

Notitie

Datum: 5 maart 2021
Referentie: WarmingUP T3B IdG

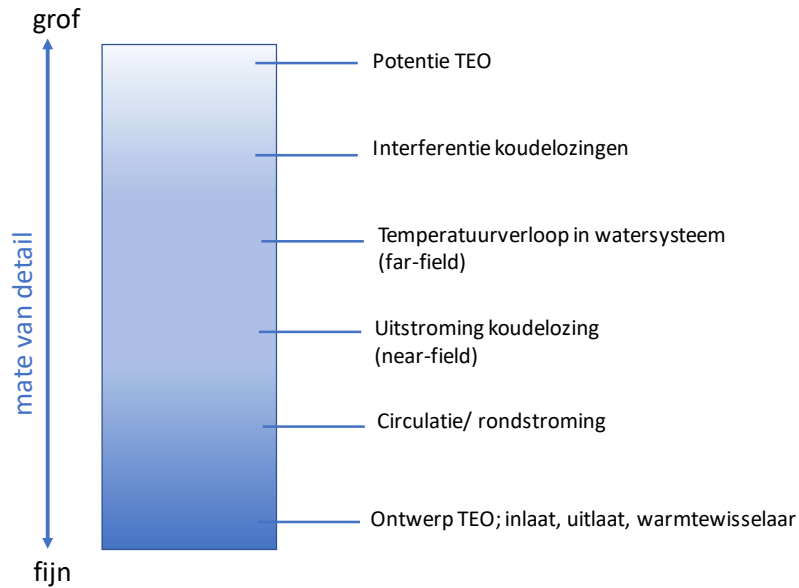
Betreft: Modelinstrumentarium voor de verspreiding van koudelozingen

Modelinstrumentarium voor de verspreiding van koudelozingen

1.1 Inleiding

De beoordeling van de impact van warmte-onttrekking of koudelozing op een watersysteem kan alleen worden gemaakt indien duidelijk is hoe de koude zich door het watersysteem verspreidt. Dit hangt af van verschillende factoren, zoals: Hoe groot is de lozing? Stroomt het water? Hoe diep is het water? Op welke locatie en diepte wordt geloosd? en Met welke temperatuur? Voor het voorspellen van de verspreiding van de koude zijn verschillende tools beschikbaar. Deze tools variëren in mate van detail, benodigde input en betrouwbaarheid/onzekerheid van de resultaten.

De vraag die centraal staat voor de te gebruiken tool in de beoordeling van de lozing is: “Hoeveel informatie (detail) is nodig om een verantwoorde inschatting van de verspreiding van koude te kunnen maken?”. Figuur 0-1 geeft een beeld van het scala van mogelijk relevante aspecten van een koudelozing en het bijbehorende gevraagde detailniveau van benodigde informatie.



Figuur 0-1 Relevante aspecten koudelozing irt gevraagde detailniveau modellering

1.2 Verspreiding van koude in het watersysteem

Om te kunnen beoordelen of lozingen van stoffen, warmte of koude voldoen aan de daarvoor geldende waterkwaliteitsdoelstellingen is het nodig om goede inschatting te maken van de te verwachten concentraties of temperaturen in het ontvangende water als gevolg van lozingen. Hiervoor kunnen voor een eenvoudige situatie in eerste instantie rekenregels of eenvoudige rekentools worden gebruikt. In geval van complexe situaties of situaties waar het de vraag is of kan worden voldaan aan de gestelde doelen (uitspraak van de tool is kritisch want dicht bij gesteld doel) kan een meer geavanceerde tool, bijvoorbeeld een 3D-modellering, nodig zijn om een goede uitspraak te kunnen doen over het al of niet voldoen aan de geldende eisen.

Omdat bij warmtelozingen pluimen vanwege de geringere dichtheid vaak gaan drijven is ook de interactie met de atmosfeer van belang. Voor het doorrekenen van grote warmtelozingen is in het verleden door initiatiefnemers veelal gebruik gemaakt van 3D modellen.

Voor koudelozingen, echter, geldt:

- (1) dat ze door hun grotere dichtheid de neiging tot zinken hebben waardoor directe invloed van de atmosfeer op de pluim afwezig is waardoor koude moeilijk uit het water verdwijnt
- (2) koudelozingen qua omvang meestal (veel) kleiner zijn dan warmtelozingen van bijvoorbeeld energiecentrales en
- (3) koudelozingen altijd gepaard gaan met een intake en er dus oppervlaktewater wordt verpompt.

