) (ISBN 90 6275 051 6)
31. Micro-elektronica in beroep en bedrijf; balans en verwachting; Samensteller: ir. H.K. Boswijk (1981) (ISBN 90 6275 064 8)

Bij deze studie behorende deelstudies zijn los verkrijgbaar

- 31.1 Micro-elektronica: de Rundveehouderij (ISBN 90 6275 066 4)
- 31.2 Micro-elektronica: de Grafische industrie en Uitgeverijen (ISBN 90 6275 067 2)
- 31.3 Micro-elektronica: Procesinnovatie in de sector Elektro-metaal (ISBN 90 6275 068 0)
- 31.4 Micro-elektronica: Produktinnovatie van consumentenproducten en diensten voor gebruik in huis (ISBN 90 6275 069 9)
- 31.5 Micro-elektronica: het Ontwerpproces (ISBN 90 6275 070 2)
- 31.6 Micro-elektronica: het Bankwezen (ISBN 90 6275 071 0)
- 31.7 Micro-elektronica: het Kantoor (ISBN 90 6275 072 9)
- 31.8 Micro-elektronica: het Reiswezen (ISBN 90 6275 073 7)
- 31.9 Micro-elektronica: de Belastingdienst (ISBN 90 6275 074 5)

32. Micro-elektronica voor onze toekomst; een kritische beschouwing; 1982 (ISBN 90 6275 089 3)

33. Toekomstige verwarming van woningen en gebouwen; eindredactie: ir. A.C. Sjoerdsma (1982) (ISBN 90 6275 094 X)

34. Flexibele automatisering in Nederland, ervaringen en opinies; redactie: ir. G. Laurentius, ir. H. Timmerman, ir. A.A.M. Vermeulen (1982) (ISBN 90 6275 098 2)

35. Automatisering in de fabriek; vertrekpunten voor beleid; redactie: ir. H. Timmerman (1983) (ISBN 90 6275 112 1)

36. Informatietechniek in het kantoor. Ervaringen in zeven organisaties; samensteller: drs. F.J.G. Fransen (1983) (ISBN 90 6275 135 0)

37. Nederland en de rijkdommen van de zee: industrieel perspectief en het nieuwe zeerecht; redactie: ir. J.F.P. Schönfeld, mr.dr. Ph.J. de Koning Gans (1983) (ISBN 90 6275 111 3)

38. Man and Information Technology: towards friendlier systems; edited by J.H.F van Apeldoorn, 1983 (ISBN 90 6275 136 9)

Publikaties 28 en later zijn verkrijgbaar bij de boekhandel of bij de uitgever:

Delftse Universitaire Pers
Mijnbouwplein 11
2628 RT DELFT
telefoon (015) 78 32 54

In de zomer van 1977 viel de elektriciteitsvoorziening uit in New York. Pas na 25 uur keerde de spanning terug. Door ontregeling van het autoverkeer had de brandweer moeite branden te bereiken. De beurs van New York en de banken bleven een dag gesloten. De voedselvoorziening werd verstoord omdat liften en diepvriezers niet meer werkten en vrachtwagens gebrek aan brandstof kregen.

Zeldzame verstoringen als natuurrampen, verontreinigingen in het drinkwater en stakingen onderstrepen onze afhankelijkheid van stedelijke infrastructures, waarvan we het functioneren als vanzelfsprekend ervaren. Vier technische infrastructures werden geanalyseerd, nl. water, elektriciteit, gas en telefonie. Aan de hand van risico-analyse, menselijke fouten en crisisbesluitvorming en een aantal praktijkgevallen wordt een schets gegeven van de belangrijkste problemen. Hieruit resulteren mogelijkheden om de gevolgen te verzachten of te voorkomen. De aanbevelingen zijn van bestuurlijke en technische aard.



delftse universitaire pers

