



Ministerie van Infrastructuur  
en Waterstaat

## **Kosteneffectiviteit van maatregelen ter beperking van wateremissies**

(invulling BBT en BBT+)

Datum	2018
Status	definitief



## Colofon

Uitgegeven door Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat  
Informatie D. Bijstra  
Telefoon  
Fax  
Uitgevoerd door Rijkswaterstaat  
Opmaak  
Datum  
Status definitief  
Versienummer

### Werkgroepleden:

ir. D. Bijstra	Rijkswaterstaat – Water, Verkeer en Leefomgeving
ir. D. Vroon	Rijkswaterstaat – West-Nederland Zuid
drs. R.P.M. Berbee	Rijkswaterstaat – Water, Verkeer en Leefomgeving
ing. T. Boon	Rijkswaterstaat – Noord Nederland
ing. F.P.M. van Elst	Rijkswaterstaat – West-Nederland Noord
ir. C. van Houwelingen	Dow Chemical Terneuzen
mr. dr. ir. J.J.H. van Kempen	Rijkswaterstaat – Corporate Dienst
ing. J. Linders	Sitech Geleen
ing. N. Taal	Rijkswaterstaat – West-Nederland Zuid
ir. R.E.J. Tummers	Vereniging voor Energie, Milieu en Water (VEMW)
ir. C. Thijssen	Shell Moerdijk
ing. D. van Meir	Rijkswaterstaat – Zee en Delta
ing. S. Nijhof	Waterschap Vechtstomen
ir. R.M. van den Boomen	Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
ing. W.M. Fennema	Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
dr.ir. A.F. van Nieuwenhuijzen	Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
ir. L.F.C. Steens	Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Ir. S. Onnink	Contactpersoon Ministerie van Infrastructuur en Milieu

# Inhoudsopgave

Samenvatting 5

## **1 Inleiding 8**

## **2 Redelijkheid van maatregelen 15**

- 2.1 Maat voor waterbezwaarlijkheid 15
- 2.2 Maat voor kosteneffectiviteit 16
- 2.3 Redelijkheid van BBT maatregelen 16
- 2.4 Redelijkheid van BBT+ maatregelen 16
- 2.5 Motivatie methodiek kosteneffectiviteitsdrempels 17

## **3 Kosteneffectiviteit van maatregelen ter beperking van de wateremissie 19**

- 3.1 Uitgangspunten toepassen kosteneffectiviteitsdrempels 19
- 3.2 Kosteneffectiviteitsdrempels 20
- 3.3 Omgang met specifieke situaties 25
  - 3.3.1 Toedelen van kosten aan meerdere stoffen 25
  - 3.3.2 Toevoegen van stoffen in het zuiveringsproces en afbraakproducten 27
  - 3.3.3 Verplaatsing van emissies naar andere milieucompartimenten 27
  - 3.3.4 Kleine vrachten en lage concentraties 28
  - 3.3.5 Bijvangst 29

## **BEGRIPPENLIJST 30**

### BIJLAGEN

- I Kader kostenberekeningen
- II Voorbeeldberekeningen
- III Motivatie kostenberekeningen

## Samenvatting

In Europees en Nederlands beleid en wetgeving zijn waarborgen opgenomen ter bescherming en verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit. Om voldoende bescherming van de waterkwaliteit te garanderen, worden bij het beoordelen van een vergunningaanvraag voor lozingen onderstaande twee sporen gevolgd:

Het eerste spoor houdt in dat minimaal de 'beste beschikbare techniek' (BBT) worden toegepast. Voor veel verschillende bedrijfstakken zijn technieken om emissies naar water te beperken, beschreven in Europese referentiedocumenten (de BREF's en BBT-conclusies) en Nederlandse Informatiedocumenten over BBT. Zijn die documenten niet beschikbaar, dan moet het bevoegd gezag zelfstandig een afweging maken omtrent de beste beschikbare technieken voor de aangevraagde lozing.

Met de Algemene BeoordelingsMethodiek (ABM) wordt beoordeeld hoe waterbezwaarlijk stoffen zijn. De waterbezwaarlijkheid bepaalt vervolgens welke (combinatie van) technieken als BBT moet worden ingezet;

Als tweede spoor moet de resterende lozing na toepassing van BBT worden beoordeeld op het effect op de oppervlaktewaterkwaliteit. In Nederland is daarvoor het instrument 'immissietoets' ontwikkeld, zoals beschreven in het Handboek Immissietoets. De immissietoets is ook van toepassing op indirecte lozingen. Indien niet aan de immissietoets kan worden voldaan is een aanvullende sanering nodig om de lozing te kunnen toestaan. In geval van een *directe* lozing heeft de saneringsinspanning betrekking op de directe lozing naar oppervlaktewater en in geval van een *indirecte* lozing op de toeleverende stroom naar de zuivering die oorzaak is van het niet voldoen aan de immissietoets. Deze aanvullende sanering wordt in dit document BBT+ genoemd.

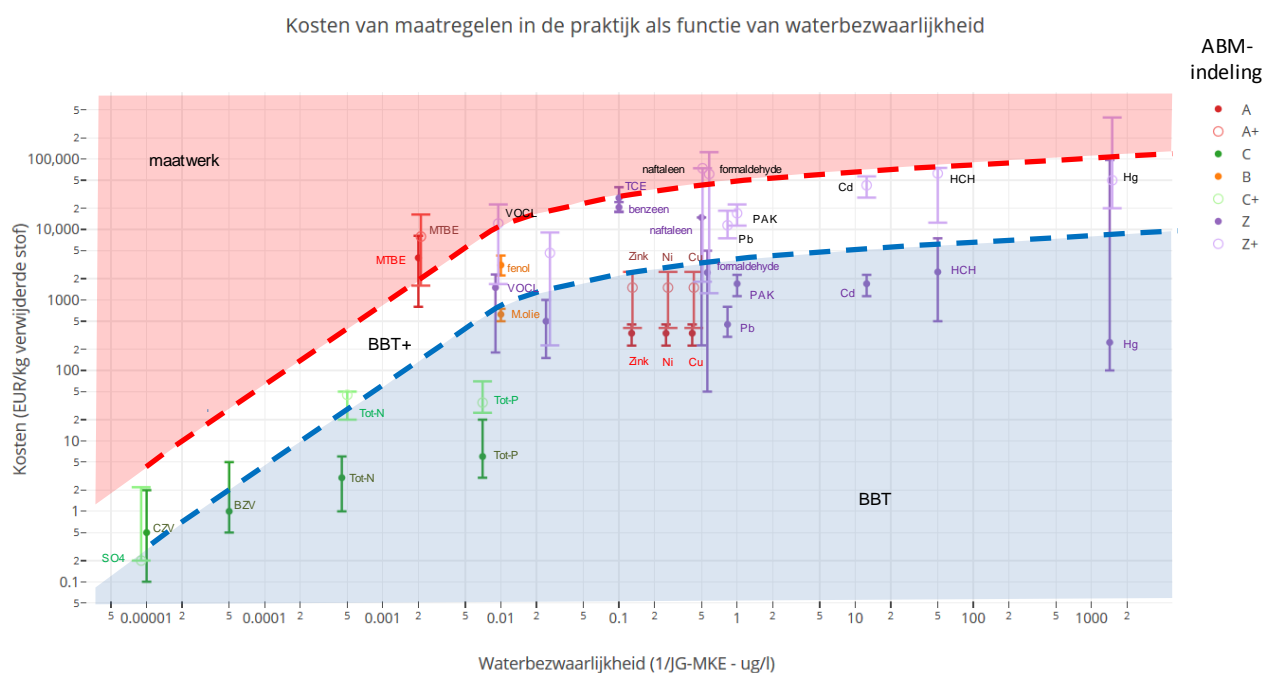
De BBT moet altijd worden toegepast, ongeacht de locatie waar de emissie plaatsvindt. In veel gevallen kan een kostenafweging voor toepassing van BBT achterwege blijven, omdat in Europees verband alleen een afweging in de BREF-documenten is gemaakt over de redelijkheid van deze kosten. Bij niet-IPPC bedrijven is de BBT echter nog niet vastgesteld. Ook is het zo dat niet voor alle processen binnen IPPC-bedrijven BBT zijn vastgesteld. Het bevoegd gezag moet dan zelfstandig vaststellen welke technieken als BBT kwalificeren. In die situaties kan gebruik worden gemaakt van de relatie die wordt gelegd tussen milieubezwaarlijkheid van een lozing en 'in rede te verlangen kosten' om de lozing te beperken om richting te geven aan het inspanningsniveau behorend bij BBT. Tot 2018 werd voor de kosteneffectiviteit door RWS en een sommige waterschappen een intern document van Rijkswaterstaat uit 2007 gebruikt dat op pragmatische wijze een relatie legt tussen de waterbezwaarlijkheid van stoffen en kosteneffectiviteitsdrempels [ref. 1.].

De beoordeling van de restlozing op het effect op de oppervlaktewaterkwaliteit is een 'lokale' afweging. Voor de aanvullende saneringsinspanning (BBT+) die uit de immissietoets volgt, was tot dusver geen methode vastgesteld. Voor bepaalde, specifieke situaties geldt ook in dit spoor dat kosten van maatregelen mogen worden meegenomen bij de beoordeling van maatregelen. Ook dan geldt dat de kosten die van bedrijven worden gevraagd 'redelijk' moeten zijn en zich moeten verhouden tot de milieu-impact van de lozing. De specifieke situaties waarin dit aan de orde is, zijn beschreven in dit document. Betreft het andere situaties, dan dienen alle nodige maatregelen te worden getroffen om aan de immissietoets te kunnen voldoen, ongeacht de kosten.

Er is zowel bij vergunningverleners als bij de industrie behoefte aan inzicht in wat ‘redelijke’ kosten zijn. Dat schept duidelijkheid en zorgt binnen Nederland voor meer uniformiteit in de vergunningverlening. Dit rapport beschrijft op welke wijze kan worden vastgesteld welke kosten in deze situaties redelijk zijn, onder meer door een relatie te leggen tussen de waterbezwaarlijkheid van stoffen en ‘kosteneffectiviteitsdrempels’: de maximale kosten die nog als redelijk worden beschouwd om aan de waterkwaliteitsdoelstellingen te voldoen. Het gaat hier om aanvullende maatregelen verdergaand dan BBT. De jaarlijkse kosten per kg- verwijderd behorende bij dit type maatregelen ligt hoger dan voor BBT.

De onderstaande afbeelding geeft deze kosten [€/kg-verwijderd] weer als functie van de waterbezwaarlijkheid van een stof en geeft een beeld van de spreiding van kosten van maatregelen. Het gaat hier om toepassingen van zowel BBT als BBT+.

**Afbeelding 1 Kosteneffectiviteitsdrempels\***



*De met een + aangegeven punten betreffen BBT+ technieken  
 Waar een stofgroep meerdere normen kent, is uitgegaan van een gemiddelde JG-MKE  
 De punten in de grafiek geven de meest realistisch geachte kosten weer  
 De balken de range van kosten die is aangetroffen in diverse cases, literatuur en referentie-ontwerpen  
 Voor ecologische parameters (N en P) en C-stoffen (bijv. chloride) kan de beoordeling van een lozing afwijken van die voor (milieubezwaarlijke) chemische parameters. Derhalve is de blauwe lijn voor deze stoffen als vertrekpunt voor het vaststellen van in rede te verlangen kosten voor BBT+ minder geschikt.*

Op de X-as van de grafiek is de waterbezwaarlijkheid logaritmic weergegeven als 1/JG-MKE (de jaargemiddelde milieukwaliteitseis). Op de Y-as zijn de jaarlijkse kosten logaritmic weergegeven, uitgedrukt in EUR/kg verwijderde stof. Het gaat hier om de marginale kosten die emissiereductie van een specifieke stof met zich meebrengt. Voor de kosteneffectiviteitsdrempels (de blauwe en rode lijn in de grafiek) gaat het hier om maximale kosten. Als tegen lagere kosten óók de waterkwaliteitsdoelstelling kan worden gehaald, is de lozing in principe vergunbaar.

Uit de grafiek volgt dat de in de praktijk gevonden kosten per kg-verwijderd per stof variëren en dat de ratio tussen maximale kosten en de minimale kosten per kg-verwijderd per stof kan variëren. Voor kwik zijn de gevonden maximale kosten per kg verwijderd 22 keer zo hoog als de minimale kosten. Gemiddeld zit er ruwweg een factor 10 tussen de hoogste kosten (BBT<sup>+</sup> of BBT) en de laagste gevonden kosten (minimaal BBT).

In de grafiek zijn twee gebieden weergegeven. Het onderste blauwe gebied, is de weergave van in de praktijk gevonden kosten per kg-verwijderd voor BBT-maatregelen gerelateerd aan de waterbezwaarlijkheid van een stof. De bovenste begrenzing van dit gebied (blauwe stippellijn) kan worden gebruikt als indicatie van de (maximaal) te verlangen kosten per kg-verwijderd op het moment dat de BBT voor een bepaald bedrijf niet bekend is. Opgemerkt moet worden dat dit geen investeringsverplichting betreft; op het moment dat wordt voldaan aan de immissietoets en vergelijkbare emissieniveaus worden behaald of technieken worden ingezet als bij een vergelijkbaar bedrijf waarvoor wel vastgestelde BBT bestaan, is dit ook voldoende.

In geval niet kan worden voldaan aan de immissietoets zijn aanvullende maatregelen (BBT<sup>+</sup>) noodzakelijk. Om daadwerkelijk een andere categorie maatregelen als mogelijke saneringsoptie te kunnen beschouwen moet het maximale inspanningsniveau [€/kg-verwijderd], dat als uitgangspunt wordt genomen voor de verkenning van mogelijke maatregelen, aanzienlijk hoger liggen dan het inspanningsniveau behorend bij BBT.

In bovenste (roze) gebied zijn de kosten per kg-verwijderd weergegeven van maatregelen die als BBT<sup>+</sup> kunnen worden aangemerkt. Deze kosten in de grafiek gelden alleen voor het deel van de emissie dat aanvullend verwijderd dient te worden.

De rode stippellijn is het vertrekpunt voor het 'in rede te verlangen' (maximale) inspanningsniveau (EUR/kg verwijderde stof) als functie van de waterbezwaarlijkheid, nodig om te bepalen welke maatregelen in een verkenning van mogelijke saneringsopties tegen het licht moeten worden gehouden. Opgemerkt dient te worden dat dit ook hier geen investeringsverplichting betreft. Als tegen geringere kosten kan worden voldaan aan de immissietoets is dit voldoende.

Alleen wanneer het een lozing van ZZS betreft, waarvoor een verplichting tot continue verbetering geldt, is het raadzaam om te kijken naar de maatregel met het hoogste verwijderingsrendement binnen de range van de te beschouwen maatregelen.

Voor de bepaling van de in rede te verlangen kosten voor een stof is een excel-tool ontwikkeld. Met deze tool kan ook worden beoordeeld of een maatregel kosteneffectief is indien door een maatregel de lozing van één of meerdere stoffen worden beperkt.

## Verantwoording<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Dit document is opgesteld door een werkgroep bestaande uit vertegenwoordigers van de Vereniging van Energie, Milieu en Water (VEMW), Rijkswaterstaat. Het document is afgestemd met verschillende vergunningverleners van RWS en Waterschappen.

Als uitgangspunt is de rapportage uit 2007 van Witteveen en Bos Raadgevende Ingenieurs genomen [ref. 1]. Dit bureau heeft de werkgroep ondersteund om maatregelen te inventariseren en voorbeelden en methodiek nader uit te werken.

## 1 Inleiding

Om de waterkwaliteit te borgen, worden lozingen volgens twee sporen door het bevoegd gezag getoetst: ten eerste wordt beoordeeld of de beste beschikbare technieken (BBT) worden toegepast ter minimalisering van de waterbezwaarlijkheid en de hoeveelheid van de lozing en vervolgens wordt het effect van de restlozing op de oppervlaktewaterkwaliteit beoordeeld door middel van een immissietoets. Deze sporen vervullen verschillende functies. Toepassing van BBT moet leiden tot een zo laag mogelijke belasting van het oppervlaktewater; toepassing van de immissietoets moet leiden tot een belasting die acceptabel is in het licht van de waterkwaliteitsdoelstellingen. Deze eisen staan naast elkaar en aan deze eisen wordt achtereenvolgens getoetst.

### BBT

De Algemene BeoordelingsMethodiek (ABM) is op grond van regelgeving voorgeschreven bij de beoordeling van lozingen om de waterbezwaarlijkheid van stoffen vast te stellen en om op basis daarvan te kunnen bepalen welke (combinatie van) technieken moet worden ingezet om deze lozingen te minimaliseren. Bij het bepalen van deze technieken is het toepassen van BBT het uitgangspunt.

Het begrip ‘beste beschikbare technieken’ is specifiek in wetgeving gedefinieerd. In dit document wordt voor dit begrip aangesloten bij deze definitie. Welke technieken de beste beschikbare technieken zijn, wordt in twee stappen vastgesteld. Ten eerste dient bekeken te worden welke technieken economisch en technisch haalbaar zijn in de betreffende bedrijfstak en welke technieken redelijkerwijs ook te verkrijgen zijn door de initiatiefnemer. Technieken die aan deze criteria voldoen, zijn ‘beschikbare’ technieken. Vervolgens wordt van de beschikbare technieken beoordeeld welke de ‘beste’ zijn. Dit zijn de meest doeltreffende technieken om emissies en andere nadelige gevolgen zoveel mogelijk te voorkomen of beperken.

Omdat het vaak lastig is in concrete gevallen aan te duiden welke technieken aan deze criteria voldoen, is voor veel bedrijfstakken en activiteiten voorgeschreven welke technieken als BBT kwalificeren. Voor emissies uit IPPC-installaties is dit op Europees niveau gebeurd in zogenoemde BBT-conclusies, die een zelfstandig onderdeel van de BREF's vormen, waarin eveneens de met die technieken geassocieerde emissieniveaus zijn opgenomen (BBT-GEN genoemd). Naast deze BBT-conclusies zijn er ook op nationaal niveau zogenoemde BBT-informatiedocumenten vastgesteld waarin beste beschikbare technieken zijn beschreven.

Zijn er geen BBT-conclusies of BBT-informatiedocumenten beschikbaar, dan moet het bevoegd gezag in voorkomende gevallen zelfstandig vaststellen welke technieken als BBT moeten worden toegepast. In dit document wordt een relatie gelegd tussen de waterbezwaarlijkheid van een stof en de ‘in rede te verlangen’ kosten. De vergunningverlener kan in geval geen BBT-conclusies of BBT-informatiedocumenten beschikbaar zijn, dit document gebruiken voor de bepaling van de ‘in rede te verlangen kosten’ van een maatregel.

### Immissietoets

Het Handboek Immissietoets dient op grond van regelgeving gebruikt te worden bij de beoordeling van lozingen en geeft aan hoe de immissietoets uitgevoerd moet worden. De lozing wordt daarbij getoetst aan de waterkwaliteitsdoelstellingen: de concentratie op de



rand van de mengzone in het oppervlaktewater wordt berekend als resultante van de lozing en achtergrondconcentraties. Deze wordt vervolgens getoetst aan een aantal criteria, zoals het voldoen aan de normen voor oppervlaktewater en de relatieve stijging van de concentraties ten opzichte van de norm. Hierin zit – naast het borgen van de waterkwaliteitsdoelstellingen – ook een component om normopvulling tegen te gaan. De toetsing op de rand van de mengzone in plaats van enkel op het monitoringspunt, zorgt ervoor dat individuele lozers niet in één keer de milieugebruiksruimte van een heel oppervlaktewaterlichaam kunnen gebruiken, maar verdeelt de gebruiksruimte in de diverse mengzones, waarvan effectbeoordeling op de rand plaatsvindt.

Het handboek immissietoets is ook van toepassing op indirecte lozingen. In het handboek is beschreven hoe in dit geval de immissietoets moet worden uitgevoerd.

Als de lozing niet aan de immissietoets voldoet, zal het bevoegd gezag aanvullende saneringsinspanningen voorschrijven om de lozing wel acceptabel te laten zijn. In geval van een *directe* lozing heeft de saneringsinspanning betrekking op de directe lozing naar oppervlaktewater en in geval van een *indirecte* lozing op de toeleverende stroom naar de zuivering die oorzaak is van het niet voldoen aan de immissietoets.

Voor deze aanvullende inspanning hanteren we in dit document de term BBT+. BBT+ kan op verschillende manieren worden ingevuld: meestal gaat het om een aanvullende zuiveringsstap (voor- of nazuivering), tot op het niveau waarop wordt voldaan aan de doelstellingen voor het oppervlaktewater. Echter ook alternatieve methoden waarmee wordt voldaan aan de waterkwaliteitsdoelstellingen zijn toegestaan en verdienen vaak zelfs de voorkeur, zoals procesoptimalisatie en/of grondstofvervanging.

#### De rol van kosten bij BBT en BBT+

Bij het door het bevoegd gezag vaststellen van BBT en de bijbehorende emissie-eisen spelen kosten een rol; de betreffende technieken moeten immers ook economisch haalbaar zijn. Technieken die in dit opzicht 'te duur' zijn, kunnen niet van de vergunningaanvrager gevegd worden vanuit BBT-oogpunt. Let wel: deze economische haalbaarheidstoets wordt uitgevoerd voor de betreffende bedrijfstak; de individuele economische situatie van het betreffende bedrijf is – voor zover deze afwijkt van gemiddelde bedrijven in die bedrijfstak – hiervoor niet relevant.

