

Koude-opslag als alternatief voor industriële grondwateronttrekking

Inleiding

In het streven naar een duurzame samenleving is in Nederland een actief milieubeleid op vele fronten ingezet. Grondwater van goede kwaliteit is een schaarse milieucomponent, waarvoor alles in het werk moet worden gesteld om gebruik of beïnvloeding te beperken. Grondwater is echter ook een essentieel onderdeel van de samenleving: drinkwater, sproeiwater, proceswater en koelwater zijn in grote hoeveelheden noodzakelijk.



IR. L. J. M. VAN LOON
Heidemij Advies



IR. A. P. M. PALSTRA
IMd Industriële Milieudiensten



Ir. A. L. SNIJDERS
IF Technology

Effecten op het milieu zijn grondwaterpeilverlagingen, droogteschaden en vermindering van de voorraad aan kwalitatief goed grondwater. In een afweging tussen noodzaak en schaarsheid is er in het Nederlands grondwaterbeleid voor gekozen om zogenaamd hoogwaardig grondwatergebruik te blijven toestaan en laagwaardig gebruik binnen afzienbare tijd sterk te reduceren. De voornaamste vorm van laagwaardig gebruik is toepassing als koelwater.

Uit een inventarisatie in de provincie Noord-Brabant blijkt dat van de totale huidige onttrekking 50% plaatsvindt door waterleidingbedrijven (dus hoogwaardige toepassingen). De resterende 50% wordt gebruikt door anderen, voornamelijk de industrie en de landbouw.

In de industrie wordt grondwater gebruikt als proceswater, spoelwater en voor ruim 50% als koelwater. Terugdringen van het gebruik van grondwater voor koel-doeleinden kan een besparing tot 20% op de totale grondwateronttrekking betekenen. Overzichten van andere provincies, waaronder Groningen en Drenthe, geven hetzelfde beeld.

In de provinciale beleidsplannen komen de volgende punten naar voren:

- terugdringen van (grond)waterverbruik

Samenvatting

Om het laagwaardig gebruik van grondwater te reduceren zal menig industrieel grondwateronttrekker moeten omzien naar alternatieven voor koeling met grondwater. Kan volstaan worden met een koelwateraanvoertemperatuur hoger dan circa 25°C dan zijn koeling met lucht, een koeltorencircuit of koeling met oppervlaktewater mogelijk. Bij de meeste huidige gebruikers van grondwater zal echter behoefte zijn aan een lagere koelwateraanvoertemperatuur. Koelmachines en energie-opslag in de bodem zijn dan de alternatieven. Bij energie-opslag-recirculatie is de koelwateraanvoertemperatuur gelijk aan de natuurlijke grondwatertemperatuur. Bij seizoenmatige energie-opslag met voorverkoeling is deze lager. De investering in energie-opslag is hoger dan in koelmachines. Het energieverbruik is echter aanmerkelijk lager en daarmee de exploitatielasten. Ook de milieu-effecten van energie-opslag zoals geluid, energieverbruik en het gebruik van koelmiddel zijn geringer of niet aanwezig vergeleken met koelmachines.

in het algemeen. Op veel plaatsen is de onttrekking van grondwater al groter dan gezien de verdrogingsverschijnselen toelaatbaar wordt geacht;

- terugdringen respectievelijk verbieden van grondwateronttrekkingen voor zogenaamde laagwaardige toepassingen. Voor het eerste punt heeft de provincie Gelderland zelfs een plafond vastgesteld van 85 miljoen kubieke meter per jaar. Eventuele bijstelling hiervan zal slechts in neerwaartse richting zijn. In de praktijk betekent dit, dat het beleid gericht is op het zuiniger omgaan met (drink)water. Eén van de maatregelen is de op handen zijnde verbruiksbelasting op grondwater. Het voorgenomen tarief bedraagt 12,5 cent per onttrokken kubieke meter grondwater. Voor waterleidingbedrijven zal dit het dubbele bedragen. Daarnaast blijft de zogenaamde provinciale bestemmingsheffing bestaan. Deze is slechts beperkt van omvang en bedraagt 0,6-1,6 cent per kubieke meter. Wat betreft het tweede punt zal een eventuele verlenging van de bestaande vergunningen slechts worden verleend, als kan worden aangetoond, dat op korte termijn maatregelen getroffen worden ter beperking van het grondwaterverbruik. Er zijn diverse maatregelen en alternatieven denkbaar voor het terugbrengen c.q. tot nul reduceren van koeling met grondwater. Aangezien deze manier van koelen relatief goedkoop en efficiënt is, zal elk alternatief extra kosten met zich meebrengen.

In dit artikel zal naast koeling met grondwater een aantal alternatieven de revue passeren. Er wordt ook ingegaan op de driehoeksproblematiek milieubelang-grondwaterbelang-economisch belang. Daarbij blijkt het alternatief koude-opslag in de bodem een interessante nieuwe optie te zijn. Een technisch-economische toetsing van koude-opslag heeft plaatsgevonden bij een tiental bedrijven met bestaande koelwaterbronnen in een studie