De modellering van koude is dus complex en in principe moet bij de verspreiding rekening worden gehouden met vier aspecten :

1. momentum en entertainment in het 'near-field'
2. drijfvermogen van de pluim

3. menging en
4. opwarmen in het 'far-field'

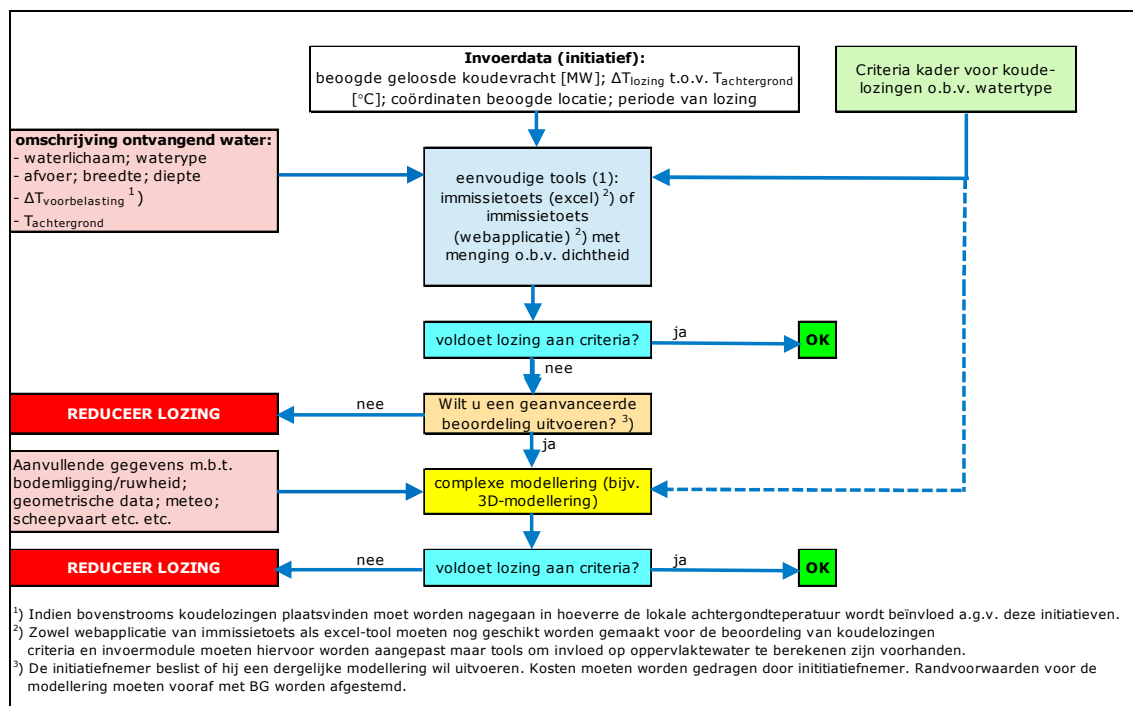
en de kenmerken van het ontvangend water:

- Stromend/stilstaand
- Gelaagd of gemengd
- Getij
- Temperatuur en zoutgehalte

1.3 Voorstel aanpak berekening verspreiding koudelozing

In geval het een situatie betreft waarvan de het effecten op voorhand niet groot lijken kan op basis van een eenvoudige benadering, waarvoor relatief weinig basisinformatie nodig is, een verantwoorde afweging worden gemaakt.

De gedachte is te beginnen met een eenvoudige tool (indien geschikt voor de situatie) en dan te toetsen of resultaten kritisch worden. Indien resultaten kritisch worden dan wordt met een nauwkeuriger (gedetailleerdere) tool een nieuwe voorspelling gemaakt. Deze nieuwe voorspelling wordt opnieuw getoetst. Figuur 0-2 schetst een vergelijkbare aanpak, die wordt beoogd in de Emissie-Immissietoets. Dit wordt naar verwachting in 2021 opgepakt.



Figuur 0-2 Beoogde werkwijze Immissietoets

Om deze werkwijze te kunnen uitvoeren moet duidelijk zijn wat onder “kritisch” wordt verstaan. Hiervoor geeft het beleidskader Koudelozingen een aanzet. Dit kader is op dit moment in concept gereed, naar verwachting zomer 2021 beschikbaar.