Bij het vaststellen van de nodige aanvullende maatregelen (BBT+) op grond van de immissietoets, speelt de economische haalbaarheid van die maatregelen slechts in specifieke gevallen een rol. Dit kan ten eerste aan de orde zijn wanneer de lozing niet door de significantietoets op de rand van de mengzone komt, maar er geen sprake is van achteruitgang van de oppervlaktewatertoestand of van het in gevaar brengen van het tijdig bereiken van een goede oppervlaktewatertoestand of potentieel. De aanvullende maatregelen die dan nodig zijn, moeten haalbaar en betaalbaar zijn.

Ook in geval van lozingen die zijn geregeld via *algemene regels* kan alleen in deze specifieke situatie rekening worden gehouden met kosten bij de beoordeling van maatregelen. De vergunningverlener moet hierbij wel oordelen dat aanscherpend maatwerk op basis van de immissietoets nodig- en o.b.v. algemene regels mogelijk is.

Wanneer echter op grond van de immissietoets wordt geconcludeerd dat de lozing het behalen van de waterkwaliteitsdoelstellingen in de weg staat, spelen kosten in beginsel geen rol. Die doelstellingen zijn immers een harde randvoorwaarde bij het beoordelen van

lozingen. Hierop zijn voor bestaande lozingen wel twee uitzonderingen, waarin ook bij het bepalen van de vereiste BBT+-maatregelen die nodig zijn wegens strijd met de waterkwaliteitsnormen, toch een kostenafweging gemaakt kan worden.

Bij bestaande lozingen kan in sommige gevallen sprake zijn van het opnieuw uitvoeren van een immissietoets, bijvoorbeeld wanneer sprake is van een wijziging of uitbreiding van de lozing, of wanneer het bevoegd gezag ambtshalve besluit tot wijziging van de vergunning. Ingeval er geen sprake is van een uitbreiding of een wijziging van de lozing die negatieve gevolgen heeft voor de waterkwaliteit, kan in twee situaties bij bestaande lozingen toch een kostenafweging gemaakt worden omtrent de aanvullend te verlangen BBT+-maatregelen. Dit is het geval als er sprake is van nieuw ontdekte stoffen of van een aanscherping van de waterkwaliteitsnorm en technische randvoorwaarden die noodzakelijke emissiereductie nodig om aan immissietoets te voldoen, onmogelijk maken. Deze twee situaties worden hieronder nader beschreven.

#### *Nieuw ontdekte stoffen*

Door steeds beter wordende detectiemethoden, komt het vaker voor dat in een reeds bestaande en vergunde lozing nieuwe stoffen worden aangetroffen, waarvan de aanwezigheid in het afvalwater nog niet eerder bij vergunninghouder en bevoegd gezag bekend was. In die gevallen gaat het dus niet om het starten van een nieuwe activiteit of om verandering of uitbreiding daarvan, maar enkel om nieuwe kennis die beschikbaar komt.

Wanneer voor deze nieuw-ontdekte stoffen vervolgens een immissietoets wordt uitgevoerd, kan blijken dat aanvullende maatregelen vereist zijn om de lozing van deze stof terug te dringen. Afhankelijk van de bewoordingen van de vergunning die voor de afvalwaterstroom verleend is, kunnen deze stoffen wel of niet onder de al afgegeven vergunning vallen. Vallen ze reeds onder de vergunning, dan dienen de vereiste aanvullende maatregelen via een ambtshalve wijziging van de vergunning voorgeschreven te worden. Vallen de nieuw-ontdekte stoffen nog niet onder de vergunning, dan dient een wijzigingsvergunning te worden aangevraagd door de vergunninghouder, waarin het bevoegd gezag de nieuw-ontdekte stoffen kan vergunnen en de vereiste aanvullende maatregelen zal voorschrijven.

#### *Aanscherping van waterkwaliteitsnorm vergunde bestaande lozing*

Ingeval van een aanscherping van een waterkwaliteitsnorm zal bij een herziening van de vergunning, een aanvraag om een nieuwe vergunning wanneer het een tijdelijke vergunning betreft, of bij een ambtshalve wijziging van de vergunning, een immissietoets moeten worden uitgevoerd met de nieuwe norm. In de oorspronkelijke vergunning werd voldaan aan de immissietoets en het maatregelenpakket is hierop afgestemd. Nieuwe normen kunnen aanvullende maatregelen nodig maken die vergaande economische consequenties met zich kunnen meebrengen. De vrijheidsgraden voor oplossingen zijn in bestaande situaties vaak beperkt waardoor kosten van maatregelen veel hoger (kunnen) uitvallen.

In deze twee specifieke gevallen – waarin het niet gaat om het starten van een nieuwe activiteit, of om het veranderen of uitbreiden van een bestaande activiteit, maar enkel om het beschikbaar komen van nieuwe kennis omtrent reeds geloosde stoffen die vervolgens niet door de immissietoets komen, of om een aanscherping van waterkwaliteitsnormen – kan het bevoegd gezag besluiten om een afweging te maken omtrent de economische redelijkheid van de aanvullend vereiste maatregelen. Anders dan bij het vergunnen van nieuwe lozingen – waarbij een immissietoets plaatsvindt gedurende de ontwerpfasen en er dus veel vrijheidsgraden zijn (substitutie van stoffen, vermindering ontstaan afvalwater, extra zuivering, andere locatie, etc.) om het ontwerp zodanig aan te passen dat aan de

immissietoets voldaan wordt – zijn er bij bestaande lozingen met een vaststaande configuratie in de regel immers veel minder mogelijkheden om de emissie van nieuw-ontdekte stoffen te reduceren en kunnen oplossingen duurder uitpakken. Het ligt in die gevallen dus in de rede om met die hogere kosten rekening te houden.

Deze kostenafweging kan ertoe leiden dat ook na toepassing van aanvullende maatregelen die economisch haalbaar zijn niet aan de immissietoets voldaan wordt, maar toch een wijzigingsvergunning wordt afgegeven. Omdat het een al bestaande lozing betreft, is deze impact immers al verdisconteerd in de huidige waterkwaliteit. Hierdoor leidt de lozing als zodanig niet tot een achteruitgang van de toestand of tot het verder in gevaar brengen van het tijdig bereiken van een goede toestand of een goed potentieel. Omdat wel maatregelen worden genomen, zal de waterkwaliteit als gevolg van deze maatregelen verbeteren.

Het bevoegd gezag past in deze gevallen een maatwerkafweging toe, waarin gekeken wordt tot welk niveau de lozing van de nieuw-ontdekte stoffen of de stoffen waarvan de waterkwaliteitsnorm is aangescherpt, gereduceerd moet worden. De waterbeheerder zal dan op waterlichaamniveau moeten bekijken of bij andere bronnen (indien nodig) nog emissiereductie kan worden gerealiseerd om te komen tot de nodige verbetering van de waterkwaliteit (zie ook paragraaf 2.6.6 van het Handboek Immissietoets 2016).

NB: het maken van een kostenafweging is in deze gevallen een keuze van het bevoegd gezag en betreft geen *verplichting*. Wanneer het vanuit milieu- of volksgezondheidsoogpunt nodig geacht wordt om toch duurdere maatregelen voor te schrijven, blijft deze bevoegdheid bestaan. Voor deze meerkosten bestaat in die gevallen altijd de mogelijkheid voor vergunninghouders om een beroep te doen op nadeelcompensatie. Dit document kan in die gevallen evenwel ook behulpzaam zijn om de mate waarin het meerkosten betreft, inzichtelijk te maken. Of het bevoegd gezag inderdaad ertoe besluit om 'te dure' aanvullende maatregelen niet van de vergunninghouder te vergen, zal onder meer afhangen van de aard en effecten van de betreffende nieuw-ontdekte stoffen. Betreft het bijvoorbeeld stoffen waarvan de achtergrondconcentratie in het ontvangende oppervlaktewater al vele malen boven de waterkwaliteitsnormen ligt, dan ligt het voor de hand dat het bevoegd gezag een kostenafweging maakt. Betreft het echter stoffen die als gevolg van de lozing bijvoorbeeld leiden tot een overschrijding van de normen op een drinkwaterinnamepunt waardoor er mogelijk een negatief effect op de volksgezondheid is, dan ligt het niet voor de hand op basis van kostenoverwegingen af te zien van maatregelen die nodig zijn om deze normoverschrijding ongedaan te maken.

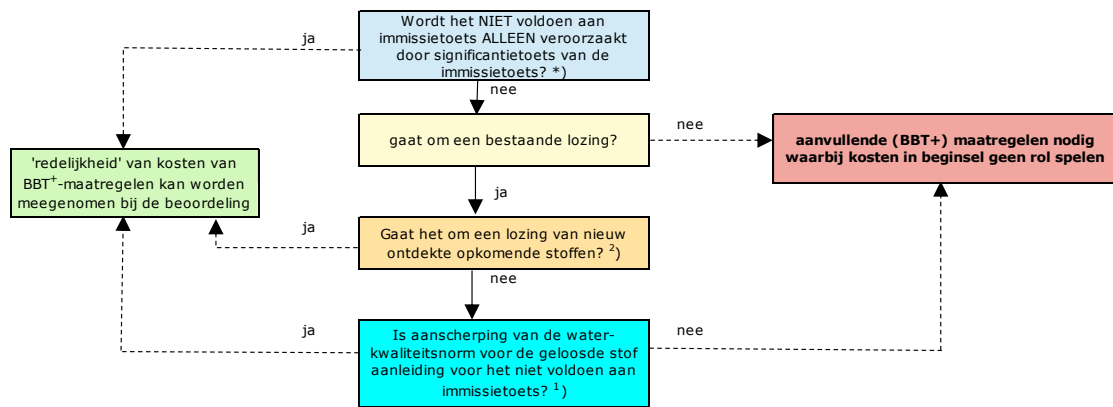
#### *Resumerend*

Het meewegen van de kosteneffectiviteit van BBT+-maatregelen speelt samenvattend in drie situaties een rol:

- Wanneer het niet-voldoen aan de immissietoets het gevolg is van het niet-voldoen aan de significantietoets op de rand van de mengzone;
- Wanneer het een bestaande lozing betreft waarin nieuwe stoffen worden ontdekt; of
- Wanneer het een bestaande lozing betreft waar stoffen in aanwezig zijn waarvoor de waterkwaliteitsnormen zijn aangescherpt.

In het navolgende schema is weergegeven wanneer in situaties waarin niet voldaan wordt aan immissietoets en BBT+ maatregelen moeten worden genomen, een kostenafweging kan worden gemaakt bij de beoordeling van maatregelen.

**BESLIS-SCHEMA VOOR DE BEOORDELING HOE OM TE GAAN MET KOSTEN VAN MAATREGELN IN SITUATIES WAARBIJ NIET WORDT VOLDAAN IMMISSIE-TOETS:**



<sup>1)</sup> Indien een bestaande vergunde lozing die in verleden voldeed aan immissietoets en BBT en NIET meer kan voldoen aan immissietoets a.g.v. aanscherping van de norm, ligt het in de rede om de redelijkheid van maatregelen (lees bovengrens van kosten voor BBT+) mee te nemen in de beoordeling van het maatregelen pakket. De technische mogelijkheden om een emissie te beperken met zuiveringstechnische maatregelen zit verwerkt in de kosten voor BBT+. De mogelijkheden en vrijheidsgraden om maatregelen te nemen zijn bij bestaande lozingen minder groot dan bij nieuwe situaties. De kosten zijn navenant hoger.  
<sup>2)</sup> Die géén deel uitmaken van de vergunning  
 \*) Na uitvoering van maatregelen

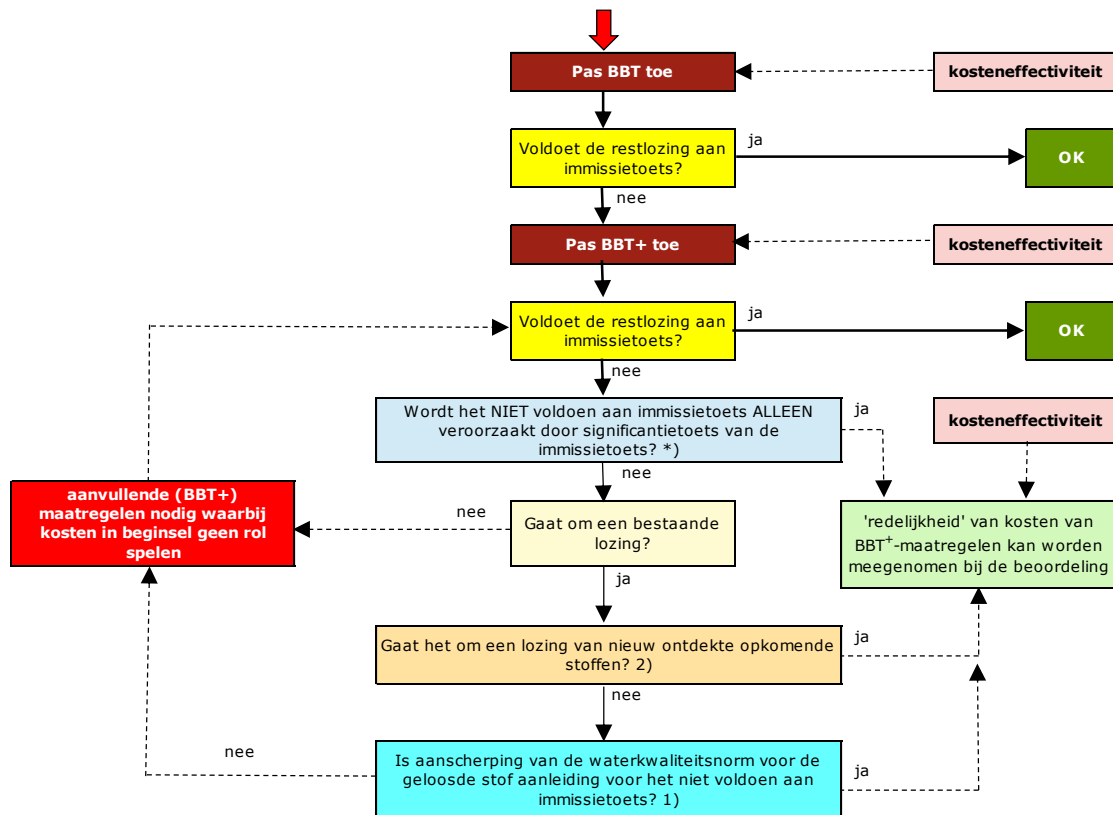
**Kosteneffectiviteit**

Bij de afweging over economische haalbaarheid bij de BBT-toets en bij de eventueel te maken kostenafwegingen met betrekking tot BBT+ in de hiervoor genoemde drie situaties, speelt de kosteneffectiviteit van de toe te passen maatregelen een belangrijke rol. Met kosteneffectiviteit (KE) wordt hier bedoeld: de in rede te verlangen inspanning, uitgedrukt als jaarlijkse kosten (EUR) van een maatregel, afgemeten aan de jaarlijks vermeden emissie (kg-verwijderd). Een maatregel is kosteneffectief indien het quotiënt van de jaarlijkse kosten en de vermeden emissie op jaarbasis (kg-verwijderd) niet uitkomt boven de kosteneffectiviteit van een stof.

De in ‘rede te verlangen’ inspanning is niet onbegrensd en hangt af van de milieubezwaarlijkheid van een stof. Des te hoger de milieubezwaarlijkheid van een stof des te hoger de in ‘rede te verlangen inspanning’ mag zijn (zie hoofdstuk 3).

In onderstaand figuur is inzichtelijk gemaakt in welke stappen in de toetsing van een lozing deze kosteneffectiviteit een rol speelt:

## ROL VAN KOSTENEFFECTIVITEIT (KE) BIJ DE BEOORDELING VAN DE 'REDELIJKHEID' VAN MAATREGELEN



<sup>1)</sup> Indien een bestaande vergunde lozing die in verleden voldeed aan immissietoets en BBT en NIET meer kan voldoen aan immissietoets a.g.v. aanscherping van de norm, ligt het in de rede om de redelijkheid van maatregelen (lees bovengrens van kosten voor BBT+) mee te nemen in de beoordeling van het maatregelen pakket. De technische mogelijkheden om een emissie te beperken met zuiveringstechnische maatregelen zit verwerkt in de kosten voor BBT+. De mogelijkheden en vrijheidsgraden om maatregelen te nemen zijn bij bestaande lozingen minder groot dan bij nieuwe situaties. De kosten zijn navenant hoger.

<sup>2)</sup> Die géén deel uitmaken van de vergunning

\*) Na uitvoering van maatregelen

Tot 2018 werd voor de kosteneffectiviteit door RWS en een sommige waterschappen een intern document van Rijkswaterstaat uit 2007 gebruikt dat op pragmatische wijze een relatie legt tussen de waterbezwaarlijkheid van stoffen en kosteneffectiviteitsdrempels [ref. 1.]. Omdat recent de ABM (Algemene BeoordelingsMethodiek) [ref. 2.] en het Handboek Immissietoets [ref. 3.] zijn vernieuwd en diverse BBT-conclusies zijn geactualiseerd, zijn deze kosteneffectiviteitsdrempels aan een herziening toe. In deze studie zijn de kosten van maatregelen voor BBT maatregelen uit het document van 2007 opnieuw beoordeeld. Kosten zijn geïndexeerd tot huidig prijspeil en aangevuld met nieuwe info over kosten van maatregelen.

In het document uit 2007 werd nog niet ingegaan op 'BBT+'. Juist voor deze aanvullende saneringsinspanning is inzicht gewenst in de redelijkheid van de aanvullende maatregelen die worden gevraagd. In de praktijk moesten vergunningverleners tot nog toe de redelijkheid van maatregelen overwegen, maar door het ontbreken van een afwegingskader konden regionale verschillen ontstaan. Een beleidsmatig afwegingskader voor de vaststelling van de 'in rede te verlangen kosten' voor BBT+ is nodig. In dit rapport wordt dit afwegingskader beschreven.

De voorliggende rapportage is openbaar beschikbaar en zal een plaats krijgen in het handboek water. Op deze wijze kunnen bedrijven dit document gebruiken bij het opstellen van een vergunningsaanvraag en het bevoegde gezag voor de beoordeling van lozingsaanvragen..

In dit rapport wordt achtereenvolgens ingegaan op:

- Een motivatie voor de redelijkheid van maatregelen;
- Kosteneffectiviteitsdrempels;
- Maatwerkafwegingen.

In de bijlagen is omschreven hoe de kosten van een maatregel kunnen worden berekend (I) en worden daarnaast een aantal voorbeeldberekeningen weergegeven (II). In bijlage III wordt ingegaan op de motivatie van kostenberekeningen.

## 2 Redelijkheid van maatregelen

In 2007 is, na onderzoek naar diverse methodieken, ervoor gekozen de kosteneffectiviteitsdrempel van maatregelen (uitgedrukt als EUR/kg verwijderde stof), te relateren aan de waterbezwaarlijkheid van stoffen: Hoe bezwaarlijker de stof, hoe hoger de kosten voor maatregelen (per kg) die nog billijk zijn. Omdat zowel vanuit de industrie als vanuit het bevoegd gezag deze pragmatische aanpak wordt gewaardeerd, wordt hier nu op voortgebouwd.

Nieuw in de voorliggende aanpak is de introductie van de kosteneffectiviteitsdrempel voor BBT+, die van toepassing zijn op zeer specifieke situaties, zie de inleiding. Daarnaast zijn de kosteneffectiviteitsdrempels afgestemd op recente beleidsontwikkelingen en uitgebreider onderbouwd. Voor de onderbouwing van de kosteneffectiviteitsdrempels is uitgegaan van een combinatie van praktijkervaringen, getallen benoemd in BREF's en referentieontwerpen.

In deze paragraaf wordt achtereenvolgens ingegaan op;

- Maat voor waterbezwaarlijkheid;
- Maat voor kosteneffectiviteit;
- Redelijkheid van BBT maatregelen;
- Redelijkheid van BBT+ maatregelen;
- Motivatie methodiek.

### 2.1 Maat voor waterbezwaarlijkheid

Om de kosten voor het verwijderen van stoffen uit te kunnen zetten tegen de waterbezwaarlijkheid van een stof is een maat voor waterbezwaarlijkheid nodig. Als maat wordt in deze rapportage uitgegaan van de waterkwaliteitsnorm van een stof, uitgedrukt als 1/JG-MKE (1/jaargemiddelde milieukwaliteitseis).

Voor deze maat is gekozen omdat:

- Het ligt voor de hand te kiezen voor een waterkwaliteitsnorm als parameter om kosten tegen af te zetten, omdat juist het niet halen van de waterkwaliteitsnorm als gevolg van de lozing een aanleiding is voor de zoektocht naar aanvullende maatregelen. In de regel geldt dat bij een hogere waterbezwaarlijkheid, de norm van de stof strenger is (lagere getalswaarde).
- In 2007 [ref. 1.] is gebleken dat het logaritme van de 'in rede te verlangen kosten' per kg verwijderde stof, rechtevenredig is met de waterbezwaarlijkheid (uitgedrukt als logaritme van de reciproke norm, 1/JG-MKE) van de stof. JG-MKE staat voor jaargemiddelde milieukwaliteitseis.
- De ABM-klasse-indelingen A1 en B1<sup>2</sup> zijn qua toxiciteit alleen aan de bovenzijde begrensd, wat inhoudt dat een zeer brede groep aan stoffen met een uiteenlopende waterbezwaarlijkheid onder deze klassen kan vallen. Hetzelfde geldt voor zeer zorgwekkende stoffen (ZZS, Z1 en Z2<sup>1</sup>).

