



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

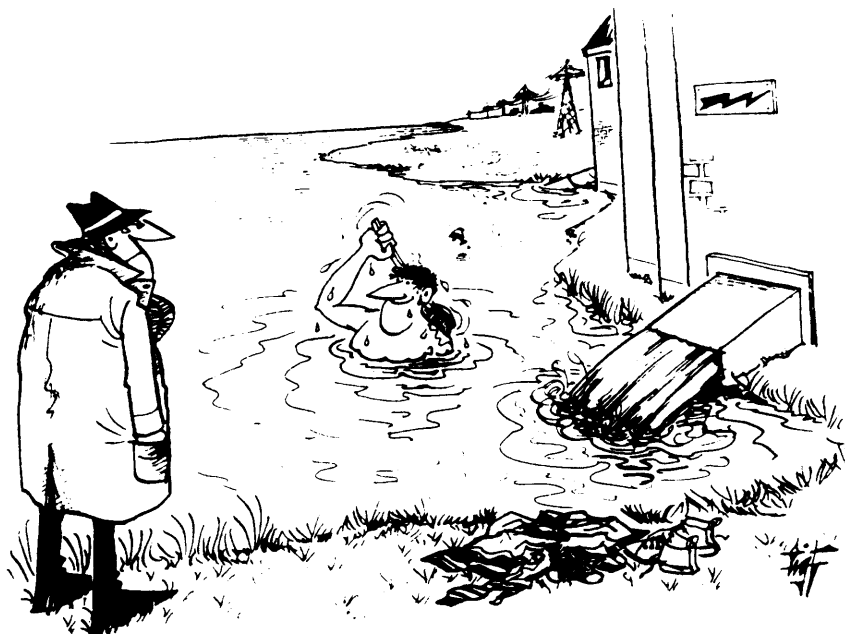
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

Warmte-emissies in Wvo-vergunningen: een handreiking voor vergunningverleners

RIZA Nota nr.: 96.027
ISBN 9036945593
Auteur: ing. R.J. Saft

RIZA
Lelystad, 10 april 1996



Inhoud

0. Samenvatting	5
1. Inleiding	7
2. Beschrijving waterkwaliteitsbeleid	9
3. Problematiek warmte-emissies	13
3.1 Warmte-emissies: omvang	13
3.2 Warmte-emissies: effecten	13
3.3 Warmte-emissies in huidige Wvo-vergunningen	16
3.3.1 Directe lozingen	16
3.3.2 Indirecte lozingen	17
3.3.3 Handhaving	18
4. Werkwijze in WVO-vergunningen	19
5. Ontwikkelingen	27
5.1 Warmte-emissies in relatie tot migratie zalmachtigen	27
5.2 Verschuiving naar andere methoden van koeling en andere koelmedia	27
5.3 Problematiek bij warme zomers/lage waterafvoeren	28
5.4 De opkomst van warmte-kracht koppeling	29
5.5 Planning nieuwe elektriciteitsseenheden	30
Bijlagen	
Bijlage 1 ABK-richtlijnen voor temperatuurvoorschriften	31

0. Samenvatting

De Nederlandse oppervlaktewateren hebben in het algemeen een belangrijke functie waar het gaat om de koelbehoefte van bedrijven. Zowel de elektriciteitsproductiesector als industriële bedrijven maken veelvuldig gebruik van de mogelijkheid hun overvloedige, onbruikbare restwarmte af te geven aan het oppervlaktewater. Vooral aan rivieren en kanalen hebben zich grote koelwaterlozers gevestigd.

De lozing van koelwater, of beter gezegd: de lozing van warmte, is vergunningplichtig op grond van artikel 1, lid 1 van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren. In de vergunning zal de waterkwaliteitsbeheerder de lozing toetsen aan het vigerende waterkwaliteitsbeleid. Voor lozingen van warmte geldt in beginsel direct de waterkwaliteitsaanpak, waarbij de totale warmte-inhoud (warmtevracht) van een lozing wordt getoetst aan de waterkwaliteitsdoelstellingen (immissie-toetsing). De waterkwaliteitsdoelstellingen zijn afhankelijk van de functie welke aan het oppervlaktewater is toegekend. Indien er lozing plaats vindt van opgewarmd oppervlaktewater uit een doorstroomkoelsysteem, zijn de zogenaamde ABK-richtlijnen de leidraad voor de vergunningverlener. Deze richtlijnen zijn in eerste instantie opgesteld ten behoeve van elektriciteitscentrales, maar worden al sedert lange tijd tevens gebruikt voor andere grootschalige koelwaterlozingen. In de richtlijnen is een onderscheid gemaakt tussen emissie-eisen en immissie-eisen. Als emissie-eisen worden genoemd een maximale temperatuur in het koelsysteem van 30 °C en een maximale temperatuursprong in het koelsysteem van 7 °C in de zomer tot 15 °C in de winter met daartussen een geleidelijke overgang.

De immissie-eisen berekent men door de totale warmtevracht van de lozing te bepalen. De te meten parameters zijn het koelwaterdebiet en de maximale temperatuursprong in het koelsysteem. De aldus berekende warmtevracht wordt gecorreleerd aan de beïnvloeding van de oppervlaktewaterkwaliteit. De waterkwaliteitsbeheerder dient te toetsen of deze beïnvloeding aanvaardbaar is. Voor kanalen en rivieren geven de ABK-richtlijnen voldoende toetsingsmogelijkheden; voor andere oppervlaktewateren zal de waterkwaliteitsbeheerder zelf een redelijk beïnvloedingsniveau moeten kiezen. Met andere woorden: er zijn momenteel geen immissie-richtlijnen voor oppervlaktewateren zoals havens, meren en kleine oppervlaktewateren. De immissie-berekeningen kunnen uitgevoerd worden met een aantal simpele formules, doch in kritische situaties en/of bij zeer omvangrijke warmtelozingen kan een nauwkeuriger inschatting verkregen worden door gebruik te maken van meer geavanceerde modellen als SOBEK.

Bij *alle andere warmte-lozingen* (bijvoorbeeld spuiwater uit koeltorens, grond- en drinkwater, proceswater) gelden geen standaard emissie-eisen. Een voorschrift waarin de maximale temperatuur wordt beperkt tot 30 °C is bij deze lozingen dan ook niet noodzakelijk. Hooguit streeft men bij nieuwe lozingen naar deze waarde om zodoende de risico's voor aquatische organismen in de mengzone zo klein mogelijk te houden. Voor deze warmte-lozingen geldt wel dat de lozing niet mag leiden tot een overschrijding van de waterkwaliteitsdoelstellingen buiten de mengzone. Ook bij deze lozingen wordt de warmtevracht derhalve gereguleerd. Voor

wat betreft deze immissie-toetsing, die niet anders is als die voor lozingen van opgewarmd oppervlaktewater uit doorstroomkoelsystemen, wordt het raadzaam geacht om aan te sluiten bij de ABK-aanwijzingen hierover.

Vergunningverleners voeren de immissie-toetsing vrijwel altijd uit bij lozingen van elektriciteitscentrales en grote procesindustrieën. Bij andere lozingen wordt deze toetsing niet of nauwelijks verricht maar wordt gebruik gemaakt van de ingeburgerde 'standaardeis' van 30 °C bij het lozingspunt. Hierbij maakt men vaak geen onderscheid tussen lozingen van oppervlaktewater, spuiwater uit koeltorens, grond- en drinkwater of opgewarmd proceswater.

Kortom, momenteel bestaat het risico dat vergunninghouders ten onrechte met beperkende vergunningvoorschriften worden geconfronteerd. Daarnaast is er een risico dat vergunningverleners (waterkwaliteitsbeheerders) onbedoeld een grotere beïnvloeding van oppervlaktewateren toestaan dan gewenst is.

Er zijn een aantal ontwikkelingen beschreven die invloed (kunnen) hebben op de aard en omvang van warmtelozingen. Genoemd zijn de terugkeer van de zalm(achtigen) in de Nederlandse oppervlaktewateren maar ook de aandacht die industriële koelsystemen krijgen in verband met het gebruik van bestrijdingsmiddelen en andere koelwatertoevoegingen en het optreden van lekkages van schadelijke stoffen. Tevens worden genoemd het optreden van zeer hoge temperaturen in de zomermaanden waardoor de koelcapaciteit van de oppervlaktewateren onvoldoende is in relatie tot de koelbehoefte van bedrijven en de introductie van warmte-kracht koppeling cq. efficiënter werkende energie-centrales.

De invloed van deze ontwikkelingen op de warmtelozingen naar oppervlaktewateren is niet kwantitatief aan te geven. Duidelijk is wel dat de aandacht voor diverse aspecten rond het gebruik van koelwater is toegenomen en dat er een duidelijke wens bestaat om een zorgvuldige afweging te maken tussen het verminderen van diverse (ongewenste) effecten van het gebruik van koelwater, mede in relatie tot andere milieucompartimenten.

1. Inleiding

In Nederland worden grote hoeveelheden energie opgewekt ten behoeve van warmte en elektriciteit. De processen die daaraan ten grondslag liggen, hebben echter slechts een beperkt energetisch rendement. Een fors gedeelte van de totale energie wordt als overtollige warmte afgevoerd naar het milieu, waarbij de emissie naar oppervlaktewater tot op heden de meest gangbare methode is. Daarnaast vinden er vele industriële processen plaats bij hoge temperaturen waardoor op den duur warmte vrijkomt dat vaak naar oppervlaktewateren wordt afgevoerd. De warmte-emissies naar oppervlaktewater zijn zelfs van een dusdanige omvang dat bescherming van aquatische organismen tegen te hoog oplopende watertemperaturen gewenst is.

Het voornaamste instrument om een dergelijk beschermingsniveau te kunnen bieden is de Wvo-vergunning. De relatie tussen het gewenste beschermingsniveau en concrete vergunningvoorschriften blijkt echter niet altijd duidelijk te zijn. Dit leidt in sommige gevallen tot onjuiste vergunningvoorschriften. Daarnaast is er landelijk gezien onvoldoende uniformiteit in de vergunningvoorschriften.

Deze nota beoogt dan ook duidelijkheid en uniformiteit te scheppen ten aanzien van vergunningvoorschriften in de Wvo op dit punt.