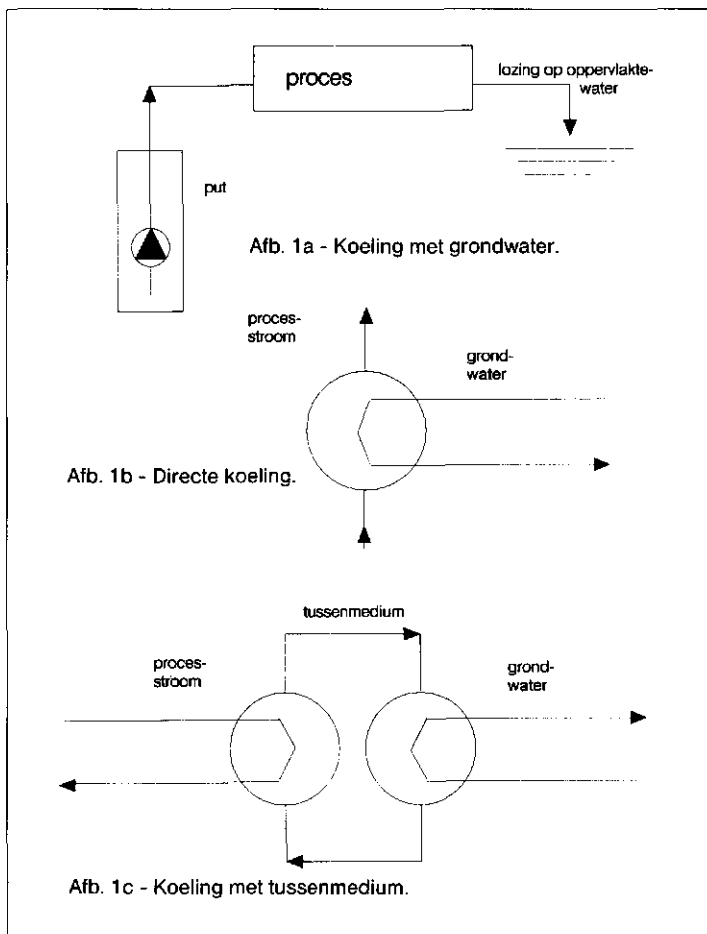
door Heidemij Adviesbureau in samenwerking met Techniplan Adviseurs, in opdracht van NOVEM [1].

Koeling met grondwater

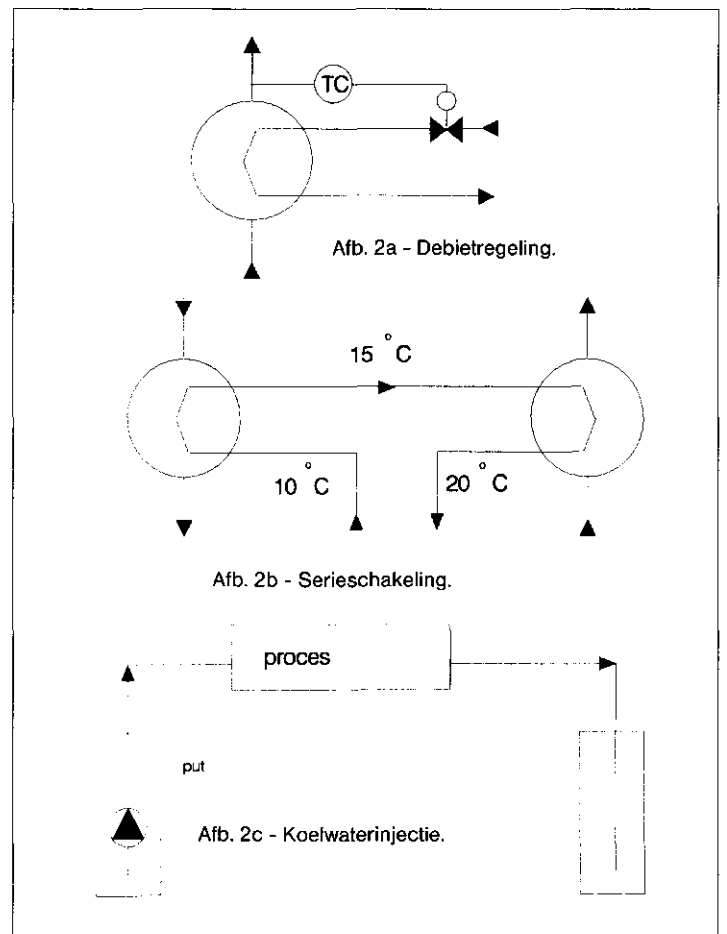
Koeling met grondwater is geïllustreerd in afb. 1a. Tot een diepte van circa 25 à 75 meter wordt een put geboord in een aquifer. Een aquifer is een ondergrondse watervoerende laag die poreus is en meestal uit zand bestaat, waardoor water gemakkelijk opgepompt kan worden. In het watervoerend pakket wordt een filterbuis geplaatst. Via dit filter en een stijgpip wordt water opgepompt en rechtstreeks gebruikt voor koeling.

Koeling kan direct zijn (afb. 1b) of via een tussenmedium (afb. 1c), afhankelijk van de toepassing. Over het algemeen wordt het water slechts éénmaal gebruikt en vervolgens geloosd op oppervlaktewater. Grondwateronttrekking kan leiden tot significante verlaging van de freatische grondwaterstand. Hierdoor vermindert de totale voorraad grondwater. Door versnelde infiltratie zullen de gevolgen van verzuring en vermesting groter worden. Daarnaast heeft de verdroging op zich vanzelsprekend effecten op flora en fauna. In het westen van het land kan door grondwateronttrekking zoute kwel ontstaan.