---

<sup>2</sup> De ABM klassen zijn onderling nog onderverdeeld in subcategorieën op basis van stoffeigenschappen.

## 2.2 Maat voor kosteneffectiviteit

Op basis van de kosten die in de praktijk worden gemaakt voor de verwijdering van stoffen uit afvalwater in combinatie met informatie met betrekking tot maatregelen opgenomen in de Europese en nationale BBT- en BREF-documenten, worden de kosten per kg verwijderde stof, uitgaande van BBT en BBT+, voor diverse stoffen afgeleid. De maat 'kosten per kg verwijderde stof' is een gangbare maat in kosteneffectiviteitsberekeningen voor milieumaatregelen.

Voor BBT wordt uitgegaan van de totale kosten van de maatregel op basis van de berekening, uitgedrukt in EUR/kg verwijderde stof. In bijlage II is nader uitgewerkt hoe deze kosten worden berekend.

Voor BBT+ wordt uitgegaan van de kosten die worden gemaakt voor de aanvullende saneringsinspanning; dus alleen voor de (vracht van) stoffen die aanvullend moeten worden verwijderd, en niet voor (vracht van) de stoffen die al door de BBT techniek worden verwijderd. In bijlage III wordt dit aan de hand van een aantal rekenvoorbeelden toegelicht.

## 2.3 Redelijkheid van BBT maatregelen

In de voorliggende rapportage is de redelijkheid van de inspanning die moet worden verricht voor het verminderen van emissies van stoffen gerelateerd aan werkelijke kosten (op basis van BBT). In de rapportage Kosteneffectiviteitsdrempels van emissiereductiemaatregelen in de Industrie [ref. 1], in 2007 opgesteld in opdracht van Rijkswaterstaat Waterdienst, zijn kosten van maatregelen ontleend aan BREF-documenten gerelateerd aan de water-bezwaarlijkheid van een geloosde stof.

De kosten van maatregelen behorend bij BBT worden in onderliggend rapport ontleend aan de meest recente BREF's en het eerder genoemde rapport uit 2007 (geactualiseerd naar het huidige kostenniveau).

Voor BBT geldt dat deze kosten in ieder geval beleidsmatig als redelijk worden beschouwd. BBT wordt met name gebaseerd op technieken die in de praktijk al worden ingezet.

## 2.4 Redelijkheid van BBT+ maatregelen

Kosten van zuiveringsmaatregelen vertonen doorgaans een grote bandbreedte en de bandbreedten van kosten van verschillende maatregelen kunnen elkaar overlappen. De kosten hangen ook af van de specifieke omstandigheden van de lozing (debiet/vracht/samenstelling etc). en het noodzakelijke emissie-niveau dat moet worden gerealiseerd.

Voor verdergaande maatregelen (BBT+) vallen de kosten uitgedrukt in [€/kg-verw] doorgaans hoger uit dan voor maatregelen die gangbaar zijn onder BBT, mede doordat de te verwijderen vracht doorgaans beperkt is. Om in een dergelijke situatie een verdergaande emissiereductie te kunnen bereiken, is het noodzakelijk dat wordt verkend welke aanvullende maatregelen mogelijk zijn om de lozing te beperken. Om verdergaande emissiebeperking mogelijk te maken moet in de verkenning een andere categorie maatregelen dan BBT met gemiddeld hogere kosten [€/kg-verwijderd) in beschouwing wordt genomen. Uit de praktijk blijkt dat deze kosten significant hoger liggen dan de kosten voor



BBT. Dit maximale kostenniveau voor maatregelen heeft alleen betrekking op de vracht die aanvullend, boven de vracht die al met BBT wordt gereduceerd, moet worden verwijderd om aan de immissietoets te kunnen voldoen.

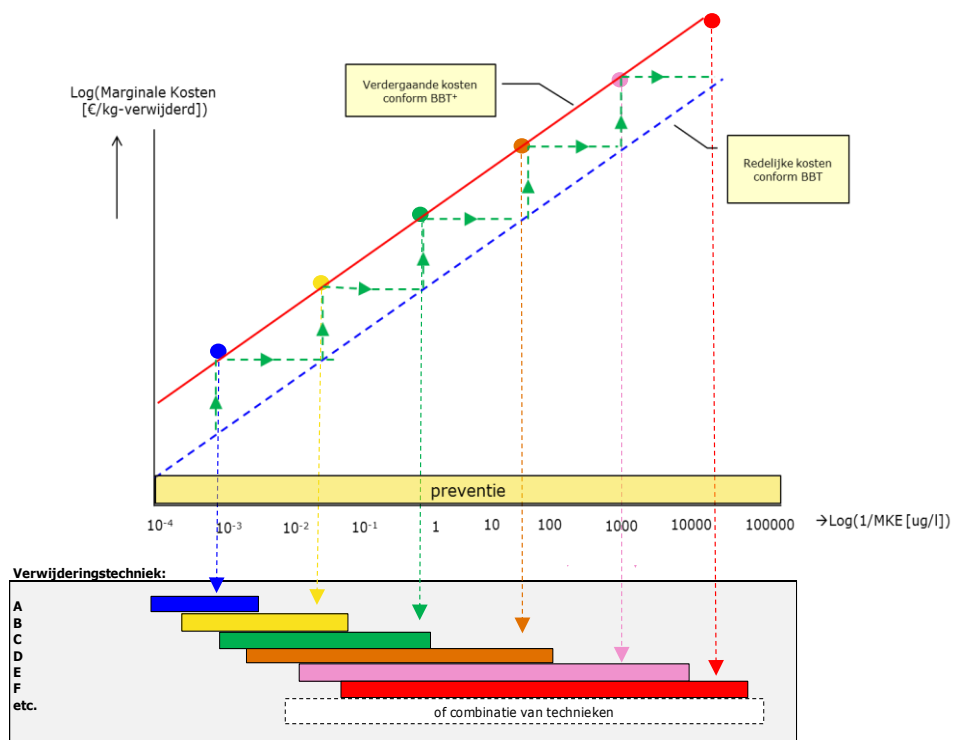
Voor de extra BBT+-maatregelen geldt dat deze kosten minder eenvoudig met praktijkvoorbeelden kunnen worden gestaafd omdat deze minder vaak voorkomen. In het grootste deel van de gevallen gaan bedrijven over tot alternatieven<sup>3</sup> zoals substitutie, procesoptimalisatie of het verplaatsen van de lozingslocatie.

Het ligt daarom voor de hand om voor de verkenning van mogelijke BBT+-maatregelen een kostenniveau te hanteren dat een factor boven de kosten ligt die voor BBT als redelijk worden beschouwd als bovengrens: dit maakt de aanpak pragmatisch en eenduidig toepasbaar.

## 2.5 Motivatie methodiek kosteneffectiviteitsdrempels

Uit de studie naar kosteneffectiviteit van maatregelen uit 2007 [ref. 1] volgt dat de in rede te verlangen kosten voor een groot deel recht evenredig zijn met de milieubezwaarlijkheid van een stof (indien beiden uitgedrukt in logaritmische schaal). In de navolgende figuur wordt dit (schematisch) geïllustreerd.

Afbeelding 2.1 Kosten van BBT en BBT+ als functie van de waterbezwaarlijkheid



<sup>3</sup> Bij de beoordeling van de kosteneffectiviteit van een maatregel mogen in geval van alternatieve methoden de kosten alleen betrekking hebben op dat deel van de maatregelen dat één op één kan worden toegerekend naar emissie vermindering.

In de bovenstaande figuur is een recht evenredig verband tussen waterbezwaarlijkheid [x-as] en de in rede te verlangen kosten van maatregelen uitgedrukt in [€/kg-verwijderd, y-as] verondersteld. Dit is gebaseerd op daadwerkelijke kosten van sanerings/zuiveringstechnieken die worden toegepast conform BBT-eisen (schuine blauwe stippellijn). Voor BBT+ dient veelal een volgende/extra zuiveringstechniek (A, B, C, D, E, F etc) te worden toegepast waardoor de kosten (per kg) stijgen tot de BBT+-lijn (schuine rode lijn).

*Voorbeeld:*

*Voor een stof met een milieubezwaarlijkheid van  $1/MKE=0.001$  wordt het maximum van de in rede te verlangen kosten/kg-verwijderd voor BBT gegeven door de blauwe stippellijn ter hoogte van  $X=0.001$ . Het maximum van de in rede te verlangen kosten voor BBT+ wordt gegeven door de rode stippellijn ter hoogte van  $X=0.001$ . Dit hogere kostenplafond maakt het mogelijk andere technieken met hogere kosten te beschouwen. In de grafiek is dit weergegeven door de horizontale pijl (groene stippellijn) naar rechts. Het snijpunt van deze lijn met de blauwe stippellijn koppelt het kostenniveau van BBT-maatregelen, behorend bij technieken of combinatie van technieken met hogere kosten, aan mogelijke technieken. De kosten corresponderen in dit geval met de kosten voor (bijv. techniek B)*

### 3 Kosteneffectiviteit van maatregelen ter beperking van de wateremissie

In hoofdstuk 1 is beschreven dat in bepaalde gevallen kosten van maatregelen mogen worden meegewogen bij de beoordeling van de 'redelijkheid' van maatregelen. Dit gebeurt aan de hand van kosteneffectiviteit van maatregelen. De kosteneffectiviteit van maatregelen wordt vergeleken met de maximaal in rede te verlangen kosten, uitgedrukt in €/kg-verwijderd, voor een stof. Deze maximale in rede te verlangen kosten [€/kg-verwijderd] wordt ook wel kosteneffectiviteitsdrempel genoemd. Vergelijking van de kosten van een maatregel uitgedrukt in €/kg-verwijderd met de kosteneffectiviteitsdrempel is nodig om te kunnen bepalen of de kosten van de benodigde maatregel redelijk zijn. Daarvoor berekent de initiatiefnemer de kosten en vergelijkt deze met de kosten-effectiviteitsdrempels. De vergunningverlener toetst de berekeningen en de resultaten. Het kader waarbinnen de kosten van BBT en BBT+ maatregelen kunnen worden geraamd is opgenomen in bijlage I. In bijlage II is een aantal rekenvoorbeelden voor verschillende situaties opgenomen. In bijlage III wordt ingegaan op de motivatie van de kostenberekeningen.

#### 3.1 Uitgangspunten toepassen kosteneffectiviteitsdrempels

##### Type lozingen

De kosteneffectiviteitsdrempels in deze studie zijn afgeleid voor de volgende situatie:

- Structurele continue lozingen<sup>4</sup> (geen incidentele of discontinue lozingen), en;
- Er wordt uitgegaan van gerealiseerde vrachten, niet de vergunde vrachten, wanneer berekeningen aan de kosteneffectiviteit worden uitgevoerd. Er wordt uitgegaan van een periode van 6 jaar waarover de gerealiseerde vracht wordt beoordeeld.

##### Vervanging, procesoptimalisatie of end-of-pipe

Voor het verminderen van de emissies van stoffen naar de leefomgeving geldt in principe de volgende voorkeursvolgorde:

- 1 het vervangen van de stoffen in productie- of verwerkingsprocessen binnen de industrie door minder waterbezwaarlijke alternatieven dan wel een andere proceskeuze binnen de industrie<sup>5</sup>;
- 2 procesoptimalisatie (vermindering van het gebruik)
- 3 (verbeterde) zuivering van de restlozing (end-of-pipe-maatregel).

Afhankelijk van de waterbezwaarlijkheid van een stof worden bepaalde eisen gesteld aan de saneringsinspanning. In de methodiek voor de kosteneffectiviteitsdrempels wordt uitgegaan van de kosten van end-of-pipe maatregelen. Daar zijn verschillende redenen voor:

- voor een vergunningverlener is het lastig inzicht te krijgen in de mogelijkheden voor procesoptimalisatie, omdat het vaak om (vertrouwelijke) bedrijfsspecifieke processen gaat;
- de kosten voor procesoptimalisatie zijn moeilijk op eenduidige, generieke wijze van buiten af te bepalen.

---

<sup>4</sup> Hieronder vallen ook campagnebedrijven die gedurende een bepaalde periode aaneengesloten lozen

<sup>5</sup> Hierbij past wel de volgende kanttekening: indien het gaat om hulpstoffen ligt substitutie voor de hand, maar bij stoffen die in grondstoffen zitten die onlosmakelijk zijn verbonden aan productieprocessen kan het zijn dat substitutie geen optie is. Dit komt vaak voor bij chemische processen. Dan kunnen stoffen nog steeds vrijkomen bij het proces. Een voorbeeld hiervan is bijvoorbeeld het vrijkomen van kwik (ZZS) bij de aardolieproductie. Ook voor het ontstaan van bijproducten, bijvoorbeeld het ontstaan van benzeen (ZZS) bij de aardolieproductie, is substitutie geen optie. In dit geval moet voor maatregelen worden ingezoomd op in-proces-maatregelen en zuiveringstechnische maatregelen.

Over het algemeen is het aannemelijk dat de milieulasten voor het vervangen van stoffen binnen de bedrijfsprocessen (door minder waterbezwaarlijke alternatieven) en voor procesoptimalisatie dan wel aanpassing van proceskeuzes binnen de industrie, lager liggen dan kosten voor realisatie en gebruik van end-of-pipe maatregelen. Dit geldt vooral voor BBT+ maatregelen. Daarmee is het niet alleen qua milieuwinst, maar ook qua kosteneffectiviteit voor bedrijven aan te bevelen de kosten voor procesoptimalisatie en vervanging van stoffen in de afweging mee te nemen, mits ze direct kunnen worden gerelateerd aan emissievermindering.

### Voorzuivering, nazuivering en andere technieken

Het type maatregelen dat wordt genomen voor de aanvullende saneringsinspanning (BBT+) is niet vastgelegd in de voorliggende methodiek. Zowel voor- als nazuivering komt in aanmerking, danwel het gebruik maken van een andere zuiveringstechniek of het vervangen van producten in het zuiveringsproces.

Ook deelstroombehandeling kan een mogelijke aanvullende maatregel zijn. Uit berekeningen blijkt dat juist hiermee vaak met beperkte kosten aan de waterkwaliteitsdoelstellingen kan worden voldaan. Er wordt dan bijvoorbeeld een deel van het influent voorbehandeld met een voorzuiveringstechniek of een deel van het effluent nabehandeld met een nazuiveringstechniek.

### Kosteneffectiviteitsdrempels betreffen maximale kosten

De kosteneffectiviteitsdrempels die in deze studie zijn afgeleid gelden als **maximale kosten die redelijk worden geacht voor een zuiveringsvoorziening of alternatieve maatregel**. Dat wil niet zeggen dat dit een investeringsverplichting betreft. Als (voor BBT+) met een minder grote investering aan de milieukwaliteitseisen kan worden voldaan, is een verdere investering niet nodig en deze kan dan ook niet worden geëist door de vergunningverlener. Alleen in geval van ZZS, waarvoor een verplichting tot continue verbetering geldt, is het raadzaam om te kijken naar de maatregel met het hoogste verwijderingsrendement binnen de range van de te beschouwen maatregelen.

Bij het toepassen van de kosteneffectiviteitsdrempels voor het afleiden van BBT technieken (op het moment dat een bedrijf zich in de (uitzonderlijke) situatie bevindt dat er geen BBT bekend is) geldt daarnaast dat de toe te passen techniek minimaal gelijkwaardig moet zijn aan de BBT-inspanning voor emissiebeperking van vergelijkbare stoffen uit andere bedrijfstakken, qua kosten maar vooral ook qua milieurendement.

## 3.2 Kosteneffectiviteitsdrempels

In afbeelding 4.2. zijn de werkelijke kosten van maatregelen, inclusief de gevonden bandbreedte, weergegeven voor verschillende stoffen en/of stofgroepen. Het gaat hierbij om kosten van maatregelen vallend onder BBT en BBT<sup>+</sup>. Een motivatie voor de weergegeven kosten is opgenomen in bijlage III.

In de navolgende grafiek zijn de kosten van maatregelen logaritmisches uitgezet tegen de waterbezwaarlijkheid (1/MKE) van de te behandelen stoffen. Het gaat hier om kosten afgeleid van praktijkvoorbeelden, BREF documenten en referentie cases.

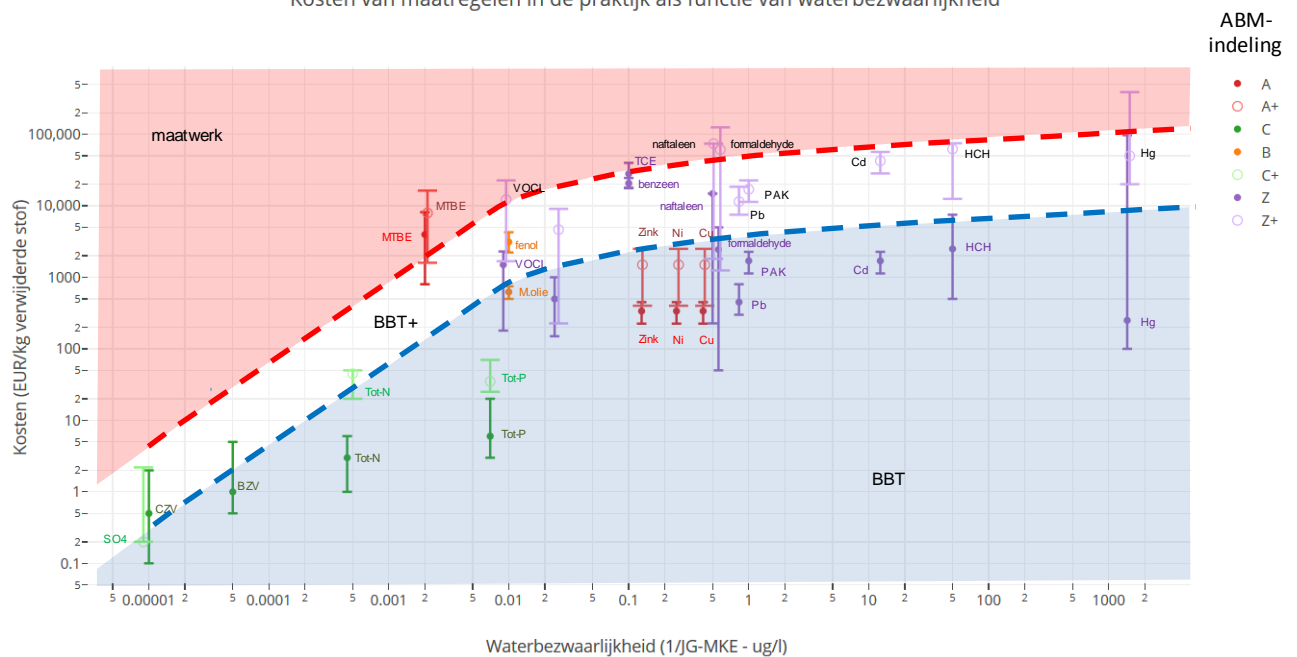
In de figuur is een recht evenredig verband tussen waterbezwaarlijkheid [x-as] en de in rede te verlangen kosten van maatregelen uitgedrukt in [€/kg-verwijderd, y-as] verondersteld. Dit is gebaseerd op daadwerkelijke kosten van sanerings/zuiveringstechnieken die worden

toegepast conform BBT-eisen. Voor BBT+ dient veelal een volgende/extra zuiveringstechniek te worden toegepast waardoor de kosten (per kg) stijgen tot de BBT+-lijn.

In het algemeen is dit verband van toepassing, maar voor stromen met lage concentraties kunnen de lage concentraties limiterend zijn voor het verwijderingsrendement. Op een gegeven moment kunnen lagere concentraties moeilijk worden gerealiseerd met aanvullende maatregelen. De kosten van verdergaande zuivering lopen in dat soort gevallen hoog op. Ook wanneer meer geïnvesteerd wordt neemt het zuiveringsrendement niet of nauwelijks meer toe. Dit betekent dat de rechte lijn, zoals weergegeven in het linker deel van de grafiek, afvakt bij stoffen met een hogere waterbezwaarlijkheid die tot lage concentraties moeten worden gezuiverd om aan de waterkwaliteitsdoelstellingen te kunnen voldoen.

### Afbeelding 3.2 Kosten van maatregelen in de praktijk als functie van waterbezwaarlijkheid

Kosten van maatregelen in de praktijk als functie van waterbezwaarlijkheid



De met een + aangegeven punten betreffen BBT+ technieken  
 Waar een stofgroep meerdere normen kent, is uitgegaan van een gemiddelde JG-MKE  
 De punten in de grafiek geven de meest realistisch geachte kosten weer  
 De balken de range van kosten die is aangetroffen in diverse cases, literatuur en referentie-ontwerpen  
 Voor ecologische parameters (N en P) en C-stoffen (bijv. chloride) kan de beoordeling van een lozing afwijken van die voor (milleubezwaarlijke) chemische parameters. Derhalve is de blauwe lijn voor deze stoffen als vertrekpunt voor het vaststellen van in rede te verlangen kosten voor BBT+ minder geschikt.