Deze nota is alleen gericht op de emissies van warmte. Andere aspecten die een rol spelen bij het gebruik van koelwater, te denken valt aan de afweging tussen diverse koelsystemen en koelmedia en de afweging ten aanzien van koelwatertoevoegingen, worden slechts genoemd voor zover er een directe relatie met warmtelozingen is of kan zijn.

Deze nota is als volgt ingedeeld. In hoofdstuk 2 zal allereerst worden ingegaan op het Rijksbeleid ten aanzien van emissies in het algemeen en die van warmte in het bijzonder.

Hoofdstuk 3 geeft de problematiek weer ten aanzien van aard en omvang van de huidige warmte-emissies en de huidige vergunningenpraktijk. In hoofdstuk 4 wordt de werkwijze beschreven waarmee emissies van warmte in Wvo-vergunningen worden gereguleerd en in hoofdstuk 5 worden een aantal onderwerpen beschreven die in de toekomst voor de waterkwaliteitsbeheerder van belang kunnen zijn in relatie met warmte-emissies.

2. Beschrijving waterkwaliteitsbeleid

De beleidsuitgangspunten ten aanzien van emissies zijn gebaseerd op de vermindering van de verontreiniging en op het stand-still beginsel. Het uitgangspunt, vermindering van de verontreiniging, houdt in dat de verontreinigingen, ongeacht de stofsoort die wordt geloosd, zoveel mogelijk wordt beperkt. Voor bedrijven betekent dit dat proceskeuze en interne bedrijfsvoering hierop zoveel mogelijk moeten worden afgestemd. Indien een wezenlijke saneringsinspanning noodzakelijk is, wordt afhankelijk van de stofsoort onderscheid gemaakt tussen een tweetal sporen: de emissie-aanpak en de waterkwaliteitsaanpak.

De *emissie-aanpak* houdt in dat onafhankelijk van de te bereiken waterkwaliteitsdoelstelling een inspanning moet worden geleverd om verontreiniging te voorkomen. Hierbij wordt afhankelijk van de eigenschappen van een stof (zoals toxiciteit, persistentie, carcinogeniteit, bioaccumulatie) onderscheid gemaakt tussen zwarte-lijststoffen (bijv. kwik, cadmium) en de overige stoffen die qua eigenschappen relatief wat minder schadelijk zijn (bijv. koper, zink). Voor (potentiële) zwarte-lijststoffen geldt dat de verontreiniging in beginsel moet worden beëindigd door toepassing van de beste bestaande technieken (BBT). Bij de emissie van de overige verontreinigingen staat, binnen de emissie-aanpak, toepassing van de best uitvoerbare technieken (BUT) voorop.

De *waterkwaliteitsaanpak* wordt gevolgd voor relatief onschadelijke verontreinigingen: van nature in het oppervlaktewater voorkomende stoffen met een geringe mate van toxiciteit. De mate waarin maatregelen ter beperking van de emissies van deze stoffen moeten worden genomen, is primair afhankelijk van de heersende waterkwaliteit in relatie tot de waterkwaliteitsdoelstellingen van het ontvangende oppervlaktewater. Deze doelstellingen zijn vastgelegd in de derde Nota Waterhuishouding¹ en de Evaluatienota Water². Naast de algemene kwaliteitsdoelstellingen zijn additionele doelstellingen benoemd in relatie tot bepaalde functies van oppervlaktewateren. Deze kwaliteitsdoelstellingen gelden voor functies die corresponderen met EG-richtlijnen. De functies kunnen o.a. zijn water voor bereiding van drinkwater, zwemwater, water voor karperachtigen, water voor zal-machtigen en schelpdierwater. Bovendien zijn er specifieke ecologische functies op basis waarvan verscherpte eisen kunnen worden gesteld. Als algemene beleidslijn voor de waterkwaliteitsaanpak geldt dat door de emissie van dergelijke stoffen de waterkwaliteit niet significant mag verslechteren. De eventueel toe te passen technieken zijn dan ook afhankelijk van de toelaatbare belasting van het betreffende oppervlaktewater. Dit kan variëren van geen tot zeer stringente maatregelen.

Het *stand-still beginsel* (voor zwarte-lijststoffen en overige verontreinigingen) is eveneens uitgewerkt. Het stand-still beginsel voor zwarte-lijststoffen houdt in dat de emissies van deze stoffen, gerekend over een bepaald beheersgebied, niet mogen toenemen. Onder het totaal aan lozingen wordt in dit geval verstaan de som van de directe en indirecte lozingen.

¹ derde Nota Waterhuishouding. Tweede Kamer 1988-1989, 21 250, nrs 1-2

² Evaluatienota Water 1993. Tweede Kamer 1993-1994, 21 250, nrs. 27-28

Het stand-still beginsel voor de overige stoffen houdt in dat de waterkwaliteit niet significant mag verslechteren. Daarnaast is de betekenis van het stand-still beginsel voor de overige stoffen vooral gelegen in de verplichting van de waterkwaliteitsbeheerder om de kwaliteit van het oppervlaktewater dat in zijn beheer is te volgen, eventuele significante verslechteringen op het spoor te komen, te onderzoeken wat daarvan de oorzaken en gevolgen zijn en om vervolgens te bezien of een verslechtering al dan niet beïnvloedbaar c.q. aanvaardbaar is.

Tabel 1

De aanpak van de emissies van warmte volgt specifiek de lijn van de waterkwaliteitsaanpak. De emissie wordt derhalve getoetst aan de geldende waterkwaliteitsdoelstellingen voor de temperatuur(verandering) in oppervlaktewateren. Deze doelstellingen luiden als volgt:

functie	waterkwaliteitsdoelstelling	
	maximale temperatuur	verhoging van temperatuur t.o.v. de natuurlijke waarde
basiskwaliteit	25 °C	-
water voor karperachtigen ^{a,b}	25 °C	3 °C
water voor zalmachtigen ^{a,c}	21.5 °C	1.5 °C
schelpdierwater ^d	25 °C	2 °C

^a Voor wateren waarin soorten kunnen voorkomen die koud water nodig hebben voor hun voortplanting mag de temperatuur gedurende de voortplantingsperiode niet boven 10 °C uitkomen.

^b Deze doelstelling is momenteel toegekend aan het zoete deel van het waterhuishoudkundig hoofdsysteem.

^c Deze doelstelling is momenteel toegekend aan de Grensmaas.

^d Deze doelstelling is momenteel toegekend aan de Waddenzee, Oosterschelde, Westerschelde, Grevelingenmeer en de Voordelta.

Bronnen: derde Nota Waterhuishouding en Beheersplan voor de Rijkswateren 1992-1996

Een andere functionele indeling richt zich meer op de gebruiksfuncties van oppervlaktewateren en is niet gerelateerd aan specifieke kwaliteitsdoelstellingen. Eén van deze functies betreft 'Koelwater voor energiecentrales en Waterkracht' die al dan niet toegekend is aan oppervlaktewateren van het waterhuishoudkundig hoofdsysteem (de grote rivieren, kanalen en estuaria). Bovendien kan aangegeven worden of een dergelijke functie in de betreffende planperiode af- of toeneemt³.

In het beheersplan voor de Rijkswateren 1992-1996 wordt expliciet aangegeven dat de doelstellingen niet gelden in de mengzones van koelwaterlozingen van elektriciteitscentrales. Deze benadering geldt in beginsel ook voor andere koelwaterlozingen. De mengzone in water voor karperachtigen kan gedefinieerd worden als het gebied waarbinnen de temperatuur met meer dan drie graden (voor water voor zalmachtigen en schelpdierwater geldt respectievelijk 1.5 °C en 2 °C) is verhoogd, als gevolg van de warmtelozing, ten opzichte van de natuurlijke temperatuur. Omdat de natuurlijke temperatuur, dat wil zeggen die temperatuur waarbij elke menselijke invloed afwezig is, nauwelijks te bepalen is, wordt een achtergrondtemperatuur gehanteerd. Dit is een punt waarbij in ieder geval geen invloed is van de onderhavige warmtelozing. Veelal wordt de temperatuur bij het innamepunt genomen, eventueel gecorrigeerd voor de recirculatie van warmte. In overleg tussen vergunningverlener en vergunninghouder kan ook een ander punt worden gekozen.

De waterkwaliteitsbeheerder bepaalt de omvang van de mengzone, deels op basis van algemene richtlijnen (zie de pagina's 20 tot en met 25) maar ook op basis van eigen inzichten in die gevallen waarin deze richtlijnen niet voorzien. Voor de Rijn en zijn zijtakken gelden bovendien de afspraken uit het Rijn-warmteverdrag van 1972. De ministers van de Rijnoverstaten hebben

³ Beheersplan voor de Rijkswateren 1992-1996. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, mei 1993 (p. 48)

daarin bepaald dat alle toekomstige elektriciteitscentrales die koelen op de Rijn en zijn zijtakken, voorzien moeten worden van gesloten koelsystemen of gelijkwaardige systemen. Deze alternatieven voor koeling dienen aanwezig te zijn voor dat deel van de installaties dat na vervanging en/of nieuwbouw de maximaal mogelijke warmtelozing van 1972 (peiljaar) overschrijdt. In perioden met kritieke waterkwaliteit (een afvoer bij Lobith van 1.500 m³/s of minder en een zuurstofgehalte van 5 mg/l of minder) kan dan gebruik worden gemaakt van de genoemde alternatieve systemen.

3. Problematiek warmte-emissies

3.1 Warmte-emissies: omvang

In Nederland worden grote hoeveelheden koelwater en (thermisch) verontreinigd proceswater geloosd. De Nederlandse oppervlaktewateren worden dan ook kunstmatig opgewarmd door deze lozingen.

De belangrijkste koelwaterlozers zijn de elektriciteitscentrales die, in Nederland, voor een groot deel afhankelijk zijn van de koeling met oppervlaktewater. Deze centrales lozen in Nederland in de ordegrootte van *13-15 miljard m³* koelwater per jaar met een warmtevracht van maximaal zo'n 13.200 MegaWatt (MW)⁴. Een MegaWatt is één miljoen joules per seconde.