Lozing van grondwater op het oppervlaktewater kan eveneens negatieve milieu-effecten hebben. Doordat de temperatuur zowel 's zomers als 's winters afwijkt van de normale temperatuur van het oppervlaktewater is hier sprake van 'calorische vervuiling'. Door warmte-wisseling met de atmosfeer is deze 'calorische vervuiling' tijdelijk en lokaal. Daarnaast bevat grondwater vaak een afwijkende chemische samenstelling. In het bijzonder betreft dit het zoutgehalte en de concentratie aan ijzer. Dit ijzer oxydeert in contact met zuurstof en vormt door hydrolyse ijzerhydroxyde. In het oppervlaktewater is dit zichtbaar als



Afb. 1 - Koeling met grondwater.



Afb. 2 - Maatregelen ter beperking van het gebruik.

vlokken. Dit veroorzaakt niet alleen troebeling van het water, maar kan ook nadelig zijn voor gebruikers van dit water. Maatregelen om de grondwateronttrekkingen – en als gevolg hiervan de lozing – te beperken kunnen allereerst gezocht worden in vermindering van het koelwaterverbruik. Dit kan worden gerealiseerd door het koelwaterdebit te koppelen aan de gewenste processtemperatuur (afb. 2a) met behulp van regelkleppen. Bij grondwater met zijn constante temperatuur heeft dit alleen zin als de temperatuur aan de proceskant varieert. Een tweede methode is het in serie plaatsen van warmtewisselaars (afb. 2b). De processtromen die een lage temperatuur vereisen worden eerst gekoeld, waarna het opgewarmde koelwater hergebruikt wordt voor de volgende processtromen die tot een minder lage temperatuur gekoeld moeten worden. Hiervoor moet het gehele proces goed doorgelicht worden. Deze methode kan echter bij nieuwe of te reviseren processen ook financieel aantrekkelijk zijn: een geringer debiet vereist kleinere pompen en leidingen. Het resultaat van beide maatregelen is een geringere grondwateronttrekking en

minder risico van troebeling van het oppervlaktewater bij lozing. De hoeveelheid af te voeren warmte is uiteraard dezelfde en daarmee biedt het geen oplossing voor de zogenaamde calorische vervuiling. Bij debietverkleining zal de lozingstemperatuur stijgen. Soms wordt het gebruikte koelwater weer in de bodem geïnjecteerd (afb. 2c). Op deze wijze is de netto onttrekking nul. Daar staat echter een aantal nadelen tegenover:

- temperatuurverhoging van het grondwater;
- verstoppingen van de putten. Een belangrijke oorzaak is de vorming van ijzerhydroxydedeeltjes;
- verontreinigingen van het grondwater. Het risico bestaat, dat het koelwater verontreinigd raakt met processtoffen uit de te koelen installatie. Beide laatste problemen kunnen over het algemeen opgelost worden door de druk in het grondwaterkoelsysteem voldoende hoog te stellen en contact tussen grondwater en lucht te vermijden. Het belangrijkste effect van koelwaterinjectie is derhalve de voortschrijdende temperatuurverhoging van het grondwater. Daardoor is deze oplossing slechts

een tijdelijke: op den duur zal het geïnjecteerde warme water de onttrekkingsbron bereiken ('thermische kortsluiting'). Voor de vergunningverlenende instantie zal de invloed en omvang van de thermische lozing moeten worden aangetoond en zal de injectie aan een aantal voorwaarden moeten voldoen.

Koeling met oppervlaktewater

Een alternatief voor koeling met grondwater is koeling met oppervlaktewater. De koelmethode is hierbij geheel analoog aan koeling met grondwater. Belangrijkste aspecten hierbij zijn:

- *beschikbaarheid*. Op veel plaatsen in Nederland is geen of onvoldoende oppervlaktewater aanwezig op een afstand die economische toepassing mogelijk maakt. De optie oppervlaktewater hangt daarom onder meer af van lokale omstandigheden;
- *kwaliteit*. De waterkwaliteit is eveneens lokatie-afhankelijk. De inname van oppervlaktewater is niet altijd zonder problemen. Vaste delen moeten eruit worden gezeefd en de aangroei van algen en (bij brak water) van mosselen moet voorkomen worden door toediening van chemicaliën (bijvoorbeeld chloordosering).

Brak of zout water vereist bovendien dure materialen. Soms wordt in dit geval gekozen voor een secundair (zoet water)-systeem. Dit gaat echter weer gepaard met een temperatuurverhoging van het koelwater;

- *temperatuur.* Vergeleken met grondwater heeft oppervlaktewater een wisselende temperatuur. Vooral de hoge temperatuur in de zomer maakt oppervlaktewater ongeschikt voor veel koeltoepassingen. In die gevallen is aanvullende koeling met behulp van koelmachines nodig;
- *hygiënische aspecten.* Bij sommige processen moet het koelwater van hoge kwaliteit zijn. Vooral in de voedingsmiddelenindustrie is hygiënische betrouwbaarheid van groot belang in verband met mogelijke lekkages naar de proceszijde van een warmtewisselaar.