Op dit moment verdient het aanbeveling op basis van de kenmerken van de lozing en de kenmerken van het ontvangen watersysteem de meest geschikte beschikbare tool te kiezen. Zie hiervoor Tabel 0-1 en de bijbehorende toelichting in de volgende paragraaf. Let hierbij op de beschreven beperkingen. De tabel beschrijft de beschikbare tools, waarbij de complexiteit van boven naar beneden toeneemt.

1.4 Beschikbare rekenregels en tools

De volgende rekenregels en tools zijn voorhanden om van grof naar fijn een inschatting te kunnen maken van de verspreiding van de koude:

1. Volledige menging in het volledige volume van het watersysteem (0-d)
2. Thermisch profiel in stromend – volledige mening in breedte en diepte (1D) met geleidelijke opwarming vanuit de atmosfeer. Laat in longitudinale richting exponentiele afname koude met de afstand zien (1D-longitudinaal)
3. Optie 2 kan ook met SOBEK-DELWAQ (landelijke dekking) worden berekend
4. CIW immissietoets routine voor pluimberekeningen (de z.g. Fisher pluim). Laat longitudinaal met diepte (2D-vertikaal) het verloop van de koude zien
5. CIW immissietoets routine voor pluimen (Jet3D). Laat longitudinaal met diepte (2D-vertikaal) en longitudinaal met de breedte van de waterloop (2D-lateraal) het verloop van temperatuur zien met focus rondom de lozing in 3D.
6. CORMIX (bv <http://www.mixzon.com>)
7. Delft3D (evt icm Jet3D of CORMIX voor het near-field gedrag van de lozing)

Op dit moment is er géén tool beschikbaar die de toetsing in stappen faciliteert. Wel kan gebruik gemaakt van de tools die voor de verschillende stappen beschikbaar zijn. In het navolgende worden de verschillende opties toegelicht. E.e.a is samengevat in onderstaande tabel:

Watersysteem	Tool	Gebaseerd op	Houdt rekening met	Ongeschikt voor
Alle watersystemen	1. Volledig gemengd	Energiebalans	karacteristiek lozing (Q-loz, dT-loz) en watersysteem (volume en oppervlak)	onvolledig gemengde watersystemen
Lijnvormig stromend water (rivier, beek)	2. Thermisch lengteprofiel	Energiebalans	idem + watersysteem debiet en breedte watergang	niet stromend of onvolledig gemengd in dwars of diepterichting
Stromend water, meerdere lozingen op 1 watersysteem	3. Sobek	menging en energiebalans	idem+ meteorologie 1D dynamisch transport volledige menging diepte en breedte	gestratificeerde systemen (meren, zoutgelaagdheid)
Zoet water, stilstaand en stromend	4. Excel-tool	Fisher-relaties voor mengzones	stroming, diepte, breedte (meer) en diameter lozingspijp	Situaties waar dichtheidsverschillen een serieuze rol spelen

Idem	5. Jet3D	Jet3D vergelijkingen	stroming, diepte, breedte en karakteristieken van (uitstroom van) de lozing	far-field
Idem	6. CORMIX	als Jet3D	idem	minder geschikt voor far-field
Zoet water inclusief getijwateren en havens	Immissietoets webapplicatie	Jet3D en Fisher-relaties voor mengzones	Dichtheidsverschillen (a.g.v. temperatuur en zout)	Pas geschikt na aanpassing voor lozing van temperatuur
Diepe en ondiepe meren, stilstaand water Meerdere lozingen op 1 watersysteem	7. D3D	?	Meteo; stroming door wind bijv.	

Tabel 0-1 Beschikbare tools voor modellering van verspreiding van koude

1.5 Toelichting beschikbare rekenregels en tools

Gebruikte parameters

Q_{loz} = debiet van de lozing (m^3/s), ΔT_{loz} = watertemperatuurverschil lozing minus inname, negatief voor koudelozing (K), V =volume van het watersysteem (m^3), A =oppervlak van het watersysteem (m^2), B =breedte watersysteem, Z =zelfkoelingsgetal ($W/m^2/K$), ΔT_{ws} = temperatuurverandering van het watersysteem, ρ =dichtheid van water (kg/m^3) en C_p =warmtecapaciteit van water ($4200 J/kg/K$), L =lengte van een 1D-rivier. De lozing kan ook (zoals in het stroomschema van het concept beleidskader hierboven staat) worden gespecificeerd door MW en ΔT_{loz} . Daaruit is dan met ρ en C_p Q_{loz} bepaald.