Ook een groot aantal industriële bedrijven gebruikt oppervlaktewater als koelmedium. Met name in de sectoren chemische industrie, voedings- en genotmiddelenindustrie, aardolie-industrie, basismetalenindustrie en papierindustrie worden grote hoeveelheden water voor koeldoeleinden gebruikt. Het waterverbruik voor koeldoeleinden door de totale industrie bedroeg in 1994 zo'n *4,5 miljard m³*, waarbij grondwater, oppervlaktewater en leidingwater resp. circa 5%, 94% en 1% voor hun rekening nemen⁴. De totale warmtevracht die hiermee geloosd wordt, bedraagt ongeveer 5.600 MW. Voor zowel elektriciteitscentrales als bovengenoemde industriële bedrijven geldt dat ze verspreid over het hele land voorkomen, doch in hoofdzaak aan de grote oppervlaktewateren.

3.2 Warmte-emissies: effecten⁵

De emissie van warmte leidt tot opwarming van oppervlaktewater waardoor schadelijke effecten op aquatische organismen kunnen optreden. Dit kan variëren van verandering in gedragspatronen tot zelfs sterfte.

Onderzoek dat gericht is op effecten op organismen heeft met name betrekking op het aspect sterfte. Hoewel er een grote variatie is aan organismen die voorkomen in oppervlaktewateren, en daarmee een grote variatie in optredende effecten, kan in het algemeen gesteld worden dat een watertemperatuur van 25 °C reeds letaal is voor de meest gevoelige organismen zoals zeeforel en spiering (zalmachtigen).

De meest voorkomende aquatische organismen in Nederland (bijv. karperachtigen, algen) hebben een enigszins lagere gevoeligheid. Voor deze organismen biedt een maximumtemperatuur van 30 °C meestal voldoende bescherming. Een aantal vissoorten (brasem, karper) overleeft zelfs temperaturen tot 35 °C. Baarsachtigen hebben een gevoeligheid die overeenkomt met de karperachtigen, met uitzondering van de pos (sterfte bij 25 °C).

Bij algen kan een verschuiving optreden in dominantie van voorkomende soorten, namelijk van overwegend groene algen naar overwegend blauwe algen. De groei van blauwalgen neemt toe tot ongeveer 32 °C. Het opti-

⁴ Industriële koelwaterlozingen: koelsystemen en emissies. RIZA-nota 95.050.

⁵ Hoge watertemperaturen 1994: gevolgen voor organismen, koelwaterlozingen en stroomvoorziening. Ministerie van Economische Zaken/Ministerie van Verkeer en Waterstaat, RIZA-nota 94.064

mum voor toxinevorming ligt echter tussen 20-25 °C. Zoals bekend zijn blauwalgen in staat toxinen te produceren die schadelijke effecten kunnen hebben op aquatische organismen en mogelijk ook voor de mens gevaarlijk zijn.

Bij macrofaunasoorten tenslotte zijn letale temperaturen gemeten van 27 °C (zoetwatergarnalen) tot 30 °C voor watervlooien en 31 °C voor driehoeksmosselen.

De letale effecten zijn vastgesteld in testen met een verblijftijd van 1000 minuten. Hierbij hebben de organismen voldoende tijd gekregen om te acclimatiseren.

Zoutwatervissen zijn eveneens gevoelig voor hoge temperaturen. Met name platvissen (schol, bot, schar) worden in het traject van 25-28 °C direct bedreigd (sterfte). Haringachtigen zijn nog gevoeliger. Voor macrofaunasoorten in zeewater en zee gras zijn letale temperaturen gemeten tussen de 23-29 °C.

Op basis van bovenstaande gegevens heeft men gekozen voor een maximale temperatuur in het koelsysteem van 30 °C waarbij voor de meest algemene aquatische organismen een voldoende beschermingsniveau bestaat. Bij dit temperatuurmaximum (mede in relatie tot de maximale temperatuursprong over het koelsysteem) is bovendien bedrijfstechnisch een goede werking van koelsystemen gewaarborgd.

In oppervlaktewater, althans buiten de mengzone, dient de maximale temperatuur niet hoger te zijn dan 25 °C om alle aquatische organismen voldoende beschermingsniveau te bieden.

De gevoeligheid voor temperatuurveranderingen is eveneens onderzocht. Ook hier zijn de zalmachtigen (zalm, forel) de meest gevoelige vissoorten in vergelijking met baars- en karperachtigen. De aanvaardbare temperatuursprong varieert respectievelijk van 3 °C tot 12 °C bij een achtergrondtemperatuur van 20 °C. Bij lagere achtergrondtemperaturen neemt de gevoeligheid af. Een temperatuurverandering van 16-19 °C bij een achtergrondtemperatuur van 5 °C blijft nog zonder gevolgen voor organismen. Overigens is ook de snelheid van temperatuurverandering van belang. Een opwarming of afkoeling van 1 °C per uur wordt doorgaans als aanvaardbaar bestempeld.

Op basis van deze gegevens heeft men gekozen voor een maximale opwarming in het koelsysteem van 7 °C (10 °C in zout water) in de zomer tot 15 °C in de winter. Doordat gerekend wordt met reële maximale temperaturen in de zomer van 23 °C in zoete wateren en 20 °C in zoute (kust)wateren zal hierdoor ook de maximale temperatuur niet overschreden worden.

Daar de lozing van koelwater vaak plaats vindt bij een temperatuur die boven de 25 °C ligt, zullen de grootste risico's voor aquatische organismen optreden in de mengzone van dergelijke lozingen. In de directe omgeving van het lozingspunt kan er zelfs sprake zijn van een letale zone binnen de mengzone.

De aldaar optredende watertemperaturen kunnen bijvoorbeeld een belemmering vormen voor de vestiging van bepaalde macrofauna-organismen als mosselen, zoetwatergarnalen en watervlooien. Van vissoorten die gevoelig zijn in het temperatuurtraject van 25-30 °C, mag verwacht worden dat zij de letale zone zullen vermijden ('avoidance-strategie'). Als er sprake is van discontinue lozingen in plaats van stationaire lozingen, kunnen ook deze

organismen negatieve effecten ondervinden als zij in de omgeving van het lozingspunt verblijven.

Een voorbeeld van optredende effecten is ook de hoge concentratie vissen met een lage temperatuurgevoeligheid bij koelwateruitlaten welke in de winter kan zorgen voor problemen doordat de vissen een onnatuurlijk hoge stofwisseling hebben en niet in staat zijn voldoende voedsel te vinden. Bij roofvissen (snoekbaars) rond de Flevocentrale in Lelystad is dan ook inderdaad geconstateerd dat relatief veel dieren een verslechterde conditie vertonen.

Vermeldenswaardig is voorts de verhoogde kans op het ontstaan van botulisme bij temperaturen die hoger zijn dan 20 °C. De temperatuur is hierbij overigens slechts één van de omgevingsfactoren die een rol spelen. Het voorkomen van onder meer een eiwitsubstraat (kadavers) en een zuurstofloze omgeving zijn andere factoren van belang. Met name in ondiepe oeverzones ontstaan hierdoor problemen. Warmtelozingen kunnen in dergelijke situaties bijdragen aan vergroting van de probleemzone (sub-letale effecten).

De precieze omvang van de effecten op organismen in oppervlaktewateren is nauwelijks te kwantificeren. Een en ander heeft te maken met de onzekere oorzaak-gevolg relatie en de hoge kosten van populatieonderzoek in aquatische systemen.

Los van de effecten die per afzonderlijk lozingspunt kunnen worden verwacht, zal een watersysteem effect ondervinden doordat warmte-emissies in een watersysteem een cumulatief karakter kunnen hebben. Dat wil zeggen dat de mengzones van verschillende warmte-emissies elkaar overlappen. Illustratief voor dit verschijnsel is bijvoorbeeld de stelling van de Natuurbeschermingsraad dat de watertemperatuur van de Rijn sinds het begin van de eeuw, als gevolg van het totaal aan Duitse en Nederlandse warmtelozingen, met circa 4 graden is gestegen en daarmee een bijdrage heeft geleverd aan de achteruitgang van de stand van de zoetwatervissen in Nederland. De KEMA stelt overigens dat de buitenlandse bijdrage bij Lobith varieert van gemiddeld 0,7 °C in de winter tot 1,6 °C in de zomer⁶. In beginsel dient in de rekenmethodiek hiermee rekening te worden gehouden (zie hoofdstuk 4), doch in de praktijk blijkt het zeer gecompliceerd om één en ander te kwantificeren.

Een nog onvermeld, en vaak ook onderschat, effect van koeling met behulp van oppervlaktewater is de schade die organismen ondervinden bij het onttrekken van koelwater en de passage door het koelwatersysteem. Hoewel er temperatuurvoorschriften worden gesteld om de overlevingskans van reeds ingetrokken organismen te vergroten, blijkt een zeker sterftepercentage onvermijdelijk te zijn als gevolg van mechanische schade. Beperking van dit probleem kan plaatsvinden door viswerende maatregelen te treffen (onder meer op basis van licht of geluid), de positie en vorm van het inlaatwerk te optimaliseren of de instroomsnelheid bij het inlaatwerk te verlagen tot minder dan 0.1-0.3 m/s. Op passief bewegende organismen als vislarven, mossellarven en planten(resten) hebben deze maatregelen geen effect. De problematiek rond intrek van aquatische organismen en hoe een waterkwaliteitsbeheerder daarmee om kan gaan (wettelijk kader) is nader uitgewerkt in een FWVO-nota ⁷.

.....
⁶ Koelwaterpluimen in rivieren en migrerende vis. KEMA, juli 1994.

⁷ Visintrek door grootschalige koelwaterinname: problematiek en aanbevelingen. FWVO-werkgroep Koelwaterinname, jan. 1996, nota 96.01

3.3 Warmte-emissies in huidige Wvo-vergunningen

3.3.1 Directe lozingen

De directe lozing van warmte op oppervlaktewater is vergunningplichtig ingevolge artikel 1, lid 1 van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren. In de Wvo-vergunning die verbonden is aan deze lozing, dienen voorschriften gesteld te worden voor onder meer de maximale temperatuur (T_{uit}), het maximale debiet (Q_k) en de maximale warmtevracht (P) van de lozing. Tussen deze parameters bestaat overigens een vaste relatie volgens formule (1):

$$P \text{ [J/s]} = (T_{uit} - T_a) \text{ [K]} * Q_k \text{ [m}^3\text{/s]} * \rho \text{ [kg/m}^3\text{]} * c_p \text{ [J/kg.K]} \quad (1)$$

waarin:

- P = warmtevracht;
- $T_{uit} - T_a$ = temperatuurverschil tussen lozingstemperatuur en achtergrondtemperatuur;
- Q_k = koelwaterdebiet;
- ρ = dichtheid van water (gesteld op 1.000);
- c_p = soortelijke warmte van water (gesteld op 4.187)

De relatie tussen de emissie van warmte en de (immissie-)doelstelling van het ontvangende oppervlaktewater is, voor de koelwaterlozingen van elektriciteitscentrales en procesindustrieën waar grote hoeveelheden koelwater worden gebruikt, uitgewerkt door de Commissie Koelwater Normen (CKN). De CKN heeft in opdracht van de Algemene Beraadsgroep Koelwater (ABK) voor deze lozingen richtlijnen opgesteld. Deze richtlijnen zijn in 1975 verschenen.