Mechanische koeling

De meest toegepaste alternatieven voor koeling met grondwater zijn:

- koeltorencircuits
- koeling met lucht
- koelmachines

Koeltorencircuits

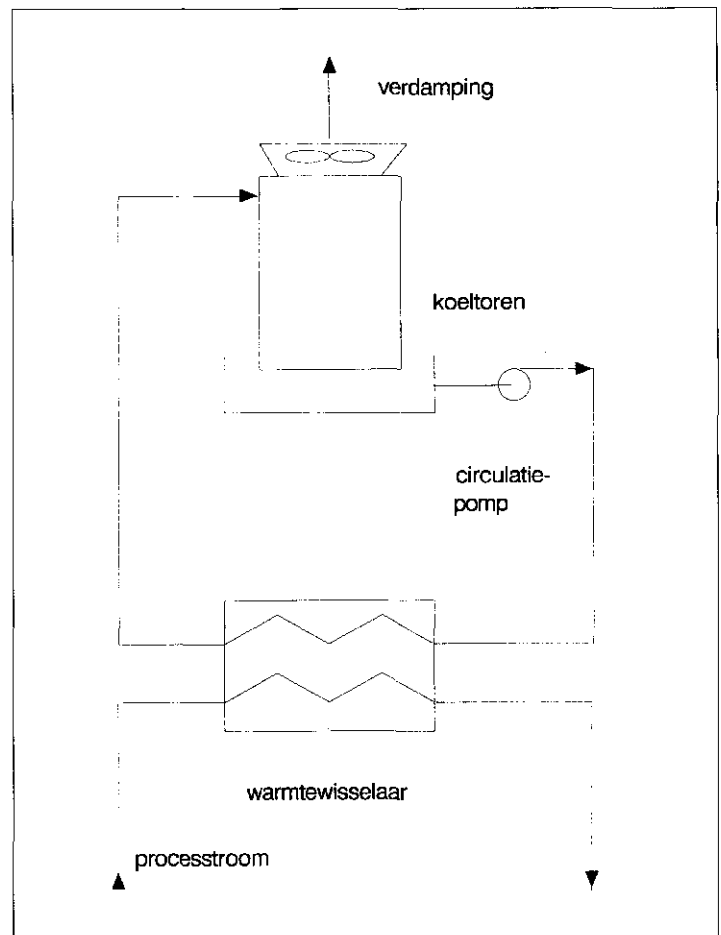
Een koeltorencircuit is weergegeven in afb. 3a.

Het grondwater is vervangen door circulerend water van de koeltoren. De laagste temperatuur die het water kan bereiken, hangt af van de zogenaamde 'natte boltemperatuur'. In Nederland betekent dit 's zomers, dat de koelwateraanvoertemperatuur kan oplopen tot meer dan 22°C. Dit betekent voor continu processen die een lagere temperatuur vereisen aanvullende koeling in de zomer. Koeltorens zijn over het algemeen betrouwbaar en vereisen weinig onderhoud. Soms zijn chemicaliën vereist om corrosie of algengroei te voorkomen. De mechanische verontreinigingen kunnen door spuiten effectief bestreden worden. Op deze wijze wordt ook voorkomen, dat de zoutconcentratie in het circulerende water te hoog wordt, aangezien deze door verdamping oploopt. Deze verdampingsverliezen moeten gecompenseerd worden door toevoeging van water. De totale hoeveelheid bedraagt circa 5% van de circulerende koelwaterhoeveelheid.

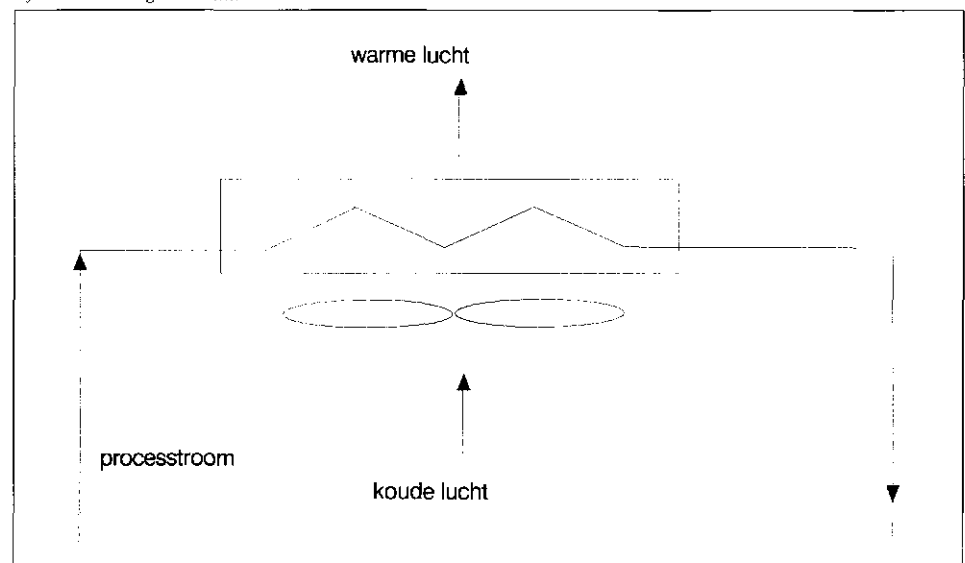
Koeling met lucht

De processtroom wordt rechtstreeks gekoeld met lucht (afb. 3b) via gevinde pijpen. De processtroom gaat door de pijpen. De lucht wordt met behulp van een ventilator langs de vinnen geblazen. De warmte-overdrachtscoëfficiënt is echter klein, waardoor een grote warmte-

Afb. 3a - Koeltorencircuit.



Afb. 3b - Koeling met lucht.