Volledig gemengd (1)

Voor stilstaand water dat gecirculeerd wordt door de koudelozing (Q_{loz}) volgt uit een eenvoudige energiebalans hoeveel het hele watersysteem *ruimtelijk gemiddeld* ten opzichte van de natuurlijke temperatuur (=niet door de lozing beïnvloede) moet afkoelen om aangevoerde koude ($\approx Q_{loz} * \Delta T_{loz}$) via de atmosfeer precies te compenseren ($\approx \Delta T_{ws} * A$) zodat er geen ophoping van koude plaatsvindt. De formule is :

$$\Delta T_{ws} = \frac{Q_{loz} * \Delta T_{loz} * \rho * C_p}{Z * A}$$

Thermisch lengteprofiel (2 en 3)

Voor stromend water geldt dat een bovenstroomse afkoeling als gevolg van een koudelozing (volledig gemengd op moment van lozen) geleidelijk opwarmt richting natuurlijke temperatuur. Met onderstaande formule wordt uitgerekend hoe lang die opwarming duurt ($\approx Q$ en B). Daarmee

het wordt het 'thermisch lengteprofiel' van de temperatuurverandering berekend (de lozing vindt plaats op $x=0$ en de formule geeft aan hoe ΔT_{ws} in longitudinale richting afneemt).

$$\Delta T_{ws}(x) = \Delta T_{ws}(x = 0) * e^{-x/L}$$

Waarbij:

$$L = \frac{\rho \times C_p \times Q}{Z \times B}$$

CIW immissietoets (4)

Voor de beoordeling van de toelaatbaarheid van emissies van **stoffen** (niet temperatuur) op oppervlaktewater is de immissietoets ontwikkeld. De immissietoets berekent de concentratie van de geloosde stoffen als functie van de afstand tot het lozingspunt op basis van menging onder een veelheid van verschillende omstandigheden. Hierin zijn een webapplicatie en een excelapplicatie beschikbaar.

De uitgangspunten in de twee applicaties zijn zodanig gekozen dat uit oogpunt van milieu een veilige afweging wordt gemaakt. De berekende concentratietoenames kunnen hierdoor in werkelijkheid lager uitvallen, niet hoger. Voor tools voor de temperatuurveranderingen is een vergelijkbare aanpak gewenst. De webapplicatie van de immissietoets heeft alle ingrediënten om ook een koudelozing qua menging door te rekenen (menging als functie van de afstand inclusief correctie voor dichtheidsverschillen).

Voor eenvoudige situaties lijkt een benadering o.b.v. de Excel-tool voor de immissietoets geschikt voor complexere of kritischer situatie is de webapplicatie een goede optie.

De pluimmenging is voor beide applicaties gebaseerd op de Fisher relaties voor mengzones.

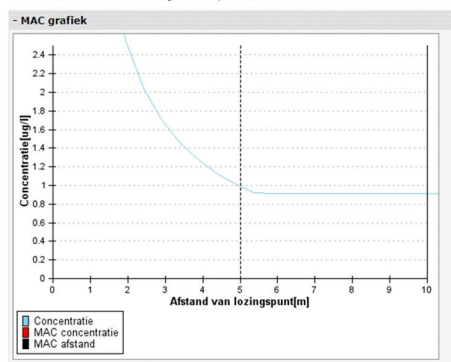
Excelapplicatie Immissietoets

De excelapplicatie is beschikbaar voor (stromende) zoete wateren. De Excel applicatie houdt geen rekening met dichtheidsverschillen.