In de richtlijnen zijn eisen opgenomen ten aanzien van de maximale lozingstemperatuur en het temperatuurverschil (over de condensors) tussen het ingenomen water en het geloosde water. Deze twee (emissie)normen zijn niet zozeer gericht op bescherming van het ontvangende oppervlaktewater, doch hebben als functie de organismen in de koelwaterstroom zoveel mogelijk te beschermen. Daarnaast is de eis opgenomen met betrekking tot een maximale opwarming gemiddeld over het dwarsprofiel van de rivier (3 °C). In 1981 zijn in aanvulling hierop specifieke richtlijnen voor het Amsterdam-Rijnkanaal en het Noordzeekanaal verschenen.

De ABK-richtlijnen zijn opgenomen in het derde Indicatief Meerjarenprogramma Water⁸ en grotendeels overgenomen in bijlage 1. Bij de koelwaterlozingen van elektriciteitscentrales en een aantal grote industriële bedrijven, worden de ABK-richtlijnen momenteel door de waterkwaliteitsbeheerders vrijwel altijd toegepast. In september 1992 heeft de Afdeling voor geschillen van bestuur van de Raad van State geconcludeerd (uitspraak G05.90.0990) dat ".... ten tijde van de bestreden beschikking deze (ABK-)richtlijnen inmiddels ook gehanteerd werden bij grote industriële koelwaterlozingen Verweerder heeft zich dan ook naar het oordeel van de Afdeling op goede gronden bij de bepaling van de temperatuur van het koelwater laten leiden door genoemde richtlijnen." Deze uitspraak had betrekking op het hanteren van de eis van 30 °C en niet op andere aspecten van de richtlijn, doch geeft wel in voldoende mate aan dat de ABK-richtlijnen van toepassing (kunnen) zijn op koelwaterlozingen uit de procesindustrie.

Bij andere warmtelozingen wordt door een aantal kwaliteitsbeheerders van

.....

⁸ Indicatief Meerjarenprogramma Water 1985-1989. Tweede Kamer 1984/85, 19 153, nrs. 1-2

Rijkswateren, om pragmatische redenen, als grens een waarde van 8 MW aangehouden. Lozingen die een warmtevracht bevatten die kleiner is dan 8 MW, en bij een aantal waterkwaliteitsbeheerders ook de grotere lozingen, worden dan slechts beperkt ten aanzien van de maximale temperatuur en het maximale debiet. De waterkwaliteitsbeheerder maakt in een dergelijk geval een zeer globale inschatting van het effect van de te lozen warmtevracht op het ontvangend oppervlaktewater.

Ook bij de andere overheden (waterschappen en provincies) zijn veel verschillen herkenbaar in de opgenomen vergunningvoorschriften. Zo worden in sommige gevallen in het geheel geen eisen gesteld aan het te lozen koelwater. In andere gevallen worden zelfs uitgebreide voorschriften gesteld, onder meer ten aanzien van zuurstofgehalte en CZV-gehalte.

Naast lozingen uit doorstroomkoelsystemen vinden er lozingen plaats van thermisch verontreinigd proceswater, opgewarmd grond- en leidingwater en afvalwaterspui van koeltorens. In de praktijk wordt hierbij vaak slechts een maximumtemperatuur (doorgaans van 30 °C) voorgeschreven en wordt de immissie-benadering niet toegepast en derhalve ook de maximale warmtevracht niet gelimiteerd. Derhalve zijn er ook geen eisen verbonden aan de maximaal te lozen warmtevracht. Op basis van informatie afkomstig uit Wvo-Info⁹ blijkt overigens dat ook andere waarden voor de maximale temperatuur kunnen voorkomen in de range van 20 °C tot 50 °C.

3.3.2 Indirecte lozingen

Warmte-emissies die afgevoerd worden naar de riolering en rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) kunnen slechts gereguleerd worden in de Wvo als de betrokken bedrijven aangewezen zijn in een AMvB op grond van artikel 1, tweede lid en artikel 31, vierde lid van de Wvo. De waterkwaliteitsbeheerder zal weliswaar in het algemeen concluderen dat een warmte-emissie de werking van de rwzi kan bevorderen, maar tevens dat de extra hydraulische belasting niet acceptabel is in relatie tot de zeer geringe BZV-belasting. Slechts afvalwater dat, naast warmte, verontreinigd is met zuurstofbindende stoffen zal indirect worden geloosd.

De beheerder zal daarnaast overwegen dat warmte een effect heeft op de riolering, bijvoorbeeld in de vorm van aantasting van de verbindingen tussen betonnen rioolgedeelten en sterkere groei van anaerobe organismen waardoor stankproblemen en problemen met krooncorossie kunnen toenemen. Om deze problemen te voorkomen, wordt er momenteel van uitgegaan dat de lozingstemperatuur niet hoger mag zijn dan 30 °C als het gaat om lozingen van enige omvang. Deze eis wordt bij indirecte lozingen ook gehanteerd op basis van de gemeentelijke lozingsverordening en de opvolger daarvan (zie p. 18).

Wordt om bovengenoemde redenen de indirecte lozing niet acceptabel geacht, dan zal de lozing anderszins dienen plaats te vinden, bijvoorbeeld door direct op oppervlaktewater te lozen. De beoordeling van de aanvaardbaarheid hiervan komt verderop in deze nota aan de orde. Indien een indirecte lozing niet bezwaarlijk is of vanuit het oogpunt van doelmatige verwerking juist gewenst is (bijvoorbeeld als het water verontreinigd is met biologisch afbreekbare componenten), wordt deze voor wat betreft het aspect warmte zonder extra maatregelen en conform de aanvraag verleend.

.....

⁹Wvo-Info: het informatiesysteem van Rijkswaterstaat voor vergunningverlener, handhaver en manager op het gebied van de Wvo.

Bedrijven die niet in bovengenoemde AMvB zijn aangewezen, hebben doorgaans een beschikking op grond van de gemeentelijke lozingsverordening. Deze is met ingang van 1 maart 1996 vervangen door een drietal AMvB's op grond van artikel 8.40 en artikel 10.16 van de Wm. Hierin worden eisen opgenomen teneinde de riolering te beschermen. Een aantal eisen zijn opgenomen in een zogenaamde vangnetbepaling die voor alle categoriën bedrijven van toepassing is. Deze vangnetbepaling heeft o.m. tot doel de doelmatige werking van het openbaar riool te waarborgen, doordat slechts bedrijfsafvalwater mag worden geloosd dat gezien de samenstelling, eigenschappen en hoeveelheid ervan niet tot een belemmering leidt.

Uit de nota van toelichting blijkt dat enkele voorschriften uit de modellozingsverordening 1992 geacht worden onder de werkingssfeer van de vangnetbepaling te vallen. Ten aanzien van de temperatuur is de eis van 30 °C als maximumtemperatuur overgenomen. Deze eis is (opzettelijk) in de bepaling zelf niet uitgeschreven, daar er in de praktijk situaties voor kunnen komen waarin van een belemmering van de doelmatige werking geen sprake is, ook niet wanneer bedrijfsafvalwater niet voldoet aan de eisen zoals bedoeld in de vangnetbepaling. Deze situaties hebben, volgens de nota van toelichting, met name betrekking op de (korte) duur van bepaalde lozingen.

3.3.3 Handhaving

De handhaving van de vergunningvoorschriften is gebaseerd op meting van de maximale temperatuur, het lozingsdebiet en eventueel het verschil in temperatuur tussen ingenomen en geloosd afvalwater. Met deze parameters is ook de totaal geloosde warmtevracht bepaald volgens formule (1). De vergunninghouder dient hiertoe adequate meetapparatuur te plaatsen. De temperatuur van water kan gemeten worden met een nauwkeurigheid van 0,1 °C. Voor directe (akoestische) debietmeting is apparatuur beschikbaar met een nauwkeurigheid van 2-5%. Een indirecte debietmeting, waarbij de pompcapaciteit en het aantal draaiuren van de pompen worden geregistreerd, is eveneens aanvaardbaar.

Er vindt derhalve nadrukkelijk geen handhaving plaats door de omvang van de mengzone 'in situ' te meten. Onderzoek naar de omvang van de mengzone kan vanzelfsprekend wel worden verricht, met name door de vergunningverlener, om te bezien of de berekende inschatting hierover juist was.

4. Werkwijze in WVO-vergunningen

In de vergunningverlening ten behoeve van de emissie van warmte wordt vaak een onderscheid gemaakt in lozingen afkomstig van elektriciteitsproductiebedrijven en lozingen afkomstig van industriële bedrijven en in grote respectievelijk kleine lozingen. Het is vaak onbekend dat de ABK-richtlijnen eveneens betrekking kunnen hebben op industriële bedrijven. Ook wordt bij kleine(re) lozingen ervan uitgegaan dat de immissie acceptabel is, terwijl dit sterk afhangt van het ontvangende oppervlaktewater. Tenslotte is er ook vaak sprake van onbekendheid met de berekeningswijze voor de immissie-toetsing.

Daarnaast wordt vaak *geen* onderscheid gemaakt tussen lozingen van opgewarmd oppervlaktewater en lozingen van thermisch verontreinigd proceswater of opgewarmd grondwater. Dit onderscheid is echter wel van belang, gezien de achtergronden die horen bij de ontstaansgeschiedenis van de temperatuurnormen (zie § 3.2).