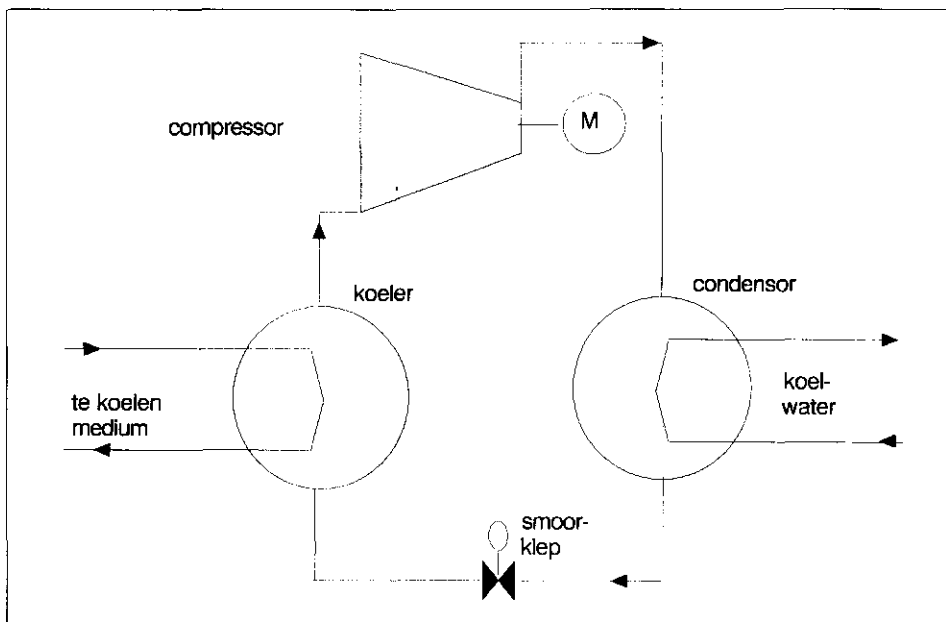
wisselaar nodig is. Ook gaat door vervuiling van de gevinde pijpen de warmte-overdracht achteruit, zodat meer en lastiger onderhoud nodig is dan bij koeltorens.

De laagste temperatuur die met deze koelers bereikt kan worden is vanzelfsprekend afhankelijk van de buitentemperatuur. Aangezien deze 's zomers nogal kan oplopen is koeling met lucht

over het algemeen voorbehouden aan het koelen bij hoge procestemperaturen.

Koelmachines

Koelmachines (afb. 3c) worden toegepast wanneer lage temperaturen vereist zijn. Hierbij dient de koelmachine als tussenstap tussen het proces en één van de hiervoor genoemde koelmethoden. De van het proces af te voeren warmte wordt



Afb. 3c - Koelmachine.

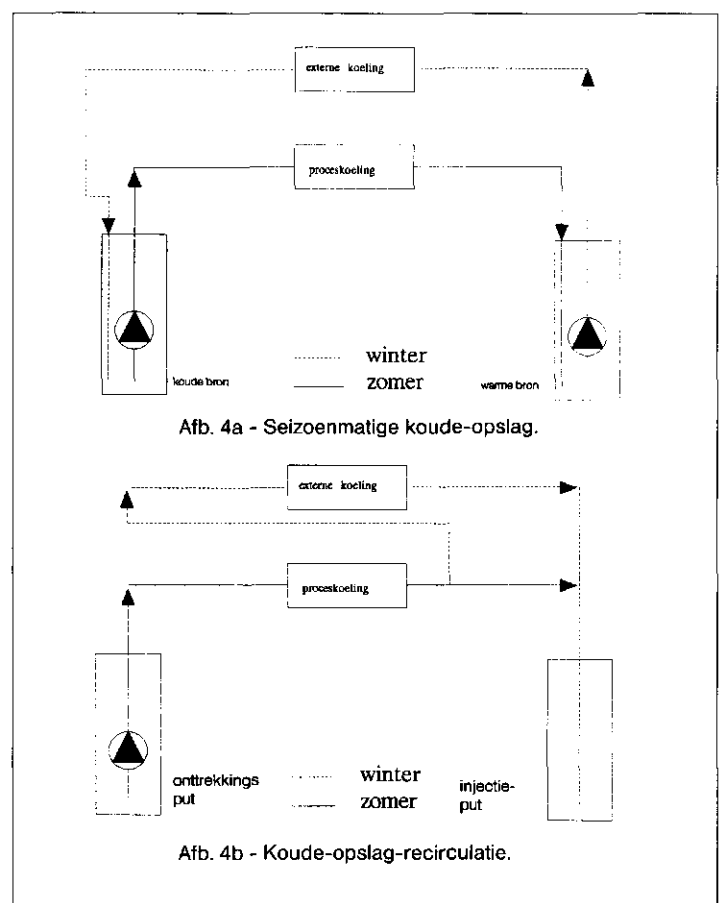
door de koelmachine op een zodanig hoog temperatuurniveau gebracht, dat deze met lucht of water afgevoerd kan worden. Meestal worden compressiekoelmachines toegepast. In een dergelijke machine wordt het tussenmedium (doorgaans ammoniak of een freon) gecomprimeerd en na condensatie geëxpandeerd, waarbij een sterke temperatuurdaling plaatsvindt. Deze lage temperatuur wordt vervolgens gebruikt om het procesmedium te koelen. De compressor vergt echter veel energie. Deze komt bij de energie die nodig is om de warmte uiteindelijk af te voeren via één van de hiervoor genoemde methoden.