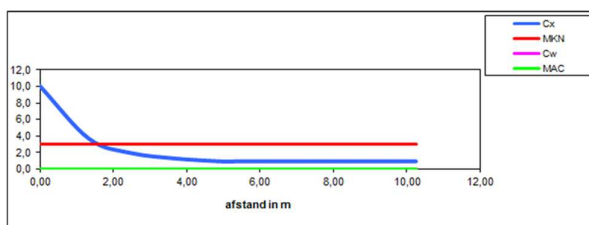
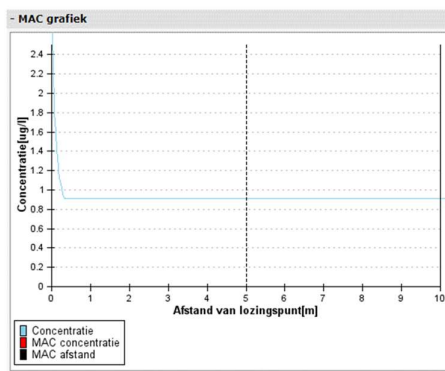
Webapplicatie Immissietoets

De webapplicatie (JET3D) kan worden toegepast voor getijde wateren als zoete wateren. De webapplicatie kan ook menging op basis van verschil in dichtheid tussen lozing en oppervlaktewater meenemen. De webapplicatie kan ook getijdenwateren doorrekenen. Maar gezien de omvang van koudelozingen in relatie tot de omvang van getijdenwateren lijken koudelozingen op getijdenwateren voorsnog geen probleem.

Zonder dichtheidsverschillen (webapplicatie); $Q_{loz}=0,01 \text{ m}^3/\text{s}$; $dT_{loz}=10 \text{ }^\circ\text{C}$;
 $B=20 \text{ m}$ en $d = 3 \text{ m}$ en $Q_{afv} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$



Met dichtheidsverschillen (webapplicatie): $\Delta \rho = 2,054 \text{ kg/m}^3$



Aandachtspunten Emmissietoets koudelozingen

De berekening m.b.v. Excel tool (zonder dichtheidsmenging) lijkt voor stoffen een worst case benadering en dus vanuit milieuoogpunt voldoende veilig. Omdat de invloed van meteorologie niet wordt meegenomen (geen opwarming, geen additionele menging door wind) is de benadering voor koudelozingen waarschijnlijk ook een worstcase benadering. Doordat in bovenstaande voorbeeld volledige menging al snel wordt bereikt kan op grotere afstand meteorologische invloed wel een rol te spelen. Voor koudelozingen is het een keuze om opwarming niet of heel behoudend mee te nemen in de berekening.

Stroming als gevolg van wind speelt voor stilstaande wateren zoals (grote) meren een rol. Stroming op basis windsnelheid is alleen voor IJsselmeer in de webapplicatie van de immisietoets opgenomen. Voor andere meren is deze optie niet voorhanden. Voor meren met een beperkte of helemaal geen doorstroming kan een aanpak op basis van een meer geavanceerde benadering, bijvoorbeeld 3D-modelering, een optie zijn.

JET3D (5)

Met Jet3D wordt de 3d verspreiding van en warmte- of koudepluim berekend onder invloed van de uitstrooim snelheid van de lozing en het drijf- dan wel zinkvermogen. Focus ligt op het near-field, tot tientallen meters van het lozingspunt vandaan.

Delft3D (6)

In praktijk blijkt dat alle watersystemen met Delft3D kunnen worden doorgerekend en betrouwbare resultaten geven als voldoende invoergegevens beschikbaar zijn. Belangrijk is de geometrie van het watersysteem (diepte, landwatergrenzen en barrières), de meteorologie is in Nederland altijd wel voorhanden. In stedelijk gebied echter niet altijd voldoende betrouwbaar in verband met schaduwwerking van gebouwen voor wind en zonnestraling. Minimale inspanning voor een Delft3D applicatie is orde 5 dagen. Toepassingen voor koudelozingen onderande in sloten,

diepe putten, stadswateren (Kralingse plas, Weerwater, Slotelas), kanalen (Jacob van Lennep kanaal, ARK) etc.

1.6 Aandachtspunten en interpretatie modellering

Voor de ecologische beoordeling kan ermee rekening worden gehouden dat een koudepluim aan de bodem aanligt en daar de ontwikkeling van fauna en waterplanten beïnvloedt. Een zinvol criterium kan dan zijn welk (bodem)oppervlak door de koude wordt beïnvloed, en in welke periode van het jaar (is het voorjaar gevoeliger dan de zomer?)

Bij koude lozingen is er een grotere kans op accumulatie dan bij vergelijkbare warmtelozingen omdat het mechanisme waardoor het temperatuurverschil uit het watersysteem verdwijnt anders en minder effectief is omdat een koude pluim de atmosfeer niet ziet. Als er meerdere koudelozingen op hetzelfde water komen neemt het belang van dit aspect toe.