Een uniforme en duidelijke invulling van Wvo-vergunningen is het best te bereiken door een tweedeling te maken in **emissie-aspecten** en **immissie-aspecten**. Een chronologisch toetschema ten behoeve van warmte-emissies is aan het eind van dit hoofdstuk opgenomen.

Emissie-aspecten:

1 Bij doorstroomkoeling met oppervlaktewater is het aan te bevelen aansluiting te zoeken bij de richtlijnen dienaangaande zoals geformuleerd door de ABK. Dat wil zeggen dat de maximale lozingstemperatuur 30 °C is en het verschil tussen de achtergrondtemperatuur en de temperatuur van het geloosde water niet hoger is dan 7 °C in de zomer tot 15 °C in de winter. Wanneer gekoeld wordt met zout of brak water, kan in de zomer een temperatuursprong van 10 °C geaccepteerd worden. Het temperatuurverschil geldt ten opzichte van de achtergrondtemperatuur, dat wil zeggen die temperatuur waarbij geen invloed van onderhavige warmtelozing optreedt (zie pagina 21 t.a.v. recirculatie). Bovendien geldt het maximale temperatuurverschil in het gehele koelsysteem en niet slechts bij de in- en uitlaat van het koelsysteem. Tussen de uitersten in de zomer en de winter zal een geleidelijke overgang worden vastgelegd. Deze overgang volgt bij voorkeur de doorgetrokken lijn in figuur 1 op pagina 20. Bij het volgen van deze lijn blijft de temperatuurverandering zo lang mogelijk op een laag niveau. In het verloop van de doorgetrokken lijn zijn echter variaties mogelijk, afhankelijk van het procesontwerp en specifieke bedrijfsomstandigheden. Bij bestaande lozingen kan een overgang volgens de onderbroken lijn geaccepteerd worden. De twee lijnen vormen in feite de twee uitersten die van belang zijn bij de dimensionering van het koelsysteem. In de vergunning kan zowel een figuur vergelijkbaar met figuur 1 worden ingevuld, als een tabelvorm.

Vanzelfsprekend kunnen deze voorschriften bij nieuwe lozingen direct worden toegepast. Het is met name bij nieuwe elektriciteitsenheden reeds gebruikelijk om deze voorschriften als randvoorwaarden voor de ontwerp-fase mee te nemen.

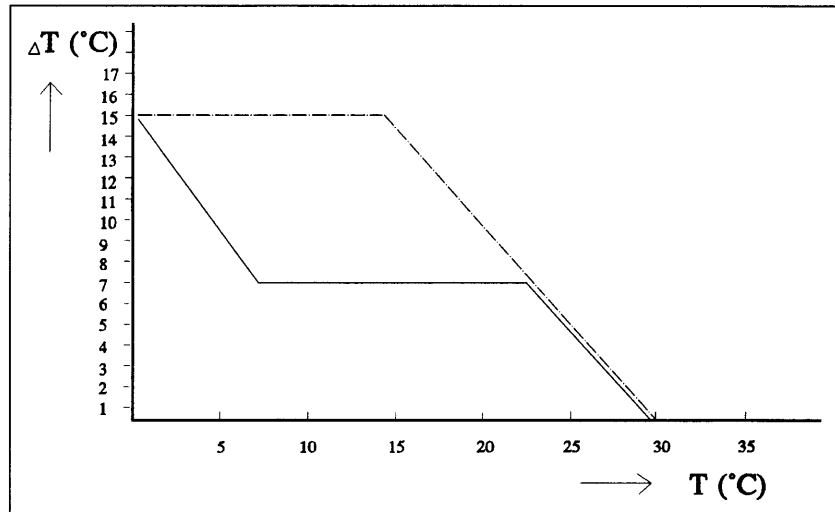
Bij bestaande lozingen, voor zover deze niet reeds aan deze voorschriften voldoen, gaat dat minder eenvoudig. In dergelijke situaties dient onder

meer afgewogen te worden of het koelsysteem door fysische (bijv. grote drukverschillen voor en achter de koelwaterpompen) en chemische (bijv. als er voortdurende schadelijke toevoegingen worden gebruikt) eigenschappen reeds een geringe kans op overleving voor organismen biedt en of het hanteren van bovengenoemde voorschriften leidt tot (zeer) grote investeringen in nieuwe en/of verbeterde koelsystemen.

Indien een aanpassing van het koelsysteem om ecologische of economische redenen niet zinvol en/of haalbaar is, legt men in de vergunning vast wat wel haalbaar is.

Indien op basis van calculaties blijkt dat de waterkwaliteitsdoelstellingen worden overschreden kan, op basis van deze nieuwe inzichten, ook bij bestaande lozingen een beperking hiervan worden opgelegd.

.....
Figuur 1
Relatie tussen uitlaattemperatuur (T) en
temperatuursprong over het koelwater-
systeem (ΔT)



2 In geval van doorstroomkoeling met grondwater of drinkwater, recirculatiekoeling of lozing van thermisch verontreinigd proceswater, zijn de bij 1. genoemde voorschriften minder zinvol. In deze gevallen is immers een bescherming van organismen in het koelsysteem niet relevant. Als dergelijke lozingen aan de orde zijn, wordt slechts getoetst aan de immissie-aspecten (zie bij punt 3).

Wel wordt aanbevolen om bij nieuwe lozingen te streven naar een zo laag mogelijke maximumtemperatuur (bijv. 30 °C of lager) om zodoende de risico's in de mengzone zoveel mogelijk te beperken.

Immissie-aspecten:

3 *Alle* lozingen van warmte dienen in beginsel getoetst te worden aan de geldende waterkwaliteitsdoelstellingen. De belangrijkste parameter die hiermee getoetst wordt, is de te lozen warmtevracht in MW. Vanzelfsprekend zal een lozing van slechts enkele MW op ruim ontvangend oppervlaktewater zelden leiden tot overschrijding van kwaliteitsdoelstellingen, terwijl dat wel het geval kan zijn bij dezelfde lozing in nauwelijks stromende wateren zoals kanalen of kleine sloten en plassen. In het eerste geval zal een uitgebreide toetsing niet noodzakelijk zijn, maar in het tweede geval des te meer. Het is de taak van de waterkwaliteitsbeheerder om vooraf te bepalen welke beïnvloeding van het oppervlaktewater nog aanvaardbaar wordt geacht (gedefinieerde mengzone). De richtlijnen van de ABK geven slechts voor een beperkt aantal wateren (rivieren en het Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal) de precieze aard en omvang van de toelaatbare beïnvloeding van het oppervlaktewater. Voor alle overige wateren is geen exacte definitie van de mengzone gegeven, doch deze kan mogelijk afgeleid worden door zoveel mogelijk aan te sluiten bij de ABK-richtlijnen. De hierna-

volgende paragrafen gaan per type oppervlaktewater in op de te kiezen mengzone en de toetsing aan de kwaliteitsdoelstellingen. De toetsing vindt plaats door de netto warmtevracht in relatie te brengen met de gedefinieerde mengzone en de kwaliteitsdoelstellingen die gelden op de grens van de mengzone. Daarnaast kan het in voorkomende gevallen nodig zijn om aanvullende eisen te stellen, bijvoorbeeld ten aanzien van watersystemen waar een reëel gevaar bestaat voor het optreden van botulisme.

In beginsel dient men te voorkomen dat **recirculatie** optreedt.

Recirculatie is in feite niets anders dan het verschijnsel dat bij de inlaat een temperatuurverhoging optreedt als gevolg van de eigen warmtelozing. Indien een waterkwaliteitsbeheerder vermoedt dat recirculatie optreedt, dient deze te (laten) onderzoeken of een kwantificering mogelijk is. Aan de hand van de uitkomsten van dit onderzoek bepaalt de beheerder of een correctie op maximaal toegestane temperatuursverhoging nodig is. Bij deze correctie wordt de voorlast bij het inlaatpunt als gevolg van de warmtelozing in mindering gebracht op de normaal toegestane temperatuurverhoging in het koelsysteem. Als niet zeker is of er recirculatie optreedt en/of de kwantificering hiervan nog niet heeft plaatsgevonden, krijgt het bedrijf het voordeel van de twijfel en vindt geen correctie plaats totdat door onderzoek het tegendeel is aangetoond.

Recirculatie kan worden voorkomen door in- en uitlaatwerken optimaal te situeren, maar eventueel ook door het plaatsen van fysische barrières.

Voorkomen van recirculatie is belangrijk omdat de (noodzakelijke) correctie op de temperatuursprong leidt tot een groter gebruik van koelwater waardoor onder meer grotere pompen nodig zijn (energieverbruik) en de intrek van aquatische organismen zal toenemen.

Indien uit de berekeningen volgt dat een warmtelozing leidt tot overschrijding van waterkwaliteitsdoelstellingen buiten de mengzone, mag de waterkwaliteitsbeheerder van het bedrijf verlangen dat deze binnen afzienbare tijd (bijv. 6 maanden) onderzoek verricht naar de mogelijkheden om de te lozen warmtevracht tot een aanvaardbaar niveau terug te brengen. De tijd waarbinnen de uiteindelijke uitvoering van de beschreven maatregelen moet zijn verricht, is niet exact aan te geven. Dit zal sterk afhangen van de investeringskosten en de technische realisatieduur (omvang van het bedrijf) maar gedacht moet worden aan een termijn van minimaal één tot enkele jaren.

In **riviersystemen** is een quick-scan-toetsing mogelijk door de koelcapaciteit van de rivier te bepalen met de formule (2):

$$k_c \text{ [W]} = \Delta T_m \text{ [K]} * Q \text{ [m}^3\text{/s]} * \rho \text{ [kg/m}^3\text{]} * c_p \text{ [J/kg.K]} \quad (2)$$

waarin:

- k_c = koelcapaciteit van de rivier;
- ΔT_m = toelaatbare temperatuurverhoging gemiddeld over het dwarsprofiel van de rivier;
- Q = rivierdebiet;
- ρ = soortelijk gewicht van water (gesteld op 1.000);
- c_p = warmtevermogen van water (gesteld op 4.187).

De maximaal toelaatbare warmtevracht (dat wil zeggen bij de laagste koelcapaciteit) bereikt men door voor het rivierdebiet een afgesproken maatgevende lage afvoer in te vullen.

In een rivier met een debiet van 1 m³/s en de functie 'water voor karperachtigen' is de maximale koelcapaciteit derhalve 12.5 MW. Dit betekent dat een lozing van 12.5 MW in deze situatie nog acceptabel is.