Het aflezen van een kosteneffectiviteitsdrempel voor een bepaalde stof in de grafiek werkt als volgt:

- eerst moet de norm voor een bepaalde stof worden bepaald. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de zoekmachine van het RIVM [<https://rvs.rivm.nl/zoeksysteem/>, ref. 5] en wordt gekeken naar de JG-MKE voor oppervlaktewater of indicatieve milieukwaliteitseis;
- vervolgens kan vanuit de grafiek een kosteneffectiviteitsdrempel (blauwe stippellijn) worden afgeleid. Deze drempel vormt de bovengrens van wat als 'redelijk' wordt beschouwd (voor BBT, waarbij indien BBT bekend is vanuit bijvoorbeeld de BREF, minimaal BBT moet worden toegepast, ongeacht de kosten);

- na het (theoretisch) toepassen van BBT wordt de restlozing beoordeeld met de immissietoets;
- in het geval niet aan de immissietoets wordt voldaan, kan vervolgens een kosteneffectiviteitsdrempel uit de grafiek worden afgeleid voor BBT+ (rode stippellijn). Deze is bepalend voor de financiële ruimte voor te verkennen technieken om de lozing te beperken. Hiertoe wordt de kosteneffectiviteitsdrempel voor BBT opgezocht, en wordt vervolgens een stap omhoog gezet in de grafiek. Hiermee komen een aantal aanvullende technieken in beeld: hiermee wordt bedoeld alle geschikte technieken met kosten per kg/verwijderd die kleiner of gelijk zijn aan de onderste begrenzing van het roze gebied uit figuur 3.2;
- vervolgens kan op basis van een kostenraming worden besloten welke techniek(en) het best passend zijn op een locatie. De kosteneffectiviteitsdrempel geldt hierbij als bovengrens van wat als redelijk wordt beschouwd. Indien een maatregel minder kost, maar met deze maatregel wel wordt voldaan aan de immissietoets, is de maatregel, behalve als het gaat om ZZS, voldoende.

Uit bovenstaande figuur blijkt duidelijk dat de bandbreedte voor de diverse stoffen en stofgroepen varieert. Met name voor stoffen met een hoge waterbezwaarlijkheid (bijvoorbeeld kwik) is de bandbreedte in stofspecifieke verwijderingskosten groot doordat maatregelen verschillend effectief zijn en doordat concentraties in het voedingswater van een zuiveringstechniek sterk kunnen variëren. Doordat het in dit soort gevallen vaak gaat om zeer beperkte vrachten, kunnen de kosten van maatregelen zeer snel oplopen. Hierdoor kunnen de kosten uitgedrukt in [€/kg-verwijderd] van situatie tot situatie sterk verschillen.

De ratio tussen maximale kosten van maatregelen die kunnen worden aangemerkt als BBT+ en maximale kosten van maatregelen die kunnen worden aangemerkt als BBT kan variëren van 6 tot 22. Omwille van duidelijkheid en uniformiteit ligt het voor de hand te kiezen voor een (vaste) factor tussen de bovengrens van de 'in rede te verlangen kosten' voor BBT-maatregelen en de bovengrens van de 'in rede te verlangen kosten' voor BBT+ maatregelen. Gemiddeld verschillen de gevonden laagste kosten per kg-verwijderd in figuur 3.2 ruwweg een factor 10 met de gevonden hoogste kosten per kg-verwijderd. Daarom wordt voorgesteld deze factor te hanteren.

## BBT

Randvoorwaarde voor het afgeven van een lozingsvergunning is dat, ongeacht de uitkomst van de immissietoets, altijd een BBT moet zijn/worden geïnstalleerd. Dat betekent dat in de te beoordelen situatie voor de immissietoets ervan uit wordt gegaan dat de vereiste BBT-maatregelen al zijn genomen. Wanneer (in uitzonderlijke gevallen) geen BBT kan worden vastgesteld voor een lozing, kunnen de kosteneffectiviteitsdrempels worden ingezet om de BBT te bepalen. Voorwaarde is dat de emissieniveaus van de techniek die wordt gekozen vergelijkbaar zijn met de emissieniveaus van BBT in vergelijkbare bedrijfstakken. De kosteneffectiviteitsdrempel kan worden ingezet om te bepalen of de gevraagde maatregelen voldoen aan het 'redelijkheidsprincipe'. De drempel wordt afgelezen uit de grafiek door op de x-as de milieukwaliteitseis van de specifieke stof op te zoeken en vervolgens op de y-as de maximale kosten van maatregelen af te lezen, die wordt gegeven door de bovenste begrenzing van het blauwe gebied in figuur 3.2. Indien kosten van maatregelen (€/kg-verwijderd) in de praktijk aantoonbaar lager uitvallen dan de kostendrempels gegeven door de blauwe lijn mogen deze kosten, mits goed onderbouwd, als kosteneffectiviteitsdrempels voor BBT worden gehanteerd. Voorbeelden hiervan zijn de kosten van maatregelen voor verwijdering van tot-N (6 €/kg-verwijderd) en tot-P (20 €/kg-verwijderd). De kosten gegeven door de blauwe lijn voor tot-N en tot-P bedragen respectievelijk 29 en 629 €/kg-verwijderd.

### **BBT+**

Wanneer de lozing niet voldoet aan de waterkwaliteitseisen is een aanvullende inspanning vereist. De geldende BBT voor de te lozen stof wordt dan als vertrekpunt genomen om het in rede te verlangen inspanningsniveau van de BBT+ vast te stellen. Het maximale kostenniveau kan als volgt worden bepaald: op de x-as van de grafiek wordt de milieukwaliteitseis worden opgezocht (dit is dezelfde als bij BBT) en vervolgens wordt op y-as de bijbehorende kosten afgelezen aan de hand van de BBT+ lijn in de grafiek. Deze kosten worden alleen gerekend over het aanvullend te verwijderen deel van de stofvracht (boven BBT).

Omdat de gerealiseerde BBT als vertrekpunt wordt gehanteerd voor de nadere analyse naar BBT+ maatregelen, is het de bedoeling dat in de verkenning van mogelijke saneringsopties alleen maatregelen worden beschouwd tot een (maximum) inspanningsniveau [€/kg-verwijderd] dat wordt gegeven door de onderste begrenzing van het roze gebied in figuur 3.2. In de praktijk betekent dit dat er alleen wordt gekeken naar maatregelen die in kosten maximaal een factor 10 hoger liggen dan de in rede te verlangen kosten voor BBT-maatregelen van de te verwijderen stof.

### **Werkwijze in praktijk**

In het onderstaande schema is weergegeven hoe de werkwijze in praktijk moet worden uitgevoerd.

## KOSTEN VOOR BBT

Zijn er voor de te verwijderen stof voldoende praktijkgegevens voor kosten van BBT- maatregelen voorhanden of zijn kosten af te leiden uit BREF-documenten?

nee

ja

Wijken de kosten o.b.v. de blauwe lijn in de grafiek significant<sup>1)</sup> af de in de praktijk gevonden kosten voor BBT?

nee

ja

Mits adequaat onderbouwd kan voor BBT-kosten uit worden uitgegaan van beschikbare praktijk-info of kosten afgeleid uit BREF's.

ja

Wijken de kosten voor BBT+ significant<sup>2)</sup> af van de kosten o.b.v. de rode lijn?

nee

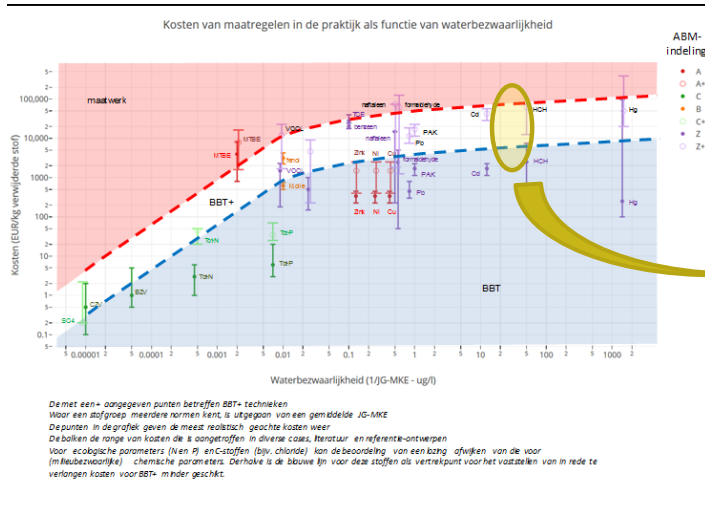
## KOSTEN VOOR BBT+

De 'in rede te verlangen' kosten voor BBT+ bedragen **10\***kosten voor BBT (€/kg-verw.)

Ga voor kosten van BBT uit van **blauwe** lijn in grafiek!

Ga voor kosten voor BBT+ uit van kosten gegeven door **rode** lijn

Ratio F: kosten BBT+ / kosten BBT = 10



1) Kosten wijken significant af als de kosten o.b.v. blauwe lijn buiten de bandbreedte vallen van kostenrange gevonden voor BBT.

2) Kosten wijken significant af als de kosten o.b.v. **rode** lijn buiten de bandbreedte vallen van kostenrange voor gevonden voor BBT+.



Indien kosten aantoonbaar lager uitvallen dan kosten gegeven door de blauwe lijn en kosten voor BBT+ ook significant lager uitvallen dan de kosten gegeven door de rode lijn mag voor BBT+ een kosteneffectiviteitsdrempel worden gehanteerd van 10\*de kosten voor BBT. In alle andere gevallen worden de kosten voor BBT+ gegeven door de rode lijn.

### **Nieuwe lozingen**

Uit de wijze waarop het vergunningenproces wordt doorlopen kan, voor nieuwe lozingen, de indruk ontstaan dat eerst BBT moet worden geïnstalleerd, waarbij vervolgens alleen nageschakelde technieken als BBT+ kunnen worden ingezet. Het is echter ook mogelijk één alternatieve techniek in te zetten als BBT+ (een meer vergaande techniek dan BBT), of te kiezen voor procesoptimalisatie, productvervanging, alternatieve lozingslocaties of integrale technieken waarmee meerdere stoffen tegelijkertijd kunnen worden verwijderd. De uitgangspunten daarbij zijn telkens de milieukwaliteitseisen en de kosteneffectiviteitsdrempels.

### **Combinatie van stoffen**

In geval meerdere stoffen verwijderd moeten worden, worden de kosten verdeeld over de te verwijderen stoffen, zie daarvoor ook paragraaf 3.3.1. Als vervolgens voor één van de stoffen de kosten per kg verwijderde stof lager of gelijk zijn als de in rede te verlangen kosten per kg verwijderde stof, dan betekent dit dat de maatregel kosteneffectief is en toegepast dient te worden.

## **3.3 Omgang met specifieke situaties**

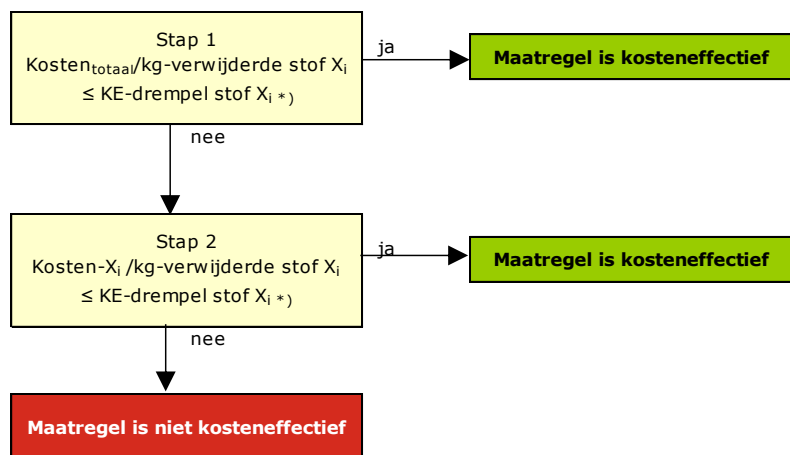
In deze paragraaf zijn een aantal specifieke situaties benoemd en is de omgang met deze situaties uitgewerkt. Het betreft hier situaties die in de praktijk vaak op treden.

### **3.3.1 Toedelen van kosten aan meerdere stoffen**

Een afvalwaterstroom bevat zelden maar één vervuilende stof. Vaak gaat het om een mengsel van stoffen (de zogenaamde watermatrix) die uit de afvalwaterstroom gezuiverd moeten worden voordat een lozing op oppervlaktewater toelaatbaar is. In de beoordeling van de vergunning moet daar op een uniforme wijze mee worden omgegaan.

Afbeelding 3. geeft het proces voor het toetsen van kosten aan kosteneffectiviteit-drempels bij het verwijderen van meerdere stoffen schematisch weer. Vervolgens wordt het proces stap voor stap beschreven. In bijlage III zijn rekenvoorbeelden opgenomen.

Afbeelding 3 Toetsen van kosten aan kosteneffectiviteitsdrempels bij het verwijderen van meerdere stoffen



\*) Als voor één van de stoffen waarvoor aanvullende verwijdering op grond van immisietoets noodzakelijk is wordt voldaan aan de voorwaarde dan is de maatregel kosteneffectief

### Stap 1. Toetsing kosteneffectiviteitsdrempel meest waterbezwaarlijke stof

Eerst wordt een schifting gemaakt in situaties waar de kosteneffectiviteit kritisch wordt. Daarvoor wordt de meest waterbezwaarlijke stof beschouwd. Als alle kosten aan deze stof worden toegerekend, en de kosten liggen vervolgens onder de kosteneffectiviteitsdrempel voor deze stof, dan is de maatregel kosteneffectief. Verdere berekeningen zijn dan niet meer nodig.

Deze toetsing gaat als volgt;

- De totale kosten van de zuivering worden toegekend aan het aantal kg verwijderde stof voor de meest waterbezwaarlijke stof (stof X);
- Deze kosten worden vergeleken met de drempel voor stof X op basis van de kosteneffectiviteitsdrempels;
- Zijn de totale kosten lager dan de drempel, dan is de maatregel kosteneffectief (voor alle stoffen);
- Zijn de totale kosten hoger dan de drempel, dan moet een tweede berekening worden uitgevoerd, zie stap 2.

### Stap 2. Toedelen van kosten aan meerdere stoffen

Wanneer meerdere stoffen worden verwijderd is het niet reëel om de totale kosten te spiegelen aan de som van de kosteneffectiviteitsdrempels. De kosten moeten daarom worden verdeeld over de stoffen op basis van een verdeelsleutel. Daarvoor zijn verschillende mogelijkheden, maar een verdeling waarbij kosten worden verdeeld op basis van de waterbezwaarlijkheid sluit het beste aan bij de doelstelling om verantwoord en redelijk de meest milieubezwaarlijke stoffen te verwijderen tegen realistische kosten.

Voor het toedelen van kosten aan verschillende stoffen kan daarom de volgende formule worden gebruikt:

$$Kosten_x = \frac{\left(\frac{\text{Verwijderde vracht stof X}}{JG\_MKE_x}\right) * \text{totale kosten}}{\sum \frac{\text{Verwijderde vrachten}}{JG\_MKE's}}$$

Waarin:

- $Kosten_x$  : kosten die worden toegekend aan stof X
- $\text{Verwijderde vracht stof X}$  : verwijderde vracht van stof X (is product Q \* C \* η, lozingsdebiet, concentratie in het influent en zuiveringsrendement)
- $JG\_MKE_x$  : jaargemiddelde milieukwaliteitsnorm voor stof X
- $\text{Totale kosten}$  : totale kosten van de maatregel
- $\sum \frac{\text{Verwijderde vrachten}}{JG\_MKE's}$  : voor iedere stof wordt de verwijderde vracht gedeeld door de milieukwaliteitsnorm (inclusief stof X). Vervolgens worden deze getallen opgeteld.

Hierbij moet nadrukkelijk worden opgemerkt dat alleen de stoffen worden beschouwd waarvoor een saneringsinspanning is vereist, en niet de stoffen die bijvoorbeeld als bijvangst worden verwijderd. Daarnaast geldt nog de randvoorwaarde dat de jaarlijkse kosten niet meer mogen bedragen dan  $\sum_i X_i * KE_i$  met  $X_i$  de te verwijderen vracht van stof i noodzakelijk om te voldoen aan de immissietoets en  $KE_i$  de kosteneffectiviteit van stof i.

### 3.3.2 Toevoegen van stoffen in het zuiveringsproces en afbraakproducten

In het zuiveringsproces worden soms stoffen toegevoegd om bepaalde andere stoffen onschadelijk te maken. Ook worden stoffen soms afgebroken tot bepaalde afbraakproducten. Het is niet altijd duidelijk hoe hiermee om moet worden gegaan.

Er zijn 2 uitgangspunten voor de beoordeling van de lozing van stoffen:

- er moet minimaal BBT worden toegepast;
- er moet worden voldaan aan de immissietoets.

Op het moment dat wordt voldaan aan BBT, kan voor de restlozing de immissietoets worden ingezet. Dat geldt voor zowel de stoffen die in het zuiveringsproces zijn toegevoegd, als voor afbraakproducten. De effecten op de waterkwaliteit van afbraakproducten en van stoffen die in het zuiveringsproces worden toegevoegd moeten dus ook worden beoordeeld met de immissietoets.

### 3.3.3 Verplaatsing van emissies naar andere milieucompartimenten

In het zuiveringsproces worden soms emissies (gedeeltelijk) verplaatst naar andere milieucompartimenten, met name lucht. De emissie naar andere milieucompartimenten is voor de meeste maatregelen in BREF-documenten reeds beoordeeld (acceptabele crossmedia effecten). In andere gevallen kan voor de beoordeling worden teruggevallen op de BREF 'Economics and Cross-media Effects' [ref. 7] en de geldende wetgeving voor deze milieucompartimenten. Bij de beoordeling van maatregelen dient een integrale afweging te worden gemaakt om afwenteling naar andere milieucompartimenten te voorkomen. Dit

houdt in dat ook zuiveringstechnieken als BBT- of BBT+-waardig in aanmerking komen die per saldo leiden tot een beter resultaat voor het milieu als geheel en dus (mogelijk) slechter presteren op het waterdeel. Het aantonen van een beter milieuresultaat als geheel is niet eenvoudig, omdat verschillende milieu-aspecten moeilijk onderling te vergelijken zijn. Een methode is om te kijken naar de minimalisatie van de vuilvrachten naar alle compartimenten, uitgedrukt als  $\sum_i \frac{Xi}{norm}$ .

Als een (beoogde) maatregel leidt tot emissies naar andere compartimenten die mogelijk strijdig zijn met beleidsuitgangspunten voor ander(e) compartiment(en) moet contact worden opgenomen met andere bevoegd(e) gezag(en). Afstemming tussen het bevoegde gezag voor water en bevoegde gezag(en) voor andere compartiment(en) over te nemen maatregelen is in dat geval noodzakelijk. De uiteindelijke te kiezen maatregelen binnen de grenzen van kosteneffectiviteit dienen er voor te zorgen dat kan worden voldaan aan de geldende beleidsuitgangspunten. In de nieuwe Omgevingswet is deze integrale afweging fundamenteel onderdeel van het vergunningverleningsproces.

### 3.3.4 Kleine vrachten en lage concentraties

Een complicerende factor bij het bepalen van kosteneffectiviteit zijn de kosten voor zuivering van lage concentraties of van kleine vrachten. De kosten van het zuiveren van kleine vrachten liggen in verhouding hoog per kilo vermeden emissie. Ook voor lage concentraties in het te zuiveren water geldt dat deze veel lastiger te verwijderen zijn waardoor ook de kosten zullen stijgen. Bij kleine vrachten en lage concentraties liggen de kosten daarom sneller boven de drempel die in het voorliggende document is bepaald.

Over het algemeen hebben kleine vrachten en lage concentraties geen groot effect op de oppervlaktewaterkwaliteit, tenzij:

- op een heel klein oppervlaktewater wordt geloosd;
- als het gaat om stoffen met een heel strenge waterkwaliteitsnorm vanwege de hoge waterbezwaarlijkheid (bijv. kwik);
- watersystemen waarin de achtergrondconcentraties al boven de norm liggen.

Voor BBT bij bedrijven waar de BBT nog niet is vastgelegd kan dit ook spelen.

Voor alle IPPC-installaties geldt dat er minimaal aan BBT moet worden voldaan. Dat geldt ook voor lozingen waar stoffen in kleine concentraties worden geloosd (of kleine vrachten). Voor bedrijfstakken waarvoor nog geen BBT is uitgewerkt in een BREF, moet een techniek worden toegepast die vergelijkbaar is met voor andere bedrijfstakken vastgestelde BBT voor soortgelijke stromen.

Bij de inrichting van de zuivering en bij het beoordelen van de lozingsaanvraag zijn er verschillende mogelijkheden om dit op te lossen:

- mogelijk kan de zuivering van het afvalwater van meerdere bedrijven worden gecentraliseerd;
- de kosteneffectiviteitsdrempel kan worden gehanteerd bij het bepalen van de redelijkheid van gevraagde kosten. Wel geldt dat minimaal aan BBT moet worden voldaan: te hoge kosten van een individuele zuivering kunnen geen argument zijn om van BBT af te wijken;
- de effecten van de restlozing kunnen worden beoordeeld met de immissietoets (algemeen).