Koeling met behulp van koude-opslag in aquifers

Bij koeling met behulp van aquifers wordt de winterkou gebruikt om een voorraad koelwater te maken die ondergronds wordt opgeslagen. Hierbij kunnen drie vormen worden toegepast. De eerste twee zijn seizoenmatige energie-opslag (standaard koude-opslag en regeneratie) met wisselende stromingsrichting, de derde vorm is recirculatie, waarbij de stromingsrichting onveranderd blijft. Het principe van de standaard koude-opslag wordt geïllustreerd in afb. 4a. Het opslagsysteem bestaat uit twee bronnen, de 'warme bron' en de 'koude bron', die op ruime afstand van elkaar zijn geboord tot in het watervoerend pakket (de aquifer). In de winter kan relatief eenvoudig koud water worden gemaakt. Dit gebeurt door het 'gebruikte' warme water uit de aquifer op te pompen en met behulp van een externe koeling af te koelen. De externe koeling bestaat uit een indirecte koeling via een koeltorencircuit

of uit een rechtstreekse koeling met lucht (zie afb. 3a en 3b, waarin de processtroom vervangen is door het te koelen grondwater). Vervolgens wordt het koude water weer in de aquifer teruggepompt, waarna het 's zomers weer als koelwater gebruikt kan worden. In dit geval spreekt men van koeling vooraf. De temperatuur waarmee

het water opgeslagen wordt, hangt in eerste instantie af van de gewenste koelwateraanvoertemperatuur en in tweede instantie van de periode waarin het mogelijk is het water tot deze temperatuur te koelen. Wanneer dieper gekoeld moet worden dan mogelijk is met de buitenlucht, moet verdere koeling tijdens de waterperiode geschieden met een koelmachine. Rond de 'koude bron' ontstaat dus een voorraad koud water en rond de 'warme bron' een voorraad warm water. De koeling van het water kan ook achteraf geschieden. In dit geval spreekt men van regeneratie. De 'koude bron' heeft dan de natuurlijke grondwatertemperatuur. Het principe van koude-opslag-recirculatie is als volgt (zie afb. 4b). Grondwater wordt opgepompt en gebruikt als koelwater. Het opgewarmde koelwater wordt vervolgens in een tweede, op enige afstand gelegen, put geïnjecteerd. Bij voldoende lage buitentemperaturen wordt dit water vóór injectie gekoeld. Is de buitentemperatuur te hoog, dan wordt het grondwater ongekocht geïnjecteerd. Het streven hierbij is, dat over langere tijd de gemiddelde temperatuur, waarmee geïnjecteerd wordt, gelijk is aan de natuurlijke grondwatertemperatuur. Hierdoor vindt geen opwarming van de bodem en het grondwater plaats. De ont-



Afb. 4 - Koeling met behulp van aquifers.

trekkingsbron wordt nu op een zodanige plaats gekozen ten opzichte van de infiltratiebron, dat de onttrekkings-temperatuur nagenoeg constant blijft. Hierbij spelen drie mechanismen een rol. Het voornaamste proces is verblijftijd-spreiding: bij het uiteindelijk bereiken van de onttrekkingsbron zal water worden onttrokken van verschillende herkomst c.q. verblijftijd. Daarnaast zullen de verschillende temperaturen in de bodem zich via geleiding en dispersie vereffen. Het voordeel van deze methode is dat slechts één bronpomp nodig is en de stroming in de putten altijd dezelfde kant op is, waardoor geen omloopleidingen nodig zijn. De methode is goed toepasbaar, wanneer gebruik kan worden gemaakt van de natuurlijke grondwater-temperatuur.

Milieu-aspecten

Alle alternatieven voorkomen aantasting van de grondwatervoorraad. Ieder alternatief heeft echter weer andere milieueffecten, zoals emissies naar lucht en water, lawaai en milieueffecten door het energieverbruik. In het navolgende worden de milieueffecten van de diverse alternatieve systeemcomponenten aangegeven.

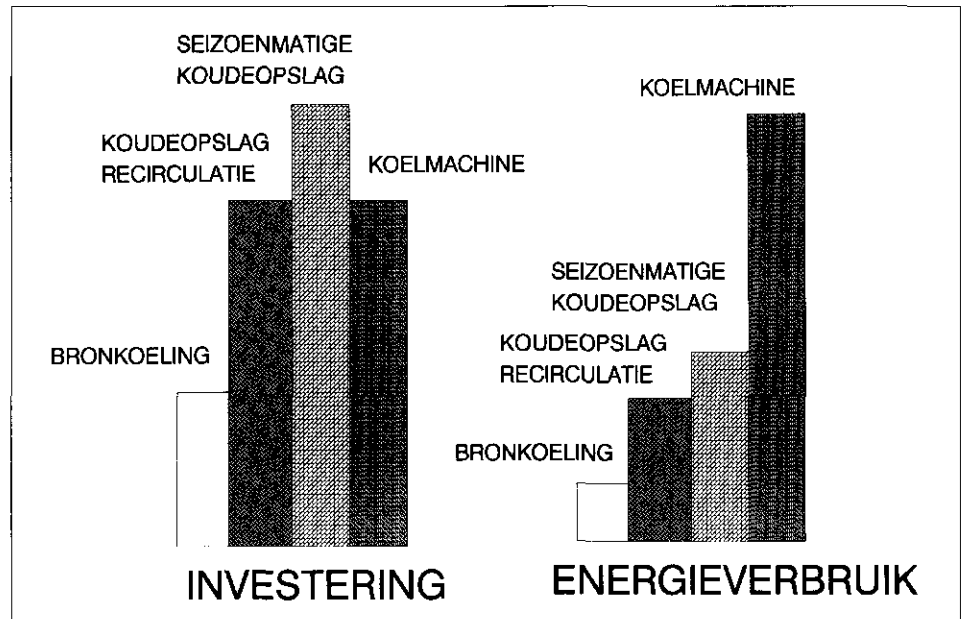
Bij gebruik van *oppervlaktewater* als koelwater kunnen bij lozing dezelfde milieuproblemen ontstaan als bij grondwaterkoeling. Naast de calorische vervuiling kunnen ook milieuvreemde stoffen zoals toegevoegde chemicaliën of, door lekkage, processtoffen aan het oppervlaktewater worden toegevoegd.