Anders wordt het als op het riviersysteem meerdere lozers aanwezig zijn. Na elke (stroomopwaartse) lozing dient het oppervlaktewater in beginsel

afgekoeld te zijn tot het natuurlijke niveau om cumulatie van warmte te vermijden. Indien dat niet het geval is, dient de voor-opwarming door stroomopwaartse lozingen bij de volgende lozing in beschouwing te worden genomen. Als bijvoorbeeld in bovengenoemd riviersysteem een stroomopwaartse lozing nog altijd leidt tot een temperatuurverhoging van 1 °C bij het volgende (warmte)lozingspunt, mag deze tweede lozing slechts leiden tot een verhoging van 2 °C (nl. $\Delta T - 1$) ten opzichte van de natuurlijke temperatuur en rest deze lozer een koelcapaciteit van 8.4 MW. Als een waterkwaliteitsbeheerder onvoldoende inzicht heeft in het effect van nabijgelegen bovenstroomse lozingen, dan dient deze onderzoek te (laten) verrichten om dit effect te kwantificeren. Indien uit bovenstaande formule blijkt dat de warmtelozing kritisch is ten opzichte van de kwaliteitsdoelstellingen, kan met een meer geavanceerde modellering getracht worden een nauwkeuriger inzicht te krijgen in de toelaatbare warmtelozingen. Een geschikt model hiervoor is het model SOBEK, dat een vervanging vormt van reeds bestaande modellen (o.a. ZWENDL) van het Waterloopkundig Laboratorium en het RIZA. SOBEK is een 1-dimensionaal model, dat wil zeggen dat de menging over de verticaal en de breedte van de rivier als volledig wordt verondersteld, doch dat in de lengterichting temperatuurverschillen kunnen worden voorspeld op basis van onder meer windrichting en dispersiecoëfficiënten. Het model is ook geschikt om stroomopwaarts aanwezige warmtelozingen mee te wegen. Benadrukt wordt dat gezien de tijd en (aanschaf)kosten die gemoeid zijn bij de berekeningen met SOBEK, in eerste instantie via de eenvoudige methode een inschatting dient te worden gemaakt.

Bij **getijderivieren** volgt de waterkwaliteitsbeheerder dezelfde aanpak als hierboven. In formule (2) wordt dan echter niet het debiet ingevuld, maar het getijdvolume in m³ gedeeld door het aantal seconden in een getijdeperiode.

Voor **kanalen** wordt, in navolging van de ABK-richtlijnen, een andere benadering gekozen. Allereerst wordt een standpunt ingenomen ten aanzien van de omvang van de mengzone als percentage van het kanaaloppervlak. Het kanaaloppervlak is hierin gedefinieerd als dat deel van het kanaal dat een fysische eenheid vormt.

De omvang van de mengzone kan gelijk zijn aan de waarde die voor het Amsterdam-Rijnkanaal en het Noordzeekanaal is ingevuld (20%), doch op basis van specifieke kenmerken (bijv. in verband met ecologische functies) van het kanaal is een andere waarde eveneens mogelijk. Deze standpuntsbepaling wordt altijd door de waterkwaliteitsbeheerder verricht. De beheerder dient hierbij rekening houden met fysische barrières die een verdere verspreiding van warmte belemmeren. Met name geldt dit bij kanalen die in afzonderlijke panden zijn verdeeld en bij polderkanalen. Indien de omvang van de mengzone bekend is, kan een relatie worden gelegd met de toelaatbare totale warmtelozing. Een bruikbare formule hiervoor is (3):

$$F \text{ [m}^2\text{]} = \frac{s * P \text{ [J/s]}}{k \text{ [J/s.m}^2\text{.K]} * (\Delta T_{\text{uit}} - \Delta T_a) \text{ [K]}} * \ln \frac{(\Delta T_{\text{uit}} - \Delta T_a) \text{ [K]}}{s * \Delta T_m \text{ [K]}} \quad (3)$$

waarin:

- F = mengzone-oppervlakte;
- s = mengfactor bij lozingspunt (gesteld op 1);
- P = het toelaatbare warmte-vermogen;
- k = warmteoverdrachtscoëfficiënt voor koeling aan de lucht (gesteld op 40);

$$\begin{aligned}\Delta T_{\text{uit}} - \Delta T_{\text{a}} &= \text{temperatuurverschil tussen lozingstemperatuur en achtergrondtemperatuur;} \\ \Delta T_{\text{m}} &= \text{toelaatbare temperatuurverhoging aan de rand van de mengzone.}\end{aligned}$$

De mengfactor s kan verhoogd worden door het plaatsen van diffusors. Bij elektriciteitscentrales kan hierbij een factor van ongeveer 2 worden bereikt. Overige bedrijven, waarbij het doorgaans om aanmerkelijk kleinere koeldebieten gaat, kunnen een factor tot ongeveer 50 bereiken. Dit is echter afhankelijk van het ontwerp van de diffusor en de hoeveelheid geloosd afvalwater ten opzichte van de hoeveelheid ontvangend oppervlaktewater. De warmteoverdrachtcoëfficiënt bereikt een laagste waarde in de winter bij windstil weer. Voor dergelijke worst-case situaties kan een coëfficiënt van 20 worden gehanteerd. In formule (3) zitten een aantal aannames vervat. Zo wordt uitgegaan van een stilstaand water en is het kanaal beschouwd als een volledig gemengde bak. Deze benadering dient dan ook beschouwd te worden als een indicatieve methode om de koelcapaciteit te bepalen. Door gerichte monitoring, zowel de vergunningnemer als de waterkwaliteitsbeheerder kunnen dit doen, van het temperatuurverloop van het kanaal kan bepaald worden of een nauwkeuriger inzicht in de koelcapaciteit gewenst is. De toelaatbare warmte-emissie welke met deze formule berekend wordt, kan opgevuld worden door één lozer of meerdere lozers. In het laatste geval geldt dat nieuwe lozingen geweigerd kunnen worden als de totale koelcapaciteit van het kanaal(deel) opgevuld is.

Bij kanalen met een debiet van enkele m^3/s of meer, is het nauwkeuriger de mengzone te berekenen volgens formule (4) en (5):

$$F [\text{m}^2] = \frac{\ln \frac{\Delta T_{\text{m}} [\text{K}]}{\Delta T_{\text{b}} [\text{K}]} * Q [\text{m}^3/\text{s}] * \rho [\text{kg}/\text{m}^3] * C_p [\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}]}{k [\text{J}/\text{s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}]} \quad (4)$$

en

$$\Delta T_{\text{b}} [\text{K}] = \frac{P [\text{J}/\text{s}]}{Q [\text{m}^3/\text{s}] * \rho [\text{kg}/\text{m}^3] * c_p [\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}]} \quad (5)$$

en

$$\Delta T_{\text{m}} > \Delta T_{\text{b}}$$

waarin:

- F = mengzone-oppervlakte;
- ΔT_{m} = toelaatbare temperatuurverhoging aan het eind van de mengzone;
- ΔT_{b} = gemiddelde temperatuurverhoging aan het begin van de mengzone;
- Q = kanaaldebiet;
- ρ = soortelijk gewicht van water (gesteld op 1.000);
- c_p = warmtevermogen van water (gesteld op 4.187);
- k = warmteoverdrachtcoëfficiënt (gesteld op 40);
- P = warmtevracht.

Ook voor kanalen geldt dat een meer geavanceerde modellering mogelijk is met behulp van het model SOBEK.

Voor **grote meren** zijn geen concrete aanknopingspunten in de ABK-richtlijnen te vinden. Een mogelijke optie is aansluiting te zoeken bij de richtlijn die voor kanalen geldt. Ook dan geldt dat de waterkwaliteitsbeheerder een

standpunt moet innemen inzake de omvang van de mengzone. Zo is bij de berekening van de koelcapaciteit van het IJmeer¹⁰ uitgegaan van een mengzone die 10% bedraagt van de totale oppervlakte van het meer. De koelcapaciteit van grote meren is niet in te schatten met dezelfde formules zoals die voor rivieren en kanalen worden toegepast. Bij de berekeningen van de koelcapaciteit van het IJmeer is gebruikt gemaakt van een zgn. stationair radiaal-symmetrisch model. Dit is een (quasi) 2D-model waarin de warmte volledig over de vertikaal wordt gemengd en de stroming plaats vindt in een cirkelvormig symmetrisch veld. In het model wordt onder meer rekening gehouden met advectief en dispersief transport¹¹, afkoeling naar de lucht, afvoer van warmte via doorspoeling van het meer en het effect van recirculatie, dat wil zeggen van terugkerende warmtestromen. Dit model bewijst ook goede diensten bij een voorspelling van temperatuurverhogingen in de, vaak kwetsbare, oeverzones. Door de uitgangspunten van dit model te veranderen, kan deze functie (temperatuurvoorspelling oeverzones) ook bij rivieren worden toegepast.

Een bijzondere positie waar het gaat om immissie-aspecten wordt ingenomen door de emissie van warmte naar havens. Tot nog toe is nauwelijks geïnventariseerd welke gevolgen warmtelozingen in havens hebben op de waterkwaliteit. Uit de weinige beschikbare gegevens blijkt dat impliciet de gehele haven als mengzone wordt beschouwd en derhalve in de gehele haven een temperatuursprong van meer dan 3 °C wordt bereikt. Door de geringe(re) verversingsgraad in havens, hebben deze doorgaans een kleinere koelcapaciteit als rivier- en kanaaldelen van vergelijkbare oppervlakte. Een deel van de warmtepluim zal vervolgens uit de haven 'lekker' richting het aangrenzende watersysteem. In beginsel dient de waterkwaliteitsbeheerder ook deze situatie te toetsen. Vooralsnog lijkt het raadzaam bovengenoemde situatie te handhaven, met dien verstande dat de warmtelozing getoetst wordt aan de koelcapaciteit van de haven. Dat wil zeggen dat de grens van de haven met het aangrenzende watersysteem gezien wordt als de grens van de mengzone. De toelaatbare warmtevracht die in de haven kan worden geloosd, valt dan af te leiden uit (3) of (4) indien gegevens over het havendebiet beschikbaar zijn. Indien het innamepunt van koelwater eveneens in de haven ligt, is er een grote kans dat recirculatie optreedt. Hiervoor dient in de vergunningverlening gecorrigeerd te worden (zie pagina 21).