### 3.3.5 Grote vrachten

Ook bij grote vrachten kan als gevolg van het grote debiet nog steeds sprake zijn van lage concentraties aanwezig in het te zuiveren afvalwater. Als gevolg van het grote debiet kunnen de kosten (pompkosten) oplopen. Hierdoor kunnen de kosten per kg verwijderde stof eveneens oplopen. Bij grote vrachten kunnen, als sprake is van grote debieten, de kosten sneller uitkomen boven de drempel die in het voorliggende document is bepaald.

Over het algemeen hebben grote vrachten, ondanks lage concentraties in het afvalwater, al snel een effect op de oppervlaktewaterkwaliteit, tenzij:

- De effluentconcentratie in de buurt ligt van de achtergrondconcentratie ;
- Het watersysteem betreft met een ten opzichte van het lozingsdebiet (zeer) grote afvoer, waarvan de achtergrondconcentratie (ruimschoots) beneden de norm ligt;

### 3.3.6 Bijvangst

Wanneer (proces)water wordt ingenomen vanuit oppervlaktewater of grondwater, zijn in dit water vaak al een aantal stoffen aanwezig. In de immissietoets wordt hier reeds rekening mee gehouden. De vracht waaraan de kosten moeten worden gerelateerd voor de bepaling van de kosteneffectiviteit, heeft alleen betrekking op de netto geloosde vracht. Wanneer het aantal kg verwijderde stof wordt berekend, kan worden gecompenseerd voor de 'ingenomen' vracht door deze vracht af te trekken van de totale vracht.

## REFERENTIES

- 1 Kosteneffectiviteitsdrempels van emissiereductiemaatregelen in de industrie, Witteveen+Bos, 18 december 2007.
- 2 Algemene BeoordelingsMethodiek (ABM) 2016, Methode ter beoordeling van de benodigde saneringsinspanning bij lozingen op basis van stoffeigenschappen, 16 maart 2016, Ministerie van I&M.
- 3 Handboek Immissietoets 2016, 16 maart 2016, Ministerie van I&M.
- 4 Handreiking voor het opzoeken voor gegevens voor de uitvoering van de ABM, 17 mei 2016, beschikbaar via Infomil: <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/handboek-water/thema's/zs/uitleg-werkwijze-abm/>;
- 5 Stofinformatiesysteem van het RIVM. Hier zijn onder andere normen terug te vinden en de ZSlijst. Beschikbaar via de website van het RIVM: <https://rvs.rivm.nl/zoeksysteem/>
- 6 Beslisnotitie aanpak ZS in water, kenniscentrum InfoMil, 15 juni 2015.
- 7 EU (2006) European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control, reference document on Economics and Cross-media Effects, July 2006.
- 8 Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector, IPPC 2016.
- 9 Activiteitenbesluit, <http://wetten.overheid.nl/BWBR0022762/2017-02-02#Bijlage2>, bijlage 2.

## BEGRIPPENLIJST

ABM	Algemene BeoordelingsMethodiek. Als BBT vastgestelde beoordelingsmethode, welke wordt gebruikt om de waterbezwaarlijkheidsklasse van stoffen vast te stellen. De waterbezwaarlijkheidsklasse bepaald welke technieken binnen de range van technieken die als BBT is bestempeld moeten worden ingezet.
BBT	Beste Beschikbare Techniek. Zuiveringstechniek (of aanpak) die als beste beschikbare techniek voor een bepaalde bedrijfstak is aangewezen. BBT's worden onder andere bepaald door de Europese Unie en vastgelegd in BREF's.
BBT+	BBT+. De aanvullende inspanning die kan worden gevraagd op basis van de immissietoets. BBT+ is een werkterm die in het voorliggende document hiervoor wordt gehanteerd.
BBT conclusie	Conclusie van de BREF, de meest milieuvriendelijke techniek die een bedrijfstak toe kan passen. De conclusies worden vastgesteld door een comité van de lidstaten en in alle EU talen uitgegeven.
BKMW	Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009. Besluit van de rijksoverheid waarin kwaliteitseisen voor het oppervlaktewater zijn benoemd.
BREF	BBT referentiedocument (BAT Reference document). Uitwerking van de IPPC richtlijn van de EU, waarin de meest milieuvriendelijke technieken die een bepaalde bedrijfstak toe kan passen zijn omschreven.
combined approach	Uitgangspunt van het Europese en Nederlandse beleid. Lozingen op oppervlaktewater moeten ten eerste worden gereduceerd door de toepassing van BBT, en aanvullend moet worden beschouwd of de lozing geen problemen met zich meebrengt voor de waterkwaliteit.
deelstroombehandeling	Behandeling van een deel van het afvalwater. De afvalwaterstroom wordt gesplitst in een deel dat (intensief) wordt behandeld en een deel dat niet of minder intensief wordt behandeld. Door de stromen vervolgens weer te mengen wordt een effluent verkregen dat aan een bepaalde kwaliteitseis kan voldoen.
effluent	Behandelde afvalwaterstroom.
immissietoets	Nederlandse invulling van de waterkwaliteitstoets. De immissietoets is als BBT aangemerkt.
indicatieve milieukwaliteitseis	Wanneer er nog geen milieukwaliteitseis beschikbaar is voor een bepaalde stof, kan een indicatieve milieukwaliteitseis worden afgeleid door de helpdesk risico's van stoffen. Dat kan bijvoorbeeld nodig zijn voor een vergunningaanvraag. Vergunningverleners kunnen via de helpdesk van het RIVM verzoeken indienen om dergelijke normen af te leiden. Bedrijven kunnen in overleg met

	het bevoegde gezag ook zelf een norm afleiden en deze inbrengen in de procedure om te laten vaststellen.
influent	Afvalwaterstroom voor behandeling.
IPPC	Integrated Prevention and Pollution Control. Bedrijven die onder de IPPC richtlijn vallen zijn aangewezen in bijlage I van de Richtlijn Industriële Emissies (Industrial Emission Directive). Er zijn een beperkt aantal bedrijven / installaties die (nog) niet onder deze richtlijn vallen, deze worden ook wel niet-IPPC bedrijven genoemd.
JG-MKE	Jaargemiddelde milieukwaliteitseis, de jaargemiddelde waarde van de concentratie waar het oppervlaktewater aan moet voldoen. Voorheen werd ook wel gesproken van de jaargemiddelde milieukwaliteitsnorm (JG-MKN).
MAC-MKE	Maximaal aanvaardbare concentratie milieukwaliteitseis. De maximaal aanvaardbare concentratie is de maximaal toelaatbare concentratie voor kortdurende blootstelling. Voorheen werd ook wel gesproken van de MAC-MKN (milieukwaliteitsnorm).
MTR	Maximaal Toelaatbaar Risico. Het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR) is de concentratie van een stof in water, sediment, bodem of lucht waar beneden geen negatief effect is te verwachten. Voor oppervlaktewater worden er tegenwoordig geen MTR-waarden meer afgeleid.
milieubezwaarlijkheid	De mate waarin kans is op nadelige effecten op het milieu.
milieukwaliteitseis	Zie JG-MKE en MAC-MKE.
nazuivering	Het nabehandelen van een afvalwaterstroom nadat er al een primair zuiveringsproces is toegepast.
nieuwe en opkomende stoffen	Er worden regelmatig nieuwe antropogene stoffen aangetroffen in oppervlaktewater en drinkwaterbronnen, waarvan de chemische identiteit en toxiciteit nog niet bekend is. Dat komt doordat er steeds nieuwe stoffen worden geproduceerd en gebruikt (nieuwe stoffen), door nieuwe toepassingen van bestaande stoffen (opkomende stoffen) maar ook doordat analytische instrumenten steeds gevoeliger worden (opkomende stoffen). Deze stoffen zijn nog niet wettelijk genormeerd. In een vergunning voor een lozingsaanvraag moet de vergunningverlener daar waar van toepassing een indicatieve milieukwaliteitseis gebruiken.
procesoptimalisatie	Het terugdringen van een stof in een lozing door de processen in het productiesysteem anders in te richten.
saneringsinspanning	Het niveau van saneringsinspanning (Z, A, B, C) is een indeling in de mate van inspanning waarmee emissies van stoffen moet worden tegengegaan op basis van de ABM.
vergunningvoorwaarden	Bij het verlenen van een vergunning voor het lozen op oppervlaktewater worden in de vergunningvoorschriften of

voorwaarden opgenomen waaronder de vergunning wordt verleend. Dat gaat bijvoorbeeld over de monitoring van concentraties, maximale en gemiddeld toegelaten concentraties in het effluent,

voorzuiivering

Eerste stap van behandelingstrein bestaande uit meerdere behandelingsstappen

waterbezwaarlijkheid

De mate waarin er een kans is op nadelige effecten voor het aquatisch milieu.

waterkwaliteitstoets

Beoordeling van het effect van een lozing op de waterkwaliteit. In Nederland wordt hiervoor de immissietoets gebruikt.

ZZS

Zeer zorgwekkende stoffen.



Onderstaand is een overzicht gegeven in de posten die worden beschouwd bij het berekenen van de kosteneffectiviteit van de maatregel. Op de laatste pagina van deze bijlage is een kostenmodel opgenomen. Voor een eerste verkenning van maatregelen kan worden volstaan met een grove berekening. Pas wanneer de kosteneffectiviteit hoger dreigt te liggen dan de kosteneffectiviteitsdrempel is een gedetailleerdere berekening nodig.

### Berekenen van de totale kosten van de maatregel

De schematische weergave van de berekening van milieukosten en lasten is als volgt:

- kapitaalkosten + operationele kosten = bruto milieukosten;
- bruto milieukosten - opbrengsten en besparingen = netto milieukosten;
- netto milieukosten + betaalde overdrachten - ontvangen overdrachten = milieulasten.

Bij rendabele milieumaatregelen leidt kosten minus opbrengsten tot negatieve milieukosten, dus tot netto baten of opbrengsten. De milieulasten geven tevens aan door wie de kosten van de milieumaatregelen in feite worden gefinancierd.

### Kapitaalkosten

De kapitaalkosten betreft de jaarlijkse kosten in verband met een investeringsuitgave (voor zover op de balans geactiveerd).

De bijkomende kosten, bijvoorbeeld: de opleidingskosten, opstartkosten, eenmalige kosten bij het operationeel maken, installatiekosten, notariskosten, kosten in samenwerking met een onderhoudscontract en de bouwrente kunnen substantieel zijn (niet al deze kosten zijn op elke installatie van toepassing). Ook kosten vanwege kapitaalvernietiging vanwege desinvestering kunnen hier worden meegenomen. In de methodiek zijn deze kosten opgenomen onder bijkomende en eenmalige kosten.

Voor de omrekening van de investeringsuitgaven naar jaarlijkse kosten is van belang:

- levensduur van de maatregel. Het gaat hier om de periode dat de voorziening daadwerkelijk wordt gebruikt. Bij de bepaling van milieukosten op macroniveau worden de volgende standaard levensduur gehanteerd:
  - 10 jaar voor het elektromechanische gedeelte van de investering;
  - 25 jaar voor het bouwkundige gedeelte van de investering;
- methode van afschrijven. In principe zijn er legio afschrijvingsmethoden mogelijk. In toepassing van de methodiek op macroniveau wordt gekozen voor de annuïtaire afschrijvingsmethode conform de kosteneffectiviteitberekening voor luchtreducties (zie bijlage II van het activiteitenbesluit, <http://wetten.overheid.nl/BWBR0022762/2017-02-02#Bijlage2>) [ref. 9]. De jaarlijkse kosten zijn gelijk gedurende de gehele afschrijvingsperiode en bestaan uit de som van rente en aflossing van de investering;
- reële kostenvoet van vermogens beslag (de rente). Overeenkomstig de methode voor de kosteneffectiviteitberekeningen voor luchtreducties<sup>6</sup> wordt een vaste rentevoet van 10 % gehanteerd. De achtergrond van dit percentage is toegelicht in de wetgeving (zie bijlage II activiteitenbesluit) en is een compromis tussen de nominale kapitaalmarktrente en de interne rentevoet die bedrijven hanteren voor 'return on investment'.

<sup>6</sup> Deze is beschreven in bijlage 2 van het Activiteitenbesluit.

### Operationele kosten

De operationele kosten betreffen de terugkerende jaarlijkse kosten als gevolg van het gebruik van de installatie zoals:

- kosten in verband met bediening en onderhoud, voor eigen personeel (bruto loonkosten) en uitbestede werkzaamheden;
- overheadkosten, wanneer milieu personeel gebruik maakt van interne diensten, huisvesting et cetera;
- energiekosten (op eindverbruikers prijs);
- overige vaste operationele kosten, bijvoorbeeld voor grond- en hulpstoffen, afvalstoffenontzorging en verzekeringen);
- variabele operationele kosten (voorzieningen, reststoffenverwerking, lozingsheffingen, overige variabele operationele kosten).

### Opbrengsten en besparingen

Voorbeelden hiervan zijn een lager energiegebruik, minder kosten voor afvalverwerking, hogere opbrengsten voor rest en bijproducten, en lagere verzekeringspremie. Belastingen en heffingen kunnen door milieumaatregelen lager uitvallen. Bestemmingsheffingen (bijvoorbeeld besparing op regulerende energiebelasting) worden onder de post 'betaalde overdrachten' geboekt. Ook de vervanging van een bestaande toeslagstof door een duurder stof kan verrekend worden middels nieuwe kosten en besparing op de bestaande toeslagstof (zoals voorbeeld 2 in 3.2.2.). Bij de berekening van de kosteneffectiviteit wordt ook rekening gehouden met de stortingstijd van een installatie. Het reguliere rendement van de installatie wordt gecorrigeerd voor de extra vervuiling die plaatsvindt tijdens storting en onderhoudsuren, voordat de kosteneffectiviteit wordt berekend.

### Overdrachten

Dit betreft:

- ontvangen overdrachten. Te onderscheiden zijn exploitatie subsidies (komen zelden voor) en investering subsidie (bijvoorbeeld vanwege energiebesparing) en fiscale voordelen (bijvoorbeeld VAMIL subsidie);
- betaalde overdrachten. Voor private actoren betreft dit de bestemmingsheffingen en betalingen voor door derden verrichte milieudiensten. Voorbeelden van bestemmingsheffingen zijn: reiniging en rioolrechten, mestheffing, grondwaterheffing, en regionale bestemmingsheffingen.

## Berekening Kosteneffectiviteit van een maatregel (zoals ook beschreven in Bijlage 2 van het activiteitenbesluit Milieubeheer)

meer informatie is te vinden op:

<http://wetten.overheid.nl/BWBR0022762/2017-02-02#Bijlage2>

Status per Maart 30 2017

<b>Afschrijvingsmethodiek</b>	In de methodiek worden investeringen op annuïtaire wijze afgeschreven. In werkelijkheid worden investeringen vaak op lineaire wijze afgeschreven. De annuïtaire afschrijvingsmethode heeft echter als voordeel dat constante jaarkosten worden verkregen zodat de methodiek eenvoudiger te hanteren is.
-------------------------------	---

Rentevoet en afschrijving	Eenheid	Waarde	Toelichting
Rente	percentage	10%	De 10% is een compromis tussen de nominale kapitaalmarktrente en de interne rentevoet die bedrijven hanteren voor 'return on investment'.
Elektromechanische deel van de milieu-investering	jaar	10	aangepast termijn om na 25 jaar geen desinvestering te hebben
Bouwkundig deel van de milieu-investering	jaar	25	standaard termijn
Opdeling van investering	Onder het elektromechanische deel wordt alle apparatuur verstaan, compleet met instrumentatie en dergelijke. Onder het bouwkundige deel worden vaak de hallen, loodsen, funderingen, leidingbruggen en dergelijke verstaan. De reden dat deze bouwkundige investeringen over een langere termijn worden afgeschreven is dat de levensduur veelal langer is dan 10 jaar en dat deze voorzieningen ook bruikbaar blijven als de huidige apparatuur wordt vervangen. Echter, in praktijk zijn (delen van) de bouwkundige investeringen toch installatiespecifiek en moeten worden verwijderd als de apparatuur is afgeschreven, wordt ontmanteld en niet meer wordt vervangen. Indien dit wordt voorzien, dan moeten deze installatiespecifieke bouwkundige voorzieningen worden gerekend tot het elektromechanische gedeelte en dus worden afgeschreven over 10 jaar.		

<b>Berekening annuïteit</b>	De annuïteit is de factor die uitdrukt wat de jaarlijkse kosten zijn van een eenmalige investering. De annuïteit wordt berekend uit rente plus afschrijving volgens:	$i * (1 + i)^n$ $\text{Annuïteit} = \frac{\quad}{(1+i)^n - 1}$
	de annuïteit bij een afschrijvingstermijn van 10 jaar gelijk aan 0,163 en bij een afschrijvingstermijn van 25 jaar gelijk aan 0,110.	
	De afschrijvingstermijn vangt aan op het moment dat de installatie in bedrijf wordt genomen. Kapitaalkosten die worden gemaakt voor dit tijdstip vallen onder het begrip «bouwrente» en maken onderdeel uit van de eenmalige investeringen.	

### VARIANT Maximale TCE verwijdering (-)

#### a Kosten

Parameter	Eenheid	Waarde	Toelichting
<b>Kosten (CAPEX):</b>			
Investering (niet bouwkundig):	EUR		
* aanschafprijs	EUR	€ 507.622	GAC+ GAC filter installatie (90% E&I+WTB)
* bijkomende investering	EUR	€ 101.524	20% (standaard 30-250% van aanschafprijs)
* eenmalige investering	EUR	€ 126.906	25% (standaard 25% van aanschafprijs)
* kapitaalvernietiging door desinvesteringen	EUR	€ 0	eventueel
<b>Totaal Investering (niet bouwkundig)</b>	<b>EUR</b>	<b>€ 736.052</b>	
Bouwkundige investering	EUR	€ 50.477	GAC filter installatie (10% Civiel)
<b>Totaal bouwkundige investering</b>	<b>EUR</b>	<b>€ 50.477</b>	

<b>Kosten (OPEX):</b>			
<b>Vaste operationele kosten:</b>			
* Onderhoud	EUR/jaar	€ 12.183	3-5% van de aanschafprijs en bijkomende investeringen
* Bediening	EUR/jaar	€ 12.183	2%
* Overige vaste operationele kosten	EUR/jaar	€ 0	2%
<b>Variabele operationele kosten:</b>			
* Voorzieningen	EUR/jaar	€ 10.950	electriciteit 0,125 Eur/kWh en 0,1 kWh/ m3 (gas, electriciteit, water, stoom etc.) Aangenomen is dat de besparing door regeneratie actiefkool de kostenpost compenseert voor reststoffenverwerking, om die reden wordt gerekend met de nieuwprijs van actiefkool
* Reststoffen verwerking	EUR/jaar	€ 0	
* Lozingsheffing	EUR/jaar	€ 0	
* Overige variabele operationele kosten	EUR/jaar	€ 2.427	Verbruik van GAC (Granular Activated Carbon)
<b>Totale operationele kosten</b>	<b>EUR/jaar</b>	<b>€ 37.743</b>	= Totale bruto jaarlijkse kosten

<b>Jaarlijkse kosten</b>			
Electromechanische kapitaalkosten	EUR/jaar	€ 119.789	(annuïteit: 0,163)
Bouwkundige kapitaalkosten	EUR/jaar	€ 5.561	(annuïteit: 0,110)
<b>Total investeringen (CAPEX) plus OPEX</b>	<b>EUR/jaar</b>	<b>€ 163.093</b>	
Opbrengsten en besparingen	EUR/jaar	€ 0	Restconcentratie specifieke stof dermate laag dat besparing op lozingsheffing nihil wordt geschat
<b>Total netto jaarlijkse kosten</b>	<b>EUR/jaar</b>	<b>€ 163.093</b>	

#### b Effecten

Huidige flow (m3/h, gemiddeld per jaar)	m3 / h	100	tijdens bedrijfsuren
Huidige concentratie (mg/m3, gemiddeld per jaar)	mg/ m3	11	
Bedrijfsuren	uren /jaar	8.760	
Huidige vracht kg, berekend bij uren/jaar	kg/jaar	10	jaarlijkse ongereinigde vracht
Gemiddelde rendement	%	90%	tijdens bedrijfsuren
Jaarlijkse restemissie (1-rendement%)	kg/jaar	1,0	
Jaarlijkse emissies tijdens storingen	kg/jaar	0,2	2% van bedrijfsuren
Jaarlijkse emissies tijdens onderhoud	kg/jaar	0,2	2% van bedrijfsuren, om deze reden geen redundantie opgenomen
<b>Emissie reductie (kg/year)</b>	<b>kg/jaar</b>	<b>8</b>	

#### c Kosteneffectiviteit

<b>Kosteneffectiviteit</b>	<b>EUR/kg</b>	<b>€ 19.700</b>	<b>afgerond bedrag</b>
----------------------------	---------------	-----------------	------------------------

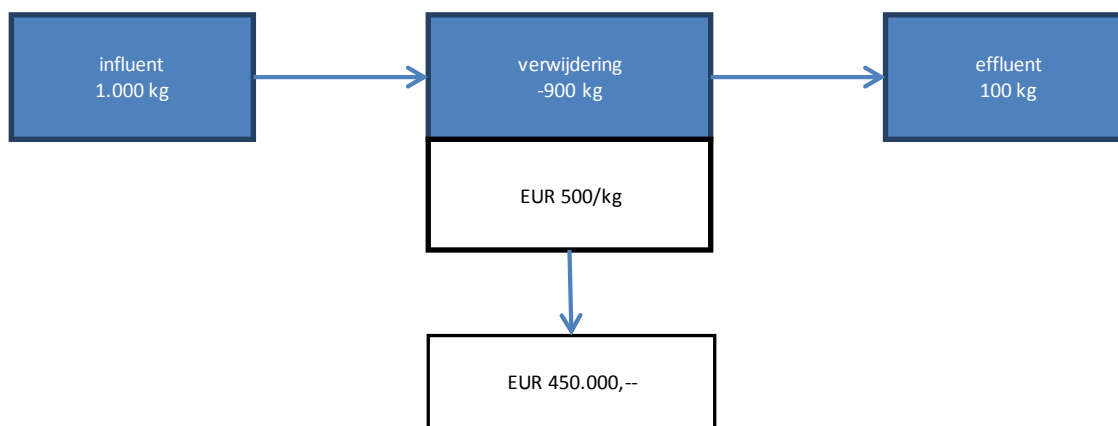
Standaard waarden\*:

\* Het verdient de voorkeur om bijkomende en eenmalige investeringskosten en vaste operationele kosten uit het verkennend ontwerp af te leiden. Alleen indien het verkennend ontwerp niet genoeg houvast biedt, kan met de standaard-waarden worden gewerkt.