Bij gebruik van een *koeltoren* kan visuele hinder (stoompluim in de winter) en geluidhinder een rol spelen.

De spui van een koeltoren heeft een hoog zoutgehalte. Afhankelijk van de gebruikte chemicaliën kan deze op het riool worden geloosd.

Bij directe *koeling met lucht* zijn aanzienlijk grotere hoeveelheden lucht nodig dan bij een koeltoren. Dergelijke koelers zijn voorzien van grotere ventilatoren, die meer lawaai produceren. Zeker bij toepassing van een groot aantal koelers kan geluidhinder een omvangrijk probleem vormen. Het energieverbruik van dit type koelers is circa twee maal zo hoog als bij toepassing van een koeltorencircuit.

De milieu-aspecten die voor bovengenoemde systemen gelden, blijven ook actueel bij toepassing van een *koelmachine*. Daar komen bij het lawaai dat door de compressor wordt geproduceerd en het gebruik van freonen. Deze zijn schadelijk in verband met aantasting van de ozonlaag. Toepassing van ammoniak als koelmedium kan bij lekkage aanzienlijke



Afb. 5 - Investerings- en energiekosten.

stankhinder veroorzaken. Daarnaast is ammoniak één van de componenten verantwoordelijk voor zure regen. Ook resulteert de toepassing van een koelmachine in een aanzienlijke toename van het energieverbruik met de daaruit voortvloeiende milieueffecten.

Koude-opslag in de bodem is een combinatie van bronkoeling, koelwaterinjectie en mechanische koeling, waarbij de nadelen van de individuele methoden zoveel mogelijk verminderd worden. Door gebruikmaking van natuurlijke koude is vooral het geheel of gedeeltelijk vermijden van koelmachines hierbij een belangrijk aspect.

Andere milieuvoordelen van koude-opslag zijn:

- de netto grondwateronttrekking is gereduceerd tot nul (bij toepassing van rechtstreekse koeling met lucht) of tot circa 5% (bij gebruik van koeltorens);
- er vindt geen lozing op oppervlaktewater plaats. Bij gebruik van een koeltoren hoeven, aangezien deze alleen tijdens de winter gebruikt wordt, in de meeste gevallen geen chemicaliën te worden gebruikt;
- opwarming van het grondwater is lokaal en tijdelijk, dit in tegenstelling tot koelwaterinjectie.

Economische aspecten

Zoals al eerder is uiteengezet zal toepassing van alternatieven voor koeling met grondwater economische consequenties hebben. Overgang op het gebruik van oppervlaktewater, koeltorens of koeling met lucht is alleen mogelijk bij hoge koelwatertemperaturen (< 25°C). Bij de

huidige gebruikers van grondwater zal de koelwateraanvoertemperatuur veelal lager zijn (10-12 °C). Koude-opslag en koelmachines zijn dan de enige alternatieven. In de inleiding is al aangegeven dat koeling met grondwater economisch veruit het aantrekkelijkste is. Zowel de investerings- als de exploitatiekosten zijn aanmerkelijk geringer dan bij de beide alternatieven.

Een kwalitatieve indruk voor verhoudingen is gegeven in afb. 5. Deze afbeelding is ontleend aan een onderzoek naar de mogelijkheid van koude-opslag in de bodem voor de teelt van freesia's [2] maar is indicatief voor industriële toepassingen.

Ditzelfde beeld is te zien in meer algemene studies [3, 4].

Afhankelijk van de gewenste koelwateraanvoertemperatuur, die bepalend is voor het systeem, zijn terugverdientijden voor energie-opslag ten opzichte van koelmachines van minder dan vijf jaar mogelijk. Soms is zelfs sprake van een mindere investering én lagere exploitatiekosten. Daarbij spelen specifieke bedrijfs-situaties (waaronder de energietarieven) vanzelfsprekend een belangrijke rol [5].

Vergelijking alternatieven

In tabel I zijn de verschillende alternatieven kwalitatief naast elkaar gezet voor milieueffecten en kosten. De alternatieven zijn van links naar rechts gerangschikt op basis van afnemende koelwateraanvoertemperatuur.

Het belangrijkste probleem van directe koeling met grondwater is de verstoring van de natuurlijke hydrologische situatie, die de grondwateronttrekking met zich

TABEL I - Kwalitatieve vergelijking van milieu-effecten en kosten/baten.

$T_{\text{koelwater}} > T_{\text{grondwater}}$			$T_{\text{koelwater}} = T_{\text{grondwater}}$			$T_{\text{koelwater}} < T_{\text{grondwater}}$	
Koeling met lucht	Koeltoren	Koeling met oppervlaktewater	Koelwater injectie	Koeling met grondwater	Energie-opslag recirculatie	Koude-opslag seizoenmatig	Koelmachine
Milieu-effecten							
Verdroging				xxxx			
Invloed op grondwater-voorraad				xxxx			
Calorische vervuiling bodem			xxxxxxx				
Calorische vervuiling oppervlaktewater					xxxxx		
Emissies naar water	x	xx		xx	x*	x*	x*
Emissies naar lucht	x				x*	x*	xx
Geluid-emissie	xxxxxxx	xxx			xxx*	xxx*	xxxxxxx
Kosten							
Energie-verbruik	xxxx	xxx	xx	xx	xxxx	xxxx*	xxxxxxx
Investering	xxxx	xxx	xxx	xxxx	xx	xxxxxxx	xxxxx

xxxxxxx = veel x = gering * = bij toepassing koeltoren

meebrengt. Hierdoor dreigt een vermindering van de voorraad kwalitatief hoogwaardig water. Dit wordt door alle alternatieven voorkomen.