De waterkwaliteitsbeheerder zal moeten bepalen hoe zij de toelaatbare warmtevracht over diverse betrokkenen verdeelt. In beginsel geldt het principe 'wie het eerst komt, wie het eerst maalt'. De warmtepluim die uit de haven 'lekt', kan effect hebben op de toelaatbaarheid van warmtelozingen in het watersysteem op korte afstand van de haven. Daarnaast kan de warmtepluim tot problemen leiden als deze invloed uitoefent op eventueel aanwezige ondiepe en ecologische belangrijke oeverzones. Voorgesteld wordt dan ook deze warmtepluim eveneens te toetsen aan de immissiedoelstellingen. De pluim is dan te beschouwen als een puntlozing vanaf de grens van de haven en het watersysteem.

Bij lozingen op andere oppervlaktewateren, zoals **sloten en plassen**, dient ook een toetsing plaats te vinden. In beginsel kan de aanpak die voor rivie-

.....
¹⁰ Maximum koelcapaciteit IJmeer. RIZA-nota 92.064

¹¹ Advectief transport: transport van warmte als gevolg van de koelwaterstroom zelf;
Dispersief transport: transport van warmte als gevolg van klimatologische omstandigheden (m.n. wind).

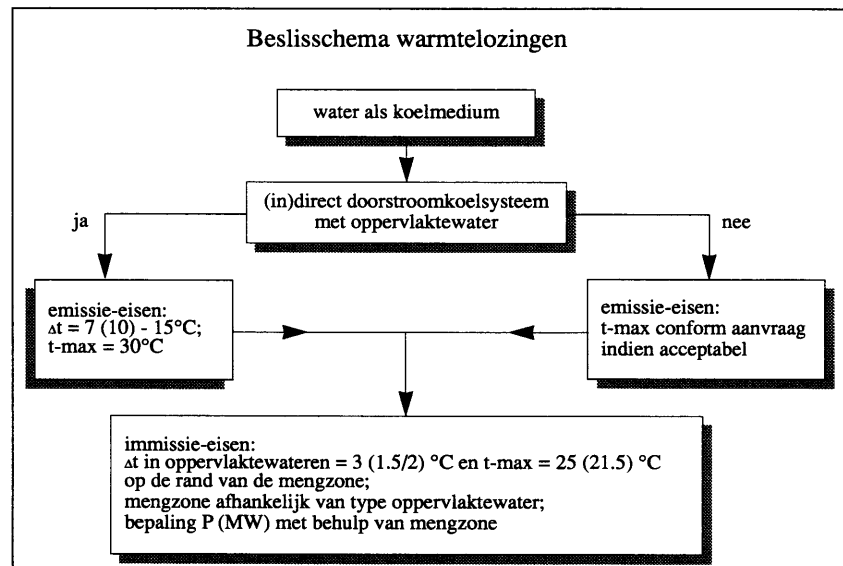
ren geldt bij deze wateren als handvat dienen. Hiervoor ontbreken soms de juiste gegevens, zoals het (ontbreken van) debiet van het oppervlaktewater. In het algemeen wordt voorgesteld de lozingen op deze vaak kleinere oppervlaktewateren zoveel mogelijk te voorkomen, ook al omdat in deze wateren in de zomer regelmatig temperaturen optreden van 23 °C of meer en de koelcapaciteit dan zeer klein is. In overleg met de bedrijven gaat de beheerder na of andere lozings- en/of koelingsopties haalbaar zijn.

Een beperkt aantal lozingen van koelwater vindt plaats op **kleine meren en koelcircuits**. Voor wat betreft deze lozingen is het aan te bevelen de overwegingen uit de koelwaterrichtlijnen van de ABK (zie bijlage 1, onder 3.4) te volgen. Is een (door de ABK voorgestelde) verplaatsing van het lozingspunt niet mogelijk, dan kan de aanpak voor kanalen aanknopingspunten bieden.

Indien uit de berekeningen blijkt dat ook buiten de mengzone de kwaliteitsdoelstellingen worden overschreden, dan dient de lozing zoals die aangevraagd is geweigerd te worden. Het bedrijf dient in dit geval de warmte-lozing op oppervlaktewater te verminderen tot een aanvaardbaar niveau wat wel vergund kan worden.

Dit kan onder andere bereikt worden door het plaatsen van koelsystemen die aan de lucht koelen of door het plaatsen van koeltorens waarbij het koelwater wordt verdampt. Deze nota zal niet verder op dergelijke technieken ingaan (zie hiervoor lit. 4). De uiteindelijke keuze van aangepaste of nieuwe koelsystemen is ten principale aan het bedrijf.

Figuur 2:
Dit schema geeft de hiervoor behandelde problematiek in eenvoudige vorm weer.



5. Ontwikkelingen

Dit hoofdstuk behandelt enige ontwikkelingen die mogelijk een invloed kunnen (gaan) hebben op de toelaatbaarheid van warmtelozingen. Alle in dit hoofdstuk beschreven ontwikkelingen hebben een neutraal of positief effect ten aanzien van de hoeveelheid warmte die in Nederland op oppervlaktewater wordt geloosd en op de risico's die daarmee gepaard gaan. Een kwantificering van de effecten is echter niet mogelijk. Wel is duidelijk dat de aandacht voor (beperkingen van) warmtelozingen toeneemt, met name als gevolg van de warme zomers van de jaren 1994 en 1995. De waterkwaliteitsbeheerders zullen nieuwe en bestaande lozingen meer dienen te toetsen aan de geldende waterkwaliteitsdoelstellingen. Daarnaast staan koelsystemen in het algemeen onder de aandacht als gevolg van andere mogelijke emissies (door onder meer lekkages, gebruik van hulpstoffen) naar het milieu.

5.1 Warmte-emissies in relatie tot migratie zalmachtigen

De grote rivieren in Nederland spelen een rol als (potentiële) migratieroute voor de zalm(achtigen) bij hun tocht van en naar de stroomopwaarts gelegen paaigebieden. Zoals bekend vormt de terugkeer van de zalm in de Rijn in het jaar 2000 één van de belangrijkste speerpunten van het huidige waterkwaliteitsbeleid. Het toekennen van de functie 'water voor zalmachtigen' heeft verstrekkende gevolgen voor de toelaatbaarheid van koelwaterlozingen.

Zalmachtigen zijn zeer gevoelig voor de temperatuur van oppervlaktewater. Voor sommige soorten in deze familie (spiering, zeeforel) kan een temperatuur van 25 °C reeds tot sterfte leiden. Daarnaast heeft de watertemperatuur een duidelijk effect op de trek van sommige zalmachtigen. Bij zo'n 24 °C zal deze zelfs stoppen en na een periode van gewenning pas weer herstellen.

Kunstmatische opwarming door koelwaterlozingen kan een rol spelen bij het bereiken van kritische temperaturen. Echter, niet alleen de warmtevracht, maar ook het gedrag van de warmtepluim in oppervlaktewater speelt hierbij een rol. Indien de warmtepluim slechts een beperkt deel van het oppervlaktewater beïnvloedt, kan er voldoende (corridor)ruimte overblijven voor migratie van vissen. Een nader besluit over de functietoekenning voor zalmachtigen is te verwachten in het nieuwe Beheersplan voor de Rijkswateren.

5.2 Verschuiving naar andere methoden van koeling en andere koelmedia

De derde Nota Waterhuishouding stelt onder meer als einddoel een zodanig beheerste grondwatersituatie, dat een duurzaam gebruik van grondwater door belanghebbende sectoren en een duurzame ontwikkeling van natuur, bos en landschap gewaarborgd zijn.

Eén van de beleidsopties om dit doel te bereiken is het terugdringen van de onttrekking van grondwater voor laagwaardige toepassingen. De onttrekking van grondwater ten behoeve van koeltoeleinden is zo'n laagwaardige toepassing.

Dit beleid, dat momenteel in een aantal provincies reeds vorm heeft gekre-

gen, heeft veelal als consequentie dat bedrijven overgaan op koeling met lucht of koeling met oppervlaktewater. Indien oppervlaktewater wordt gebruikt voor koeling, zal dit echter nauwelijks gevolgen hebben voor de totale hoeveelheid te lozen warmtevracht op oppervlaktewateren. Een lokaal optredend voordeel, namelijk afkoeling van oppervlaktewater in de zomerperioden als gevolg van de constante en lagere effluenttemperatuur van opgepompt grondwater, zal echter komen te vervallen. Bovendien zullen de risico's voor aquatische organismen toenemen, enerzijds omdat meer organismen in koelsystemen worden ingezogen, anderzijds omdat het risicogebied rond lozingspunten (mengzone) vergroot zal worden. Immers, opgewarmd oppervlaktewater heeft doorgaans een fors hogere temperatuur in vergelijking met opgewarmd grondwater.

Een andere ontwikkeling welke gevolgen heeft voor de emissie van warmte naar oppervlaktewater, is een mogelijke overgang van koeling met doorstroomsystemen naar andere manieren van koeling⁴.

Alternatieven voor eenmalige doorstroomkoelsystemen (bijv. recirculatiekoeling, luchtkoeling) kunnen een optie zijn ter beperking van de warmte-lozing naar oppervlaktewateren, produktlekkages, vissterfte door koelwaterinname of het gebruik van koelwatertoevoegingen.

Koelwatertoevoegingen gebruikt men in zowel doorstroomsystemen als circulatiesystemen om het koelwater te conditioneren (ontharders, anti-oxidanten e.d.), of het koelsysteem te ontdoen van aangroei van bacteriën, slijm, algen en dergelijke (koelwaterbiociden). In recirculerende systemen wordt een lagere vracht aan additieven toegepast. Bovendien is de toepassing beter beheersbaar.

Een deel van de koelwatertoevoegingen is dermate milieubezwaarlijk dat de emissie naar oppervlaktewater zoveel mogelijk moet worden beperkt. Of een overstap naar luchtkoeling hiervoor een goede methode is, hangt sterk af van de bedrijfsomstandigheden. Uit verschillende praktijkvoorbeelden en studies komt naar voren dat het toepassen van alternatieve koeling in de vorm van luchtkoeling, recirculerende koelwatersystemen of indirecte (gesloten) varianten technisch vaak geen belemmering hoeft te zijn. Recirculerende en indirecte systemen zijn over het algemeen enigszins duurder qua investering en operationele kosten.