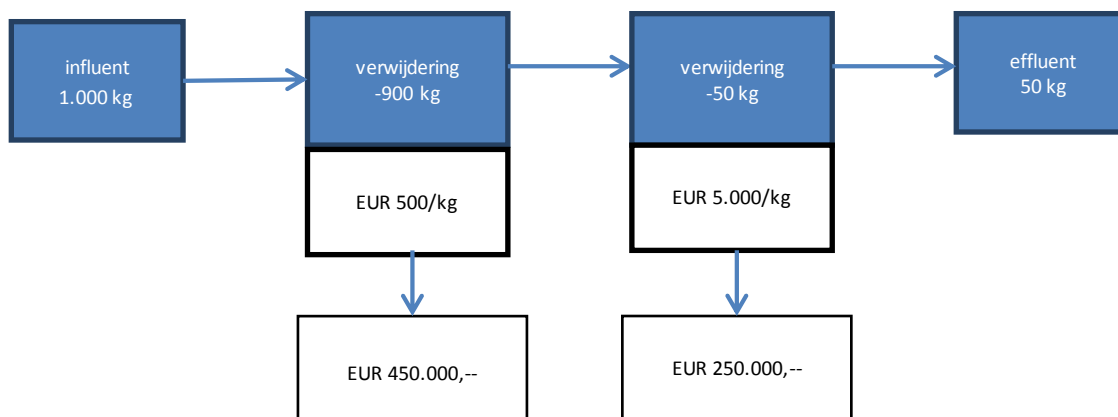
## Voorbeeld kosten BBT en BBT+

### Voorbeeld 1. Plaatsen van een nazuivering

Stel, een bedrijf wil 1000 kg / jaar van een bepaalde stof die vrij komt in het productieproces lozen op oppervlaktewater. Op basis van de BREF en de ABM moet het bedrijf een BBT plaatsen waarmee jaarlijks 900 kg stof wordt verwijderd. Dit doet het bedrijf tegen 450.000,- - EUR / jaar, waarmee de kosteneffectiviteit EUR 500 / kg verwijderde stof bedraagt.



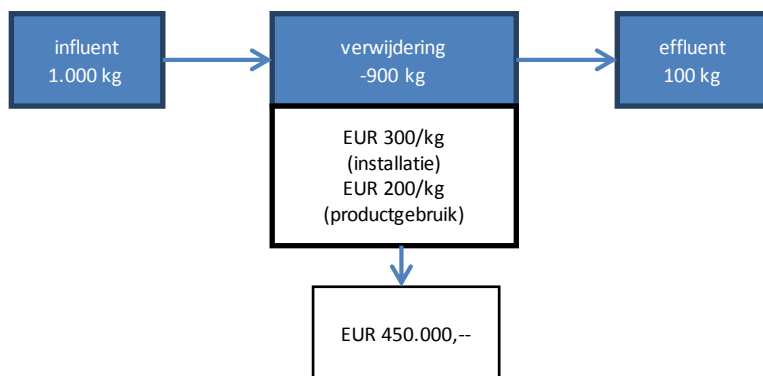
Na het uitvoeren van de immissietoets blijkt dat op de locatie niet wordt voldaan aan de waterkwaliteitsdoelstellingen. Om te voldoen aan de doelstellingen moet het bedrijf jaarlijks 50 kg aanvullend verwijderen. Op basis van de kosteneffectiviteitsdrempels blijkt dat dit het bedrijf jaarlijks maximaal 5.000 EUR/kg aanvullend mag kosten. Het bedrijf heeft maatregelen onderzocht, en het blijkt dat nazuivering de meest realistische optie is.



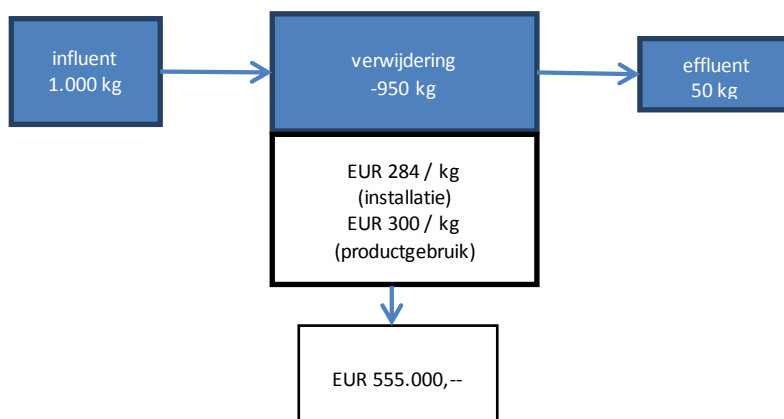
Deze drempel wordt toegepast op de aanvullende te verwijderen vracht, waarmee de totale kosten van de zuivering maximaal EUR 700.000,-- per jaar bedragen. De gemiddelde kosten per kg verwijderde stof berekend over beide installaties komt uit op EUR 737 /kg.

## Voorbeeld 2. Productvervangingsproces in het zuiveringsproces

Stel, het bedrijf uit het voorgaande voorbeeld wil géén nazuivering plaatsen, maar overweegt in plaats daarvan een stof in het zuiveringsproces te vervangen door een duurder stof waardoor de emissie naar oppervlakteater kan worden gereduceerd. In de huidige situatie zijn de kosten te verdelen in EUR 270.000 (EUR 300 /kg) voor de installatie zelf (inclusief alle bijkomende onderdelen uit de kostenberekening) en EUR 180.000 (EUR 200,--/kg) voor doseren van het specifieke product.



Het bedrijf vervangt nu de toegevoegde stof door de efficiëntere stof waarmee de verwijdering toeneemt naar 950 kg. De kosten voor het gebruik van dit product bedragen EUR 300,--/kg verwijderde stof wat uitkomt op EUR 285.000. De vaste lasten van de zuivering (EUR 270.000) worden nu gebruikt voor 950 kg in plaats van 900 kg en hierdoor daalt de kostprijs per kg naar EUR 284 / kg. De dosering van de toeslagstof is netto 100 EUR/kg duurder dan in de oude situatie en er is meer nodig omdat 50 kg extra verwijdering plaatsvindt. De totale kosten zijn echter lager ten opzichte van een extra zuiveringsstap.



De kosten van de zuivering bedragen nu EUR 555.000, ofwel EUR 584 /kg.

De kosten blijven ruim onder de kosteneffectiviteitsdrempel die als volgt wordt berekend: EUR 500,-- \* 900 kg = EUR 450.000,--/jaar. EUR 5000,-- \* 50 kg = EUR 250.000,--/jaar. Totaal: EUR 700.000,-- per jaar.

De kosten voor alléén BBT+ kunnen in het bovenstaande voorbeeld als volgt worden berekend: EUR 555.000 - EUR 450.000 / 50 kg = EUR 2.100,-- / kg (en dus niet de EUR 84,-- /kg die voor de totale vracht geldt). Dit getal is veel hoger dan sec het verschil tussen de producten. Dat komt doordat het product wordt toegepast over de totale vracht en niet alleen op het BBT+ deel (50 kg).

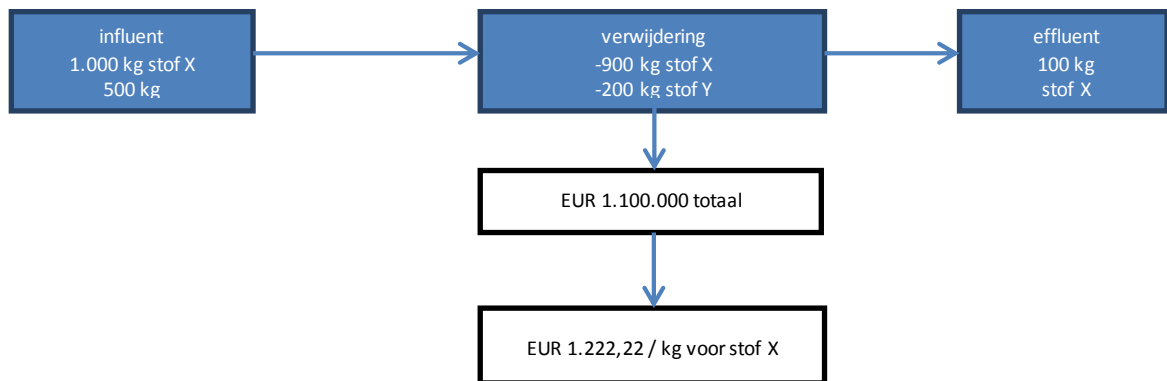
Met deze berekeningsmethode zijn berekeningen voor bijvoorbeeld nazuiveringstechnieken en voor productvervanging onderling vergelijkbaar.

## Rekenvoorbeeld toedelen kosten aan verschillende stoffen

### Rekenvoorbeeld stap 1

Stel, een bedrijf heeft een afvalwaterstroom met 2 stoffen, stof X en stof Y en wil deze lozen op oppervlaktewater.

Afbeelding 6.1 Rekenvoorbeeld toedelen kosten aan meerdere stoffen, stap 1



De totale jaarlijkse kosten voor de zuivering bedragen EUR 1.100.000,--. Wanneer deze kosten in het geheel worden toegerekend aan stof X, is de kosteneffectiviteit EUR 1.222,22 / kg verwijderde stof.

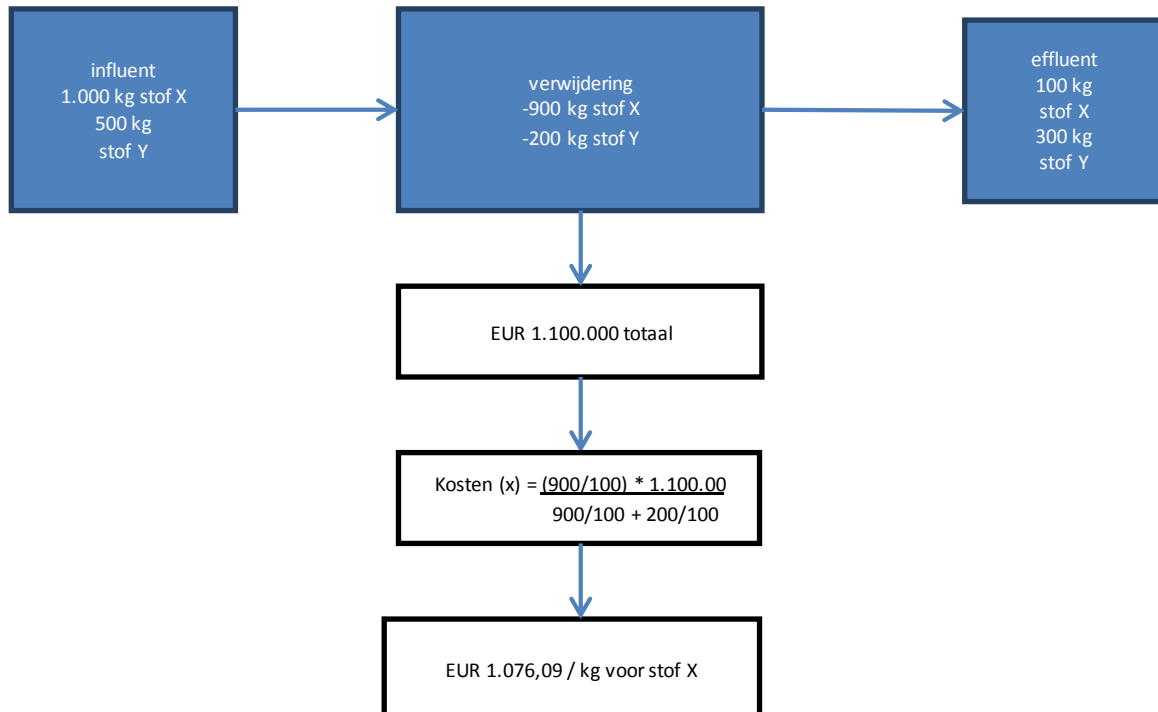
Is de kosteneffectiviteitsdrempel voor deze stof EUR 1.500,-- / kg verwijderde stof per jaar, dan worden de kosten als redelijk beschouwd en kunnen de maatregelen worden gerealiseerd. Is de kosteneffectiviteitsdrempel echter EUR 1.000,-- / kg verwijderde stof per jaar, dan is nog niet duidelijk of de maatregel 'redelijk' is en moet stap 2 van de berekening worden uitgevoerd.

### Rekenvoorbeeld stap 2

Stel, voor het bedrijf uit het rekenvoorbeeld in stap 1 is de kosteneffectiviteitsdrempel voor stof X inderdaad EUR 1.000/kg verwijderde stof per jaar. Uit stap 1 blijkt dan dat stap 2 van de berekening moet worden uitgevoerd. In stap 2 wordt bepaald welk deel van de kosten voor zuivering aan stof X mag worden toegekend. Daarvoor werken we met de volgende aannames;

- De norm voor stof X is 100 µg/l;
- De norm voor stof Y is 1000 µg/l.

Afbeelding 6.2 geeft de berekening weer in deze situatie.



De kosten die toegekend kunnen worden aan stof X zijn in dit voorbeeld EUR 1.076,09/kg verwijderde stof per jaar. Daarmee liggen de kosten alsnog boven de kosteneffectiviteitsdrempel van EUR 1.000 / kg verwijderde stof per jaar en worden de maatregelen in dit geval als niet redelijk beschouwd.

Had de kosteneffectiviteitsdrempel voor stof X in bovenstaand voorbeeld op EUR 1.100 / kg verwijderde stof gelegen, dan was de maatregel in dit geval wel 'redelijk'.

## Praktijkvoorbeelden

### Praktijkvoorbeeld bedrijfstak basismetaal

#### Situatieschets

Een fabriek in de bedrijfstak basismetaal maakt gebruik van een proces waarbij zware metalen vrijkomen in het spoelwater. Het spoelwater wordt door het bedrijf lozen op het lokale oppervlaktewatersysteem.

Het betreft een bestaande lozing. Het lozingsdebiet bedraagt gemiddeld 30 m<sup>3</sup>/uur en er worden de volgende stoffen<sup>7</sup> (concentratie opgelost) geloosd;

- Cd met 2 µg/l;
- Zn met 50 µg/l.

De diameter van de lozingspijp bedraagt 0.2 m. Voor de dichtheid van de lozing wordt een waarde van 998 kg/m<sup>3</sup> aangehouden. In het ontwerp zijn al verschillende maatregelen opgenomen om het vrijkomende spoelwater, waarbij zink wordt geprecipiteerd met een product op basis van hydroxyden, de pH wordt gereguleerd voor een efficiënt precipitatieproces en vervolgens zandfiltratie wordt toegepast om de neerslag af te vangen. Ook de overige in de BREF voorgeschreven procesmaatregelen voor de beperking van de emissie van zware metalen worden geïmplementeerd (zoals een stortplaats voorzien van waterdichte ondergrond, opvang en behandeling van percolatiewater).

De stoffen worden geloosd op een kanaal van 24 meter breed met een maatgevend laag afvoerdebiet (90-percentiel) van 0,5 m<sup>3</sup>/s. Het gemiddelde debiet bedraagt 1 m<sup>3</sup>/s. De diepte van het kanaal bedraagt 2 m. Het kanaal kent een achtergrondconcentratie (opgelost) voor de desbetreffende stoffen van;

- Cd 0,03 µg/l (norm 0,08 µg/l);
- Zn 8 µg/l (norm 7,8 µg/l).

In de volgende tekst gaan we achtereenvolgens in op de toepassing van BBT, de immissietoets en redelijkheid van kosten.

#### Is BBT toegepast?

Het bedrijf moet voldoen aan BBT zoals omschreven in de BBT-conclusies IJzer en staalproductie (2012). Voor de emissie van zware metalen voor het desbetreffende bedrijfstype is daarin opgenomen dat het afvalwater moet worden behandeld met een combinatie van precipitatie, neutralisatie en zandfiltratie.

De bijbehorende emissieniveaus zijn;

- < 30 mg/l voor zwevend stof;
- < 100 mg/l voor COD;
- < 0,1 mg/l voor zware metalen.

De onderstaande tabel geeft de ABM-beoordeling weer van de stoffen in het te lozen water.

stof	CAS-nummer	Waterbezwaarlijkheid	saneringsinspanning
Cadmium	7440-43-9	Z	er moet worden gestreefd naar een nullozing
Zink	14808-79-8	A	lozing moet zoveel mogelijk worden voorkomen

Zoals in de situatieschets is beschreven, heeft het bedrijf de voorgeschreven maatregelen opgenomen in het ontwerp. Daarmee wordt voldaan aan BBT. Daarnaast moet voor cadmium worden gestreefd naar een nullozing (ZZS). Omdat het stoffen betreffen die inherent zijn aan de bedrijfsprocessen is productvervanging geen optie. Wel wordt afgesproken dat in de vergunning een 5-jaarlijkse termijn wordt opgenomen waarbinnen het bedrijf rapporteert over de mogelijkheid om de emissie van deze metalen verder terug te dringen.

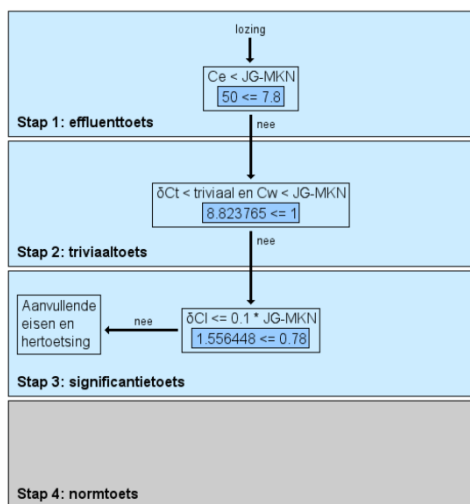
<sup>7</sup> Bij lozingen komen meestal meer stoffen vrij dan hier beschreven. Om de voorbeelden duidelijk te houden is het aantal stoffen in de voorbeelden beperkt.



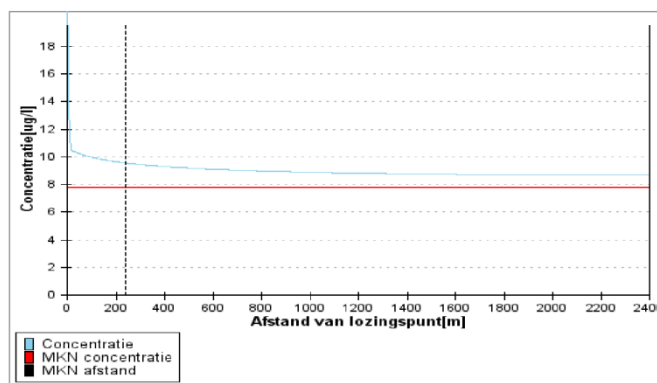
De restlozing voldoet ook aan de emissie-eisen van uit de BREF (< 0,1 mg/l voor de verschillende stoffen).

### Voldoet de restlozing aan de immissietoets?

De restlozing is beoordeeld met de immissietoets. Onderstaand is de beslisboom van de immissietoets voor Zn weergegeven.