Koelwaterinjectie volgens het principe van recirculatie heeft een geringe invloed op de bedrijfsvoering en is daardoor vaak voor de gebruiker het meest gewenste alternatief. De calorische vervuiling van de bodem is het voornaamste nadeel van koelwaterinjectie ten opzichte van recirculatie.

Bij hoge koelwatertemperaturen gaat de voorkeur uit naar koeling met lucht, koeltoren of oppervlaktewater waarbij oppervlaktewater zowel uit economisch als milieu-oogpunt de beste keus lijkt.

Zijn lagere koelwatertemperaturen dan circa 25°C gewenst, dan komen koude-opslag en koelmachines in aanmerking. Deze koppelen een proces-eis (lagere temperatuur) aan een milieuvoordeel (voorkomen grondwatergebruik). Daar staan echter aanzienlijke investeringen en andere milieu-effecten (geluid, energiegebruik) tegenover.

Op het aspect milieu-effecten scoort koude-opslag beter dan de toepassing van koelmachines.

Conclusies

Koeling met grondwater betekent een vermindering van de totale grondwater-voorraad met als gevolg verdroging en aantasting van de drinkwatervoorraad. Koelwaterinjectie geeft thermische grond-

watervontreiniging, is slechts een beperkte tijd mogelijk en vormt derhalve geen reëel alternatief. Kan volstaan worden met koelwatertemperaturen hoger dan circa 25°C, dan is in principe koeling met oppervlaktewater, koeltoren of koeling met lucht mogelijk.

Zijn lagere temperaturen vereist dan worden vaak koelmachines toegepast. Koude-opslag in de bodem vormt een reëel alternatief. Tegenover hogere investeringen staat een geringer energie-verbruik. In de economische afweging spelen bedrijfsomstandigheden een belangrijke rol. De milieubezwaren van energie-opslag zijn echter aanmerkelijk geringer dan die van koelmachines.

Literatuur

- NOVEM (1987). *Bestaande bronnen voor warmte en/of koude-opslag*. Techniplan Adviseurs, Heidemij Adviesbureau.
- NOVEM (1992). *Energie-opslag in de bodem ten behoeve van grondkoeling in de freesiaeteelt*. Heidemij Adviesbureau.
- NOVEM (1991). *Referentie investeringsraming koude-opslag bij utiliteitsbouw*. Heidemij Adviesbureau, Techniplan Adviseurs, IF Technology.
- NOVEM (1988). *Seizoenopslag van koude: techniek, toepassing en economie*. Tebodin Consulting Engineers.
- Bakema, G., Sniijders, A. L. en Loon, L. J. M. van (1992). *Koude-opslag reëel alternatief voor industriële koelwateronttrekking*. PT Procestechneek, jrg. 47 nr. 11.
- Bakema, G. (1993). *Koude-opslag voor de koeling van industriële processen: hydrothermische achtergronden*. H₂O (26) 1993, nr. 18, p. 520-526.

Nieuwe directeur drinkwater-voorziening bij NV PWN

Met ingang van 1 oktober 1993 zal bij NV PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland de heer ir. M. G. M. den Blanken (42) in de functie van directeur drinkwatervoorziening in dienst treden. De heer Den Blanken studeerde aan de LU Wageningen en ging vervolgens werken bij KIWA NV te Rijswijk. Vervolgens trad hij in dienst bij NV Waterleiding Maatschappij Limburg, eerst als hoofd distributie, en later als technisch adjunct-directeur. Op dit moment is hij als hoofd groep drinkwater verbonden aan Witteveen+Bos, Raadgevende Ingenieurs BV te Deventer.

Het directieteam van NV PWN bestaat vanaf 1 oktober uit:

- ir. E. G. H. Vreedenburgh, algemeen directeur;
- ir. M. G. M. den Blanken, directeur drinkwatervoorziening;
- drs. F. W. van der Vegte, directeur natuurbeheer;
- mevrouw drs. P. A. de Ru, adjunct-directeur sociale zaken;
- drs. C. A. F. van Veggel RA, adjunct-directeur financieel-economische zaken.



Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterbehandeling en Waterkwaliteitsbeheer

Oproep

De Historische Commissie van de Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterbehandeling en Waterkwaliteitsbeheer (NVA) zou gaarne in contact willen komen met studenten en/of betrokken docenten, die geïnteresseerd zijn in de historie van de behandeling van afvalwater, met als doel het schrijven van een scriptie over één van de navolgende onderwerpen:

- architectuur van rioolwaterzuiveringsinrichtingen;
- bewustwording van het belang van goede oppervlaktewaterkwaliteit door de eeuwen heen;
- ontwikkeling van de bepaling van organische stof in water (afvalwater);
- ontwikkeling van de methodiek en de apparatuur voor bemeting en bemonstering van afvalstromen;
- pioniers op het gebied van de bestrijding van afvalwater;
- ontwikkeling van beluchtingsapparatuur (speciaal oppervlaktebeluchter) voor de behandeling van afvalwater;