In een beschouwing van milieuhygiënische aspecten blijkt luchtkoeling een schone(re) variant van koeling. Luchtkoeling blijkt in de jaarlijkse lasten ook niet of nauwelijks duurder dan koelwatersystemen. Ook blijkt technisch vaak een groot deel van de koelbehoefte hiermee gedekt te kunnen worden. In specifieke situaties is luchtkoeling echter praktisch en economisch niet realiseerbaar, zoals bij energiecentrales.

Bedrijven zijn ook vaak niet op de hoogte van de beperkingen die de koelcapaciteit van het ontvangende oppervlaktewater hen kan opleggen. Noch zijn zij op de hoogte van een aantal nadelen die kleven aan het gebruik van doorstroomkoelsystemen. De waterkwaliteitsbeheerder zal hier reeds in een vroeg stadium aandacht aan moeten besteden.

5.3 Problematiek bij warme zomers/lage waterafvoeren

In geval van uitzonderlijk warme zomerperiodes en/of zeer lage waterafvoeren kan de koelcapaciteit van het oppervlaktewater dusdanig laag worden, dat elektriciteitscentrales hun productie dienen te verlagen om aan de maximum lozingstemperatuur van 30 °C te blijven voldoen⁵. Als de economische schade die hierdoor ontstaat groot is, kan besloten worden de maximale lozingstemperatuur tijdelijk te verhogen waardoor de koelcapaci-

teit van oppervlaktewateren zal worden overschreden.

Ook andere bedrijven dienen in dergelijke omstandigheden te blijven voldoen aan de voorschriften uit de vergunning. De bedrijven zullen daartoe aanvullende maatregelen moeten treffen. Dit kan zijn een productiebeperking, maar ook het tijdelijk plaatsen van extra koelvoorzieningen kan een optie zijn. Pas als het bedrijf en de waterkwaliteitsbeheerder gezamenlijk tot de conclusie komen dat het bedrijf alle maatregelen heeft getroffen welke redelijkerwijs verlangd kunnen worden, is het mogelijk dat een tijdelijke verhoging van de maximale lozingstemperatuur wordt toegestaan. Overschrijdingen van de maximale temperatuur leiden vanzelfsprekend wel tot grotere risico's voor aquatische organismen.

Wellicht dat bedrijven naar aanleiding van deze ontwikkelingen zullen overwegen hun afhankelijkheid van de koelcapaciteit van het oppervlaktewater te verminderen en langzamerhand over te gaan op andere koelmethoden om in (een deel van) hun koelbehoefte te voorzien. Deze ontwikkeling zal versnellen indien dergelijke probleemperiodes zich vaker zullen voordoen.

5.4 De opkomst van warmte-kracht koppeling

Tot en met de jaren zeventig was het energetisch rendement van energie-opwekkingseenheden, zowel in de elektriciteitssector als in de industriële sector, laag. Waarden van 35-40% waren eerder regel dan uitzondering. Gaandeweg is echter het besef ontstaan dat de restwarmte die voorheen via de rookgassen en koelwater verdween, wel degelijk nuttige energie kan opleveren in de vorm van elektriciteit, stoom of warm water.

Indien de restwarmte wordt gebruikt om uiteindelijk stoom of warm water te produceren ten behoeve van de procesvoering, spreekt men van warmte-kracht koppeling (wkk). Deze vorm is vooral toegepast in de industrie, waar de productie van stoom soms zelfs het primaire doel is en de geproduceerde elektriciteit (deels) wordt geleverd aan het centrale elektriciteitsnet. Ook elektriciteitscentrales kunnen warmte leveren, bijvoorbeeld ten behoeve van stadsverwarming.

Veel nieuwe elektriciteitscentrales gebruiken de restwarmte om stoom te maken waardoor elektriciteit is op te wekken door middel van een nageschakelde stoomturbine. Dergelijke eenheden worden wel STEG-eenheden (SToom En Gas) genoemd. Dergelijke STEG-eenheden kunnen zelfs opereren met levering van overige restwarmte aan derden, de zgn. WK-STEG. De energetische rendementen die met dergelijke installaties behaald worden, kunnen oplopen tot zo'n 60-65%. Door aanhoudende stimulering van wkk door de overheid, heeft deze vorm van energie-opwekking een grote vlucht genomen bij zowel industriële bedrijven (ook wel gedefinieerd als decentrale energie-opwekking) als in de elektriciteitsproductiesector (centrale energie-opwekking).

Dit heeft ertoe geleid dat de hoeveelheid warmte die geloosd wordt, minder sterk is gestegen als op grond van de autonome stijging van de energievraag mocht worden verwacht. Op langere termijn leidt wkk tot een afvlakking van de hoeveelheid benodigde energieproductie-eenheden. Dit komt tot uiting in de vermindering van de bouw van nieuwe elektriciteits-eenheden.

5.5 Planning nieuwe elektriciteitseenheden

De elektriciteitsproductiesector heeft in haar planning ten behoeve van nieuwe eenheden meegewogen dat een aantal oppervlaktewateren met name in droge perioden een te geringe koelcapaciteit hebben ten opzichte van de geloosde hoeveelheid warmte. Enerzijds kan dit probleem ondergaan worden door nieuwe eenheden te voorzien van koeltorens, anderzijds is het mogelijk nieuwe eenheden te plannen op die locaties, waar in ruime(re) mate koelcapaciteit aanwezig is. Een voorbeeld hiervan is de bouw van 5 elektriciteitseenheden aan de Eems in Delfzijl.

Deze vorm van planning leidt vanzelfsprekend niet tot een verlaging van de totale hoeveelheid te lozen warmte, doch moet gezien worden als een vorm van risicospreiding.

Bijlage 1 ABK-richtlijnen voor temperatuurvoorschriften

Koelwaterrichtlijnen

Reeds in 1975 heeft de Commissie Koelwater Normen voorstellen gedaan (namens de Algemene Beraadsgroep Koelwater) voor vergunningeisen, ingevolge de Wvo, die zijn te stellen aan koelwaterlozingen van electriciteitscentrales en procesindustrieën. Deze voorstellen zijn gebaseerd op een beschermingsniveau voor het aquatisch milieu zowel in het koelwatercircuit als in het ontvangende oppervlaktewater.

De voorstellen zijn uiteindelijk vervat in koelwaterrichtlijnen. Deze luiden als volgt:

1. De temperatuur van het koelwater in het koelsysteem mag maximaal 30 °C bedragen.
2. In de zomer mag het temperatuurverschil tussen ingenomen en geloosd koelwater maximaal 7 °C bedragen, met dien verstande dat wanneer de inlaattemperatuur groter is dan 23 °C de temperatuursprong kleiner dan 7 °C moet zijn vanwege de bij 1. genoemde richtlijn. Voor zeecentrales koelend op brak en zout water geldt in de zomer een temperatuurverschil van maximaal 10 °C.
In de winter mag het temperatuurverschil tussen ingenomen en geloosd koelwater niet meer bedragen dan 15 °C bij een inlaattemperatuur van 0 °C. Tussen de zomer- en wintersituatie is een geleidelijke overgang mogelijk. De details van deze overgang kunnen per centrale worden geregeld.

Bovengenoemde richtlijnen zijn te beschouwen als een invulling van emissie-richtlijnen. De relatie tussen emissie en immissie wordt in punt 3 van de richtlijnen ingevuld.

3. De totale omvang van de warmtelozing dient gerelateerd te zijn aan de spreiding in en omvang van het ontvangende water. De totale belastbaarheid van het ontvangende water met warmte is afhankelijk van de 'koeltechnische' eigenschappen van het water en de toelaatbare gemiddelde temperatuurverhoging.

De diverse typen oppervlaktewater kunnen worden onderscheiden in:

3.1 Rivieren

Voor rivieren is als waterkwaliteitsgrenswaarde gesteld: "De temperatuurverhoging boven de natuurlijke temperatuur gemiddeld over het dwarsprofiel van de rivier mag niet meer bedragen dan 3 °C bij lage afvoeren." De natuurlijke temperatuur wordt gedefinieerd als de achtergrondtemperatuur die ter plaatse heerst bij afwezigheid van de warmtelozing(en). Met lage afvoeren wordt doorgaans bedoeld de afgesproken maatgevende lage afvoeren.

3.2 Getijrivieren

Richtlijn: "Maximaal 3 °C opwarming boven de natuurlijke temperatuur gemiddeld over het dwarsprofiel van de rivier, direct na de uitlaat van de centrale, gemiddeld over een getijperiode."

3.3 Grote meren

Geen concrete richtlijn. Gestreefd dient te worden naar één richtlijn op basis van de relatie tussen opgesteld vermogen en het meeroppervlak. Hiervan kan worden afgeweken als de resultaten van studies naar plaatselijke effecten daar aanleiding toe geven.

3.4 Kleine meren, koelcircuits, grindgaten

Een klein meer of koelcircuit wordt gezien als het meest kwetsbare oppervlaktewater. Waar een andere wijze van koeling cq. een andere vestigingsplaats mogelijk is, is dit vanuit waterkwaliteitsoogpunt zeker aan te bevelen.

Ten aanzien van grindgaten is gebleken dat het stellen van een dergelijke norm niet zinvol is.

3.5 Kanalen

Richtlijn voor Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal: "De grootte van het gebied waarbinnen meer dan 3 °C opwarming optreedt wordt begrensd tot 20% van het betreffende kanaaloppervlak in dier voege dat het genoemde gebied zodanig wordt verdeeld dat per bestaande lokatie (2 centrales langs elk der 2 kanalen) maximaal 10% van het betreffende kanaaloppervlak met meer dan 3 °C mag worden opgewarmd." Ten aanzien van andere kanalen wordt soms aansluiting gezocht bij deze richtlijn (red.).

3.6 Hollandsch Diep

Richtlijn: "Een temperatuurverhoging van maximaal 1 °C ter plaatse van de overgang van de noordelijke ondiepe oeverzone naar het open water. De oppervlakte van het gebied dat een temperatuurverhoging van 3 °C of meer boven de natuurlijke temperatuur mag ondergaan wordt in eerste instantie beperkt tot 2.5 km²."