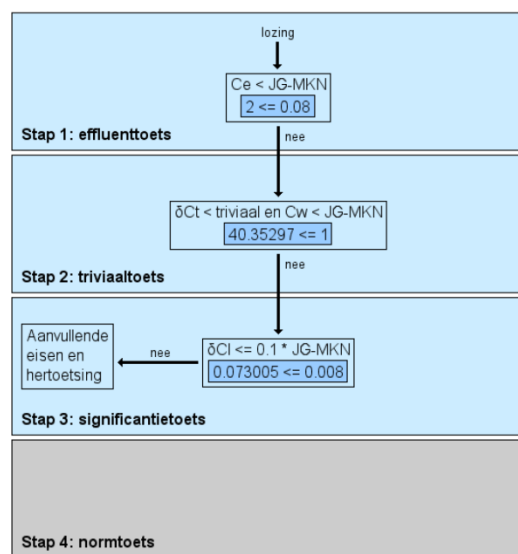


MKN grafiek

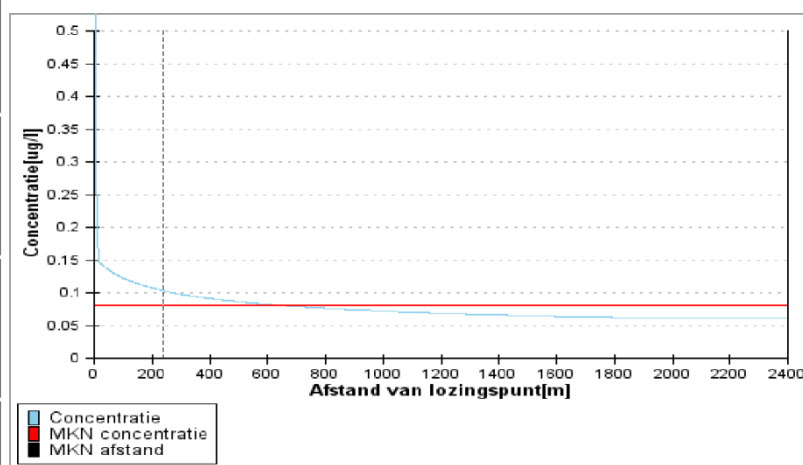


Concentratie op MKN toetsafstand: 9.556448324705 ug/l  
 Concentratie op MAC toetsafstand: 14.048264933637 ug/l

De lozing voldoet nog niet aan de immissietoets voor zink, omdat de toename in concentratie meer dan 10% van de norm bedraagt en de concentratie op de rand van de mengzone nog boven de norm ligt, zie bovenstaande afbeelding.



MKN grafiek



Concentratie op MKN toetsafstand: 0.10300483808735 ug/l  
 Concentratie op MAC toetsafstand: 0.31369242664919 ug/l

De lozing van Cd voldoet niet aan immissietoets omdat niet aan de significantietoets kan worden voldaan. De concentratie in oppervlaktewater blijft op de rand van de mengzone niet onder de norm, en de toename van de totale concentratie in oppervlaktewater is meer dan 10% van de norm voor cadmium (zie bovenstaande figuur). Echter daar het hier gaat om stoffen die hechten aan zwevend stof en waarvan de norm is uitgedrukt als opgelost mag een analyse op basis van de genuanceerde aanpak (zie bijlage A van handboek immissietoets 2016) worden toegepast.

### Correctie voor opgeloste norm

De norm voor Cd en Zn zijn uitgedrukt als opgelost.

Het zwevend stofgehalte van het oppervlaktewater bedraagt 15 mg/l. Dit betekent dat de concentratietoename uitgedrukt als opgelost ( $\Delta C_{\text{opgelost}}$ ) uitkomt op  $1/(1+K_d \cdot C_{\text{ss}} \cdot 0.000001) \cdot \Delta C_{\text{totaal}}$ . Dit betekent dat  $\Delta C_{\text{opgelost}}$  voor Cd uitkomt op  $1/(1+10^{5.11} \cdot 15 \cdot 0.000001) = 1/2.93 = 0.341 \cdot \Delta C_{\text{totaal}} = 0.341 \cdot 0.073 = 0.0249 \text{ ug/l}$ , hetgeen overeenkomt met 31.1 % van het MKE. Dit betekent de lozing voldoet niet aan immissietoets voor cadmium. De opgeloste concentratie op de rand van de mengzone bedraagt 0.05 ug/l, hetgeen lager is dan de norm voor Cd. Om te voldoen aan de immissietoets moet de lozing met 66.9 % worden gereduceerd.

Voor Zn komt de toename op de rand van de mengzone ( $\Delta C_L$ ) uit op  $1/1+10^{5.05} \cdot 0.000001 = (1/2.68) \cdot \Delta C_{\text{totaal}} = 0.3781 \cdot \Delta C_{\text{totaal}} = 0.3781 \cdot 1.557 = 0.589 \text{ ug/l}$  (7.5 % MKN). De lozing voldoet aan significantietoets van de immissietoets. De concentratie op de rand van de mengzone komt vanwege de hoge achtergrondconcentratie ( $C_a > \text{MKN}$ ) uit boven de norm. De beoordeling op waterlichaamniveau resulteert in:  $\Delta C_{\text{mon}} = 0.3781 \cdot Q_{\text{loz}}(Q_{\text{af}} + Q_{\text{loz}}) \cdot (C_{\text{loz}} - C_a) = 0.3781 \cdot 42 \cdot 0.0083 / (1 + 0.0083) = 0.1312 \text{ ug/l}$ . Dit is meer dan de meetnauwkeurigheid (0.1 ug/l). Dit betekent dat de lozing van Zn niet voldoet aan de immissietoets. Om te voldoen aan de immissietoets moet de toename van Zn concentratie ter hoogte van het monitoringspunt worden gereduceerd met  $1 - 0.1/0.1312 = 23.78\%$ . De toename in concentratie in oppervlaktewater als gevolg van de lozing is evenredig met  $(C_{\text{loz}} - C_a)$ . Voor de bepaling van de reductie van de lozingsconcentratie moet ook rekening worden gehouden met de achtergrondconcentratie. Met een reductie van 23.78% van  $\Delta C_{\text{mon}}$  wordt de nieuwe lozingsconcentratie:  $C_{\text{loz-nieuw}} = C_a + (1 - 0.2378) \cdot (C_{\text{loz-oud}} - C_a) = 8 + (1 - 0.2378) \cdot (50 - 8) = 8 + 32 = 40 \text{ ug/l}$ . Dit betekent een reductie van 20% van oude lozingsconcentratie.

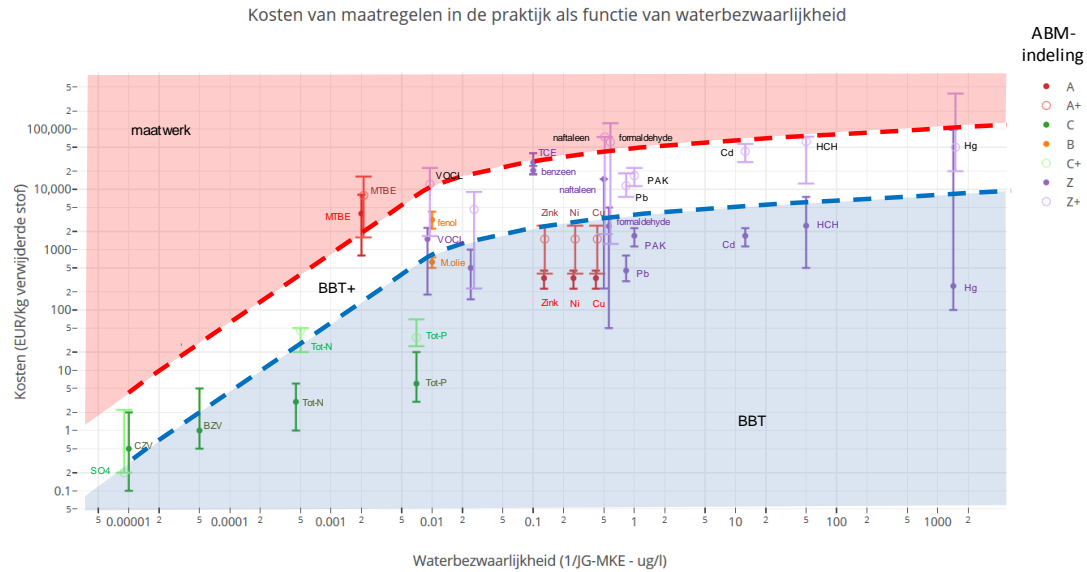
### Welke aanvullende maatregelen worden ingezet?

De cadmiumvracht die op jaarbasis wordt geloosd is 0,525 kg/jaar. Op basis van de immissietoets voldoet de lozing op het moment dat de lozingsconcentratie op of onder 0,5  $\mu\text{g/l}$  wordt gebracht. De vracht die daarmee aanvullend moet worden verwijderd uit het te lozen water is daarmee 0,35 kg/jaar (reductie van 67%).

De lozing van Zn moet worden gereduceerd met 20%, hetgeen neerkomt op een reductie van 2.63 kg/jaar.

De onderstaande afbeelding geeft weer hoe redelijke kosten voor de aanvullende saneringsinspanning kunnen worden bepaald voor zink en cadmium. Deze kosten mogen alleen als bovengrens worden gehanteerd bij de beoordeling van maatregelen als de lozings situatie overeenkomt met situaties zoals beschreven in het beslisschema op pag. 11 in hoofdstuk 1.

Het gaat hier om een nieuwe lozing. Als na uitvoering van maatregelen die op basis van KE in rede kunnen worden verlangd blijkt dat NIET kan worden voldaan aan de immissietoets mogen kosten alleen worden betrokken bij de beoordeling als het niet voldoen aan de immissietoets alleen wordt veroorzaakt door het NIET voldoen aan de significantietoets. Indien de bovengenoemde maatregelen binnen de ruimte van KE voor BBT+ kunnen worden gerealiseerd dan speelt dit niet.



De met een + aangegeven punten betreffen BBT+ technieken  
 Waar een stofgroep meerdere normen kent, is uitgegaan van een gemiddelde JG-MKE  
 De punten in de grafiek geven de meest realistisch geachte kosten weer  
 De balken de range van kosten die is aangetroffen in diverse cases, literatuur en referentie-ontwerpen  
 Voor ecologische parameters (N en P) en C-stoffen (bijv. chloride) kan de beoordeling van een lozing afwijken van die voor (milieubezwaarlijke) chemische parameters. Derhalve is de blauwe lijn voor deze stoffen als vertrekpunt voor het vaststellen van in rede te verlangen kosten voor BBT+ minder geschikt.

Uit de grafiek volgt dat de kosteneffectiviteitsdrempel voor BBT+ maatregelen voor Cd-verwijdering uitkomt op 56.200 €/kg-verwijder (zie rode stippellijn van de grafiek).

Het bedrijf besluit hier invulling aan te geven door een ander, duurder, product (op basis van sulfiden) in te zetten voor de precipitatie van de metalen dan in het oorspronkelijke ontwerp was voorzien. De verwijdering van zink en cadmium verloopt hiermee efficiënter dan met een product op basis van hydroxyden. De kosten voor de zuivering zijn duurder omdat dit product wordt gebruikt voor de gehele afvalwaterstroom (inclusief de kg die al verwijderd zouden moeten worden op basis van BBT) en omdat het product zelf duurder is. Netto nemen de totale kosten voor het zuiveren van het koelwater toe met EUR 25.000, -- per jaar. Deze totale toename kan worden toegerekend aan de aanvullende saneringsinspanning en is daarom het bedrag dat wordt getoetst aan de kosteneffectiviteitsdrempel.

Omdat er meerdere stoffen moeten worden verwijderd in het zuiveringsproces, wordt gewerkt volgens de methode zoals beschreven onder paragraaf 3.3.1 van het hoofdrapport (toedelen van kosten aan meerdere stoffen).

**Stap 1**

De totale kosten bedragen EUR 25.000, --. Gedeeld door de vracht van cadmium (de meest waterbezwaarlijke stof) is bedragen de kosten EUR 71428 /kg-verw. Dit bedrag is hoog doordat de kosten worden toegekend aan een relatief kleine vracht. Het bedrag ligt hoger dan de kosteneffectiviteitsdrempel. Daarmee moet stap 2 van de berekening worden uitgevoerd.

**Stap 2**

Hier wordt gewerkt met de volgende formule:

$$Kosten_x = \frac{\left( \frac{\text{Verwijderde vracht stof } X}{JG\_MKE_x} \right) * \text{totale kosten}}{\sum \frac{\text{Verwijderde vrachten}}{JG\_MKE's}}$$

De jaarlijkse kosten voor het verwijderen van cadmium bedragen hier:

$$Kosten_x = \frac{\left(\frac{0,35}{0,08}\right) * 25000}{\left(\frac{0,35}{0,08}\right) + \left(\frac{2,63}{7,8}\right)} = \text{EUR } 23212,-$$

De kosten per kg-verwijderd voor Cadmium bedragen: € 23212/0.35 = EUR 66320/kg-verw. Dit ligt boven de kosteneffectiviteitsdrempel van € 56.200/kg-verw. Omdat de maatregel ook effect heeft op de zink-lozing moet voor de beoordeling of de maatregel in rede is te verlangen ook worden gekeken naar de kosten voor Zn-verwijdering.

$$\text{De jaarlijkse kosten voor het verwijderen van zink bedragen hier } Kosten_x = \frac{\left(\frac{2,63}{7,8}\right) * 25000}{\left(\frac{0,35}{0,08}\right) + \left(\frac{2,63}{7,8}\right)} = \text{EUR } 1788,-.$$

Voor zink bedragen de jaarlijkse kosten 1788/2.63 = 680 /kg-verw. Uit de grafiek volgt een maximale kosten effectiviteit voor BBT+ van Zn-verwijdering van ca. 4500,- €/kg/verw. Dit betekent dat de verwijderingskosten voor zink duidelijk onder de kosteneffectiviteitsdrempel liggen. Dit betekent dat de maatregel vanuit het perspectief van Zn-verwijdering als kosteneffectief kan worden aangemerkt.

#### *Omgang met kleine vrachten*

In dit geval vallen de kosten voor het verwijderen van alleen de kleine vracht cadmium in het te lozen water hoger dan de maximaal in rede te verlangen kosten voor Cd-verwijdering. Doordat er ook een andere stof wordt verwijderd, waarvoor reductie op grond van de immissietoets noodzakelijk is, en de totale waterbezwaarlijkheid van de te verwijderen stoffen (Zn en Cd) in beschouwing wordt genomen wordt de zuivering wel kosteneffectief. De totale maximale 'in rede te verlangen' kosten van een maatregel die zowel de emissies van Zn als Cd beperkt, bedragen in dit geval  $0,35 * 56.200 + 2,63 * 3500 = 28875$  € per jaar. De jaarlijkse kosten van de maatregel bedragen 25000 € per jaar. De maatregel kan dus als kosteneffectief worden beschouwd.

Na uitvoering van de maatregel wordt voldaan aan immissietoets.

## Praktijkvoorbeeld bedrijfstak zuivelindustrie

### Situatieschets

Een *bestaande* producent van kaas wil het bedrijf uitbreiden. Daarbij neemt de hoeveelheid water die op oppervlaktewater (een groot kanaal) wordt geloosd toe. Er komt onder andere afvalwater vrij bij het pekelp proces, de reiniging van de leidingen en het reinigen van productieruimten en apparatuur.

De maatgevende lage afvoer van het kanaal bedraagt 0.7 m<sup>3</sup>/s en de breedte van het kanaal bedraagt 30 m. De diepte van het kanaal bedraagt 3 m. Het gemiddelde debiet bedraagt 1 m<sup>3</sup>/s.

In de huidige situatie loost het bedrijf gemiddeld 10 m<sup>3</sup>/ uur op het oppervlaktewater. Door de uitbreiding van het bedrijf neemt dit toe tot 15 m<sup>3</sup>/ uur. Naast de diverse procesgeïntegreerde maatregelen die in de BREF zijn voorgeschreven om de wateremissie te beperken wordt er gebruik gemaakt van behandeling van het afvalwater op basis van flotatie. De relevante stoffen in het afvalwater zijn;

- Totaal fosfor, 1,5 mg/l;
- Chloride, 220 mg/l<sup>8</sup>.

Daarnaast wordt er voor het reinigen van leidingen gewerkt met een desinfectiemiddel op basis van perazijn, dat in zeer kleine hoeveelheden in het lozingswater terecht komt.

### Is BBT toegepast?

Het bedrijf moet voldoen aan de BBT zoals omschreven in de BREF -voedingsmiddelen en zuivel (2005). Voor de productie van kaas zijn daarin specifiek de eisen voor de emissie opgenomen zoals weergegeven in de onderstaande afbeelding. Voor de zuivering van het afvalwater is een breed scala aan mogelijkheden opgenomen.

Parameter	Concentration (mg/l)
BOD <sub>5</sub>	<25
COD	<125
TSS	<50
pH	6 – 9
Oil and grease	<10
Total nitrogen	<10
Total phosphorus	0.4 – 5
Better levels of BOD <sub>5</sub> and COD can be obtained. It is not always possible or cost effective to achieve the total nitrogen and phosphorus levels shown, in view of local conditions.	

Daarnaast zijn in de BREF een groot aantal eisen aan de bedrijfsprocessen en omgang met water opgenomen die hier niet in detail worden behandeld. Het gaat hier bijvoorbeeld om:

- 'just in time component filling';
- hergebruik van spoelwater en condenswater;
- optimalisatie van leidingensysteem om verliezen te minimaliseren;
- monitoring van water en energieverbruik en kwaliteit van te lozen water;
- maatregelen om het lekken van producten te verminderen, zoals schermen en opvangbakken.

Het bedrijf heeft deze maatregelen geïmplementeerd conform BBT.

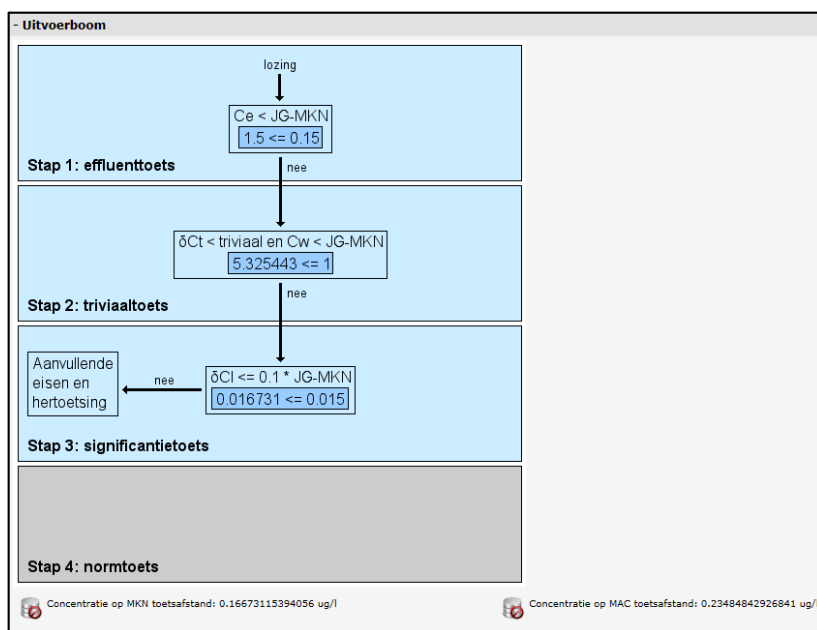
Chloride en fosfor vallen beiden onder ABM klasse C. Dat betekent dat dit milieu-eigen stoffen betreffen, waar over het algemeen een vrije keuze ligt binnen de technieken die als BBT zijn bestempeld

<sup>8</sup> In het afvalwater zijn naar verwachting meerdere stoffen aanwezig die hier niet in detail worden besproken om het voorbeeld overzichtelijk te houden.

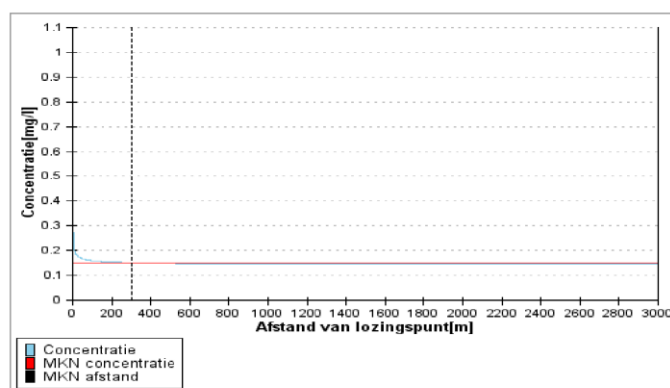
in de BREF. Omdat het bedrijf aan de emissie-eisen uit de BREF voldoet en een van de voorgeschreven technieken (flotatie) toepast, voldoet het bedrijf hiermee aan BBT.

### Voldoet de restlozing aan de immissietoets?

De (verhoogde) lozing is beoordeeld met de immissietoets. Het desinfectiemiddel wordt in dermate kleine hoeveelheden geloosd dat dit geen probleem vormt voor de oppervlaktewaterkwaliteit. De lozing van chloride wordt als triviaal beoordeeld in de immissietoets. De lozing van fosfor vormt echter wel een knelpunt, doordat de achtergrondconcentratie al op het niveau van de norm ligt ( $C_a = 0.15 \text{ mg/l}$ ) en de concentratie op de rand van de mengzone (net) boven de maatlatwaarde voor tot-P in dit oppervlaktewater ligt, zie ook navolgende afbeelding.



MKN grafiek



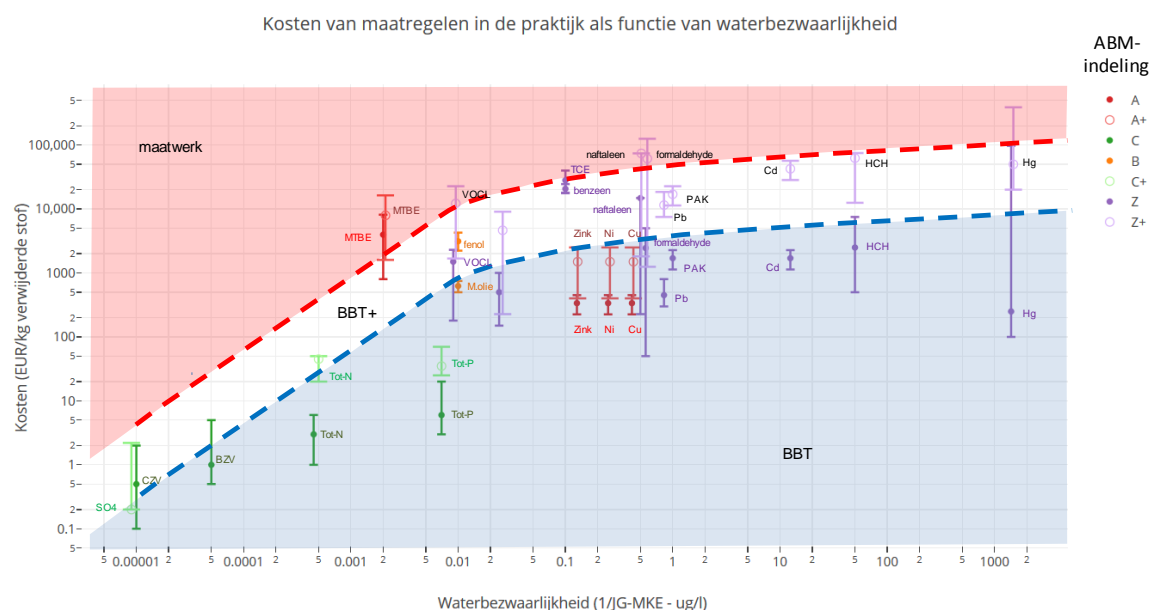
Het bedrijf moet daarom aanvullende maatregelen nemen.

### Welke aanvullende maatregelen worden ingezet?

De fosforvrucht bedraagt (zonder maatregelen) 197.1 kg/jaar. Om aan de immissietoets te voldoen moet de lozing worden teruggebracht met 18,36 kg/jaar (een concentratie van 1.36 mg P/l, hetgeen overeenkomt met een reductie van ca. 9.3 %).

Om zicht te hebben hoe de noodzakelijke maatregelen voor P-verwijdering zich verhouden tot de gangbare kosten voor BBT+ -maatregelen voor P-verwijdering, zijn de kosten vergeleken met de kosteneffectiviteit (BBT+) voor P-verwijdering..

Uit de onderstaande afbeelding kunnen de kosteneffectiviteitsdrempels voor fosfor worden afgelezen voor lozingsituaties die overeenkomen met de beslisboom op pag. 11 in hoofdstuk 1.



De met een + aangegeven punten betreffen BBT+ technieken  
 Waar een stofgroep meerdere normen kent, is uitgegaan van een gemiddelde JG-MKE  
 De punten in de grafiek geven de meest realistisch geachte kosten weer  
 De balken de range van kosten die is aangetroffen in diverse cases, literatuur en referentie-ontwerpen  
 Voor ecologische parameters (N en P) en C-stoffen (bijv. chloride) kan de beoordeling van een lozing afwijken van die voor (milieubezwaarlijke) chemische parameters. Derhalve is de blauwe lijn voor deze stoffen als vertrekpunt voor het vaststellen van in rede te verlangende kosten voor BBT+ minder geschikt.

### Kosten liggen in de praktijk lager dan in de grafiek

Op basis van de rode lijn in de grafiek voor specifiek fosfor is de kosteneffectiviteitsdrempel erg hoog. De kosten die in de praktijk worden gemaakt voor het verwijderen van fosfor liggen veel lager. Daarnaast hebben deze stoffen (nutriënten en andere ecologische parameters) géén directe toxische werking bij overschrijding van de norm. Het zijn biologische ondersteunende parameters. Het is de vraag of deze stoffen op de goede plaats van de X-as staan waar ze worden vergeleken met andere stoffen die wel een acute of chronische werking hebben voor de aquatische ecologie. In die gevallen waar onderbouwde informatie voorhanden is dat de daadwerkelijke kosten voor BBT in de grafiek afwijken van praktijkgegevens kunnen in overleg met BG de praktijkgegevens, mits goed onderbouwd, als startpunt voor de analyse worden gehanteerd. Hierbij zijn de in rede te verlangende kosten voor BBT+ 10 maal zo hoog als de kosten voor BBT.

In het geval van fosfor liggen de kosten voor BBT rond EUR 10,-/kg. Dat betekent een kosteneffectiviteitsdrempel voor fosfor voor BBT+ van EUR 100,-/kg, wat neerkomt op EUR 1.971,- per jaar voor het verwijderen voor fosfor voor dit bedrijf.

De kosten voor de productvervanging vallen op jaarbasis lager uit. Dit betekent dat de kosten voor de maatregel onder de kosteneffectiviteitsdrempel voor fosfor blijven. Het bedrijf besluit de nu toegepaste flotatietechniek verder te verfijnen door een specifiek flokmiddel voor fosfor in te zetten, waarmee het rendement van de zuivering wordt verbeterd.

## Grondwatersanering

### Situatieschets

Bij een incident bij een bedrijf in de aardolie-industrie is een verontreiniging met minerale olie ontstaan. Om deze verontreiniging te verwijderen is een grondwatersanering nodig. Voor het lozen van het grondwater op oppervlaktewater is een vergunning nodig.

Op basis van het ontwerp van de grondwatersanering komt er gemiddeld 20 m<sup>3</sup>/uur water vrij met een concentratie van 2500 µg/l aan olie. Er wordt geloosd via een pijp van 0.2 m. Er zijn naast olie ook PAK's aanwezig. Het gehalte van PAK16 (som van de 16 meest voorkomende PAK's<sup>9</sup>) is 250 µg/l. Het bedrijf zet een zuiveringsinstallatie in met onder andere zandfiltratie en actief kool. Het effluent bevat daarna nog 375 µg/l minerale olie en 2,5 µg/l PAK.

De grondwatersanering vindt plaats gedurende een periode van 1 jaar. De hoge gehalten in grondwater beïnvloeden nu ook, zij het geringe mate, de oppervlaktewaterkwaliteit in negatieve zin. Dit zal bij uitblijven van een sanering tot in lengte van jaren voortduren. Daarna astwordt de grondwaterkwaliteit negatief beïnvloed bij uitblijven van een sanering. Na de sanering zal de oppervlaktewaterkwaliteit en grondwaterkwaliteit verbeteren ten opzichte van de huidige waterkwaliteit. Gedurende de sanering kan de waterkwaliteit tijdelijk negatief worden beïnvloed.

### Is BBT toegepast?

Minerale oliën vallen onder ABM-klasse B, de PAK's onder ABM-klasse Z. De BBT voor grondwatersaneringen is niet vastgelegd in een BREF, maar wel in diverse wettelijke voorschriften benoemd. Op basis van het besluit lozingen buiten inrichtingen en het activiteitenbesluit moet er een zuiveringstechniek worden ingezet (BBT) en mag de maximale concentratie in het te lozen water 500 µg/l bedragen.

Voor minerale oliën wordt veelal uitgegaan van zandfiltratie gecombineerd met actief koolfiltratie, ook voor PAK's wordt meestal uitgegaan van actief koolfiltratie. Hiermee kunnen zuiveringsrendementen van ca. 90%-99% en concentraties lager dan 150 µg/l worden behaald.

Daarmee voldoet het bedrijf aan BBT.

### Bestaande lozing of nieuwe lozing?

Omdat het gaat om een bestaande situatie die gesaneerd moet worden wordt het als een bestaande lozing beschouwd (een bestaande situatie moet worden opgelost).

### Voldoet de restlozing aan de immisietoets?

Minerale oliën zijn als groep niet genormeerd voor oppervlaktewater, omdat dit een stofgroep betreft waar meerdere stoffen onder vallen. In dit geval wordt uitgegaan van een JG -MKE van 100 µg/l. Voor PAK16 is ook geen norm afgeleid. Een aantal individuele PAK's zijn genormeerd, voor de overige wordt veelal uitgegaan van de norm voor benzo(a)pyreen (0,00017 µg/l). De samenstelling van de PAK's in het verontreinigde water is bepaald, en in overleg met de vergunningverlener wordt in deze case een norm gehanteerd van 0,006 µg/l (het gewogen gemiddelde van de normen van de PAK's die in het mengsel worden aangetroffen).

De lozing vindt plaats op een getijdenrivier met een maatgevende netto lage afvoer van 0.365 m<sup>3</sup>/s. De breedte van de rivier bedraagt 216 m en de diepte 2.5 m en de gemiddelde afvoer ter hoogte van het monitoringspunt van het waterlichaam bedraagt 695 m<sup>3</sup>/s. De achtergrondconcentratie voor olie

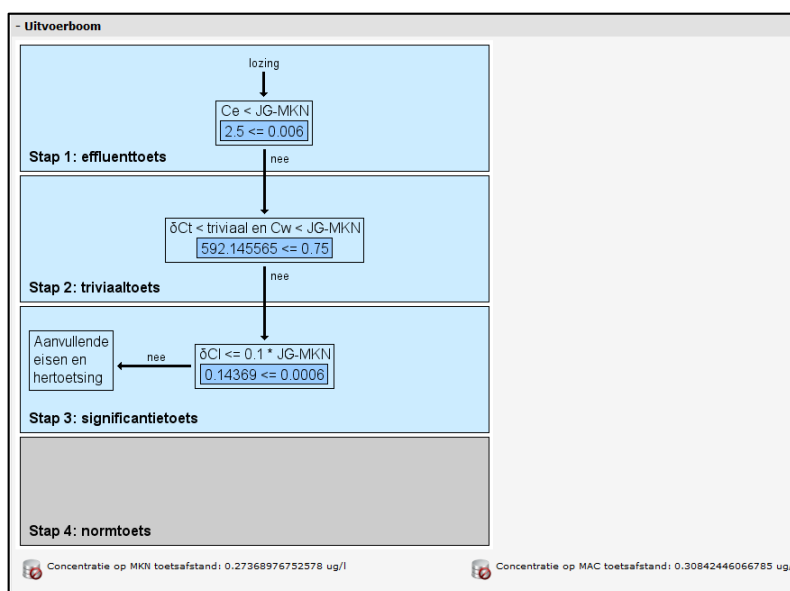
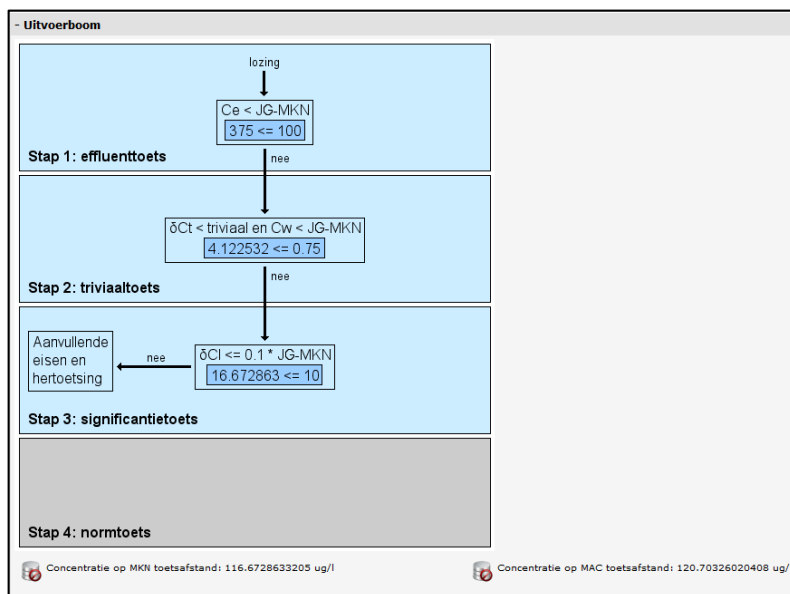
---

<sup>9</sup> Naftaleen, Acenafteen, Acenaftyleen, Fluoreen, Fenantreen, Antraceen, Pyreen, Fluoranteen, Benzo(a)antraceen, Chryseen, Benzo(a)pyreen, Benzo(k)fluoranteen, Benzo(b)fluoranteen, Indeno(1,2,3-cd)pyreen, Benzo(ghi)peryleen en Dibenz(ah)antraceen



bedraagt 100 µg/l en de achtergrondconcentratie voor PAK16 0,13 µg/l. Dit betekent dat de achtergrondconcentratie veel hoger ligt dan de norm voor PAK16.

De navolgende afbeeldingen geven de beoordeling met behulp van de immissietoets weer voor minerale olie en de PAK's.

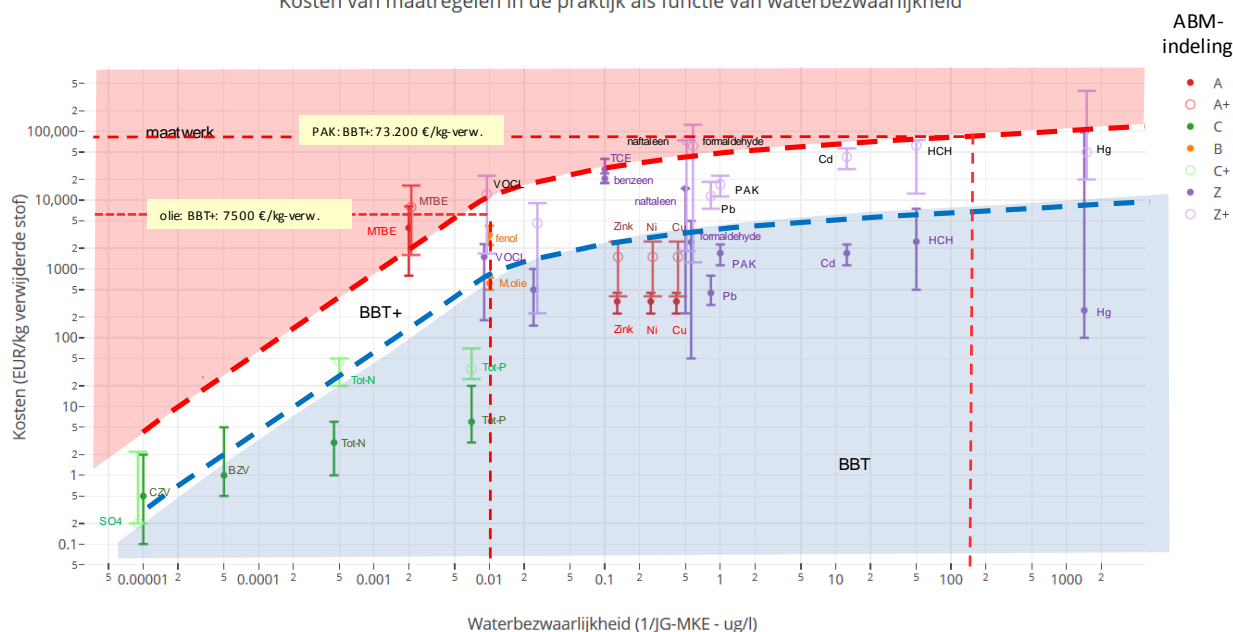


De lozing voldoet niet aan de immissietoets voor PAK's en olie Voor minerale olie is de concentratie op de rand van de mengzone te hoog: er wordt niet voldaan aan de significantietoets. Voor PAK's is, naast een te hoge concentratie op de rand van de mengzone, de toename van de concentratie op de rand van de mengzone meer dan 10% van de norm.

### Welke maatregelen kunnen worden ingezet?

In onderstaande figuur zijn de kosten weergegeven die maximaal mogen worden verlangd voor situaties waarvoor kosten in beginsel mogen worden meegenomen bij de beoordeling van de redelijkheid van maatregelen (zie beslisschema op pag. 11 hfdst. 1). De aanvullende kosten die van een bedrijf mogen worden gevraagd voor het verlagen van de emissie bedragen EUR 7.500,-/kg verwijderde stof voor minerale olie en EUR 73.200,- / kg verwijderde stof voor de PAK's, zie ook de navolgende afbeelding.

## Kosten van maatregelen in de praktijk als functie van waterbezikbaarheid



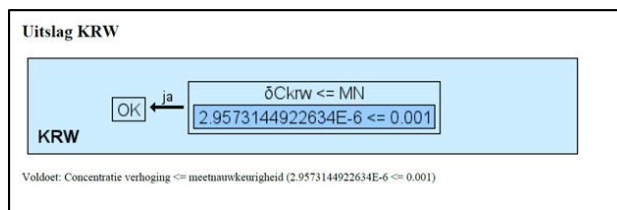
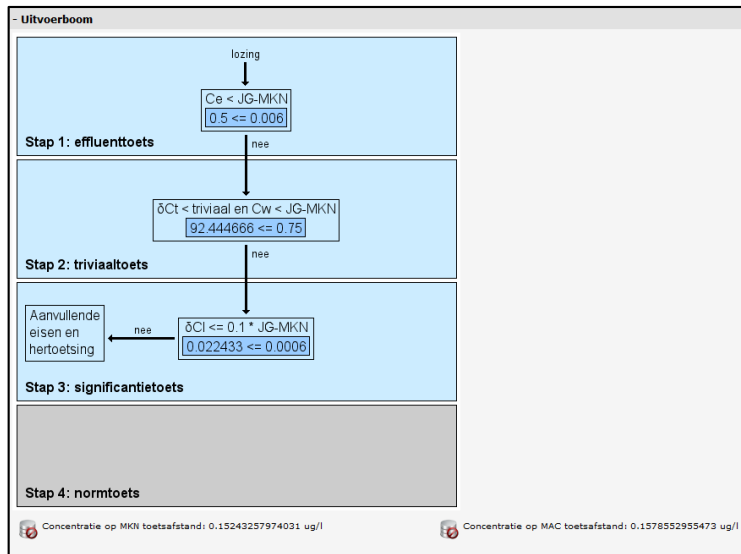
De met een + aangegeven punten betreffen BBT+ technieken  
 Waar een stofgroep meerdere normen kent, is uitgegaan van een gemiddelde JG-MKE  
 De punten in de grafiek geven de meest realistisch geachte kosten weer  
 De balken de range van kosten die is aangetroffen in diverse cases, literatuur en referentie-ontwerpen  
 Voor ecologische parameters (N en P) en C-stoffen (bijv. chloride) kan de beoordeling van een lozing afwijken van die voor (milieubezwaarlijke) chemische parameters. Derhalve is de blauwe lijn voor deze stoffen als vertrekpunt voor het vaststellen van in rede te verlangen kosten voor BBT+ minder geschikt.

In totaal wordt er 61.25 kilo minerale olie geloosd over een periode van 1 jaar. Bij een concentratie in het lozingswater lager dan 100 µg/l voldoet de immissietoets. De totaal aanvullend te verwijderen vracht is daarom 44.9 kg. Voor situaties die voldoen aan beslisschema op pag. 11 hfdst. 1, bedragen de maximaal in rede te verlangen kosten voor de emissiebeperking van olie 44.9\*7.500,- = EUR 336.800,- op jaarbasis.

Er wordt in totaal 0,44 kg PAK geloosd over de periode van 1 jaar. Bij een concentratie op de norm (0,006 µg/l) voldoet de immissietoets (reductie van 99%). De jaarlijkse kosten die daarbij als acceptabel worden gezien zijn EUR 31.700,-. In totaal mag voor de verwijdering van minerale olie en PAK's om te kunnen voldoen aan immissietoets 336.800,- + 31.700,- = 368.500,- €/jaar worden uitgegeven.

Het bedrijf besluit een voorzuivering in te zetten op basis van flotatie. Hiermee is een rendement van ca. 70% haalbaar in deze case voor minerale oliën (75 µg/l), en 80% voor de PAK's (0.5 µg/l). De concentratie in het lozingswater van minerale oliën voldoet daarmee ruim aan de eisen vanuit de immissietoets.

Voor PAK's is echter de norm hiermee nog niet behaald (zie navolgende figuur).



Uit bovenstaande overzicht wordt duidelijk dat niet aan significantietoets kan worden voldaan en dat  $C_a \gg$  norm. Het voldoen aan de norm is onmogelijk omdat de achtergrondconcentratie als ver boven de norm ligt. Maar op het monitoringspunt wel is de toename in concentratie kleiner dan de meetnauwkeurigheid (MN). Dit betekent dat bij de beoordeling wel rekening mag worden gehouden met kosten van maatregelen.

Het plaatsen van de installatie bedraagt in deze case EUR 40.000,-- en het gebruik over een periode van 1 jaar EUR 60.000,--.

De totale kosten liggen daarmee lager dan de kosteneffectiviteitsdrempel voor minerale oliën waarmee de maatregel kosteneffectief is voor minerale oliën.

De kosten voor enkel PAK's zou op basis van de rekenregels uit de rapportage bedragen:

$$Kosten_x = \frac{\left(\frac{0.44}{0.006}\right) * 100000}{\left(\frac{0.44}{0.006}\right) + \left(\frac{43.75}{1.00}\right)} = 99.411 \text{ EUR / kg}$$

Deze kosten van EUR 99.411,-- per kg verwijderde stof, zijn hoger dan de kosteneffectiviteitsdrempel (EUR 73.250,-- per kg verwijderde stof). De maatregel is daarmee niet kosteneffectief voor PAK's. Omdat de maatregel wel kosteneffectief is voor minerale olie en de totale kosten van de maatregel (100.000,-- vs. 359.800,--) veel lager zijn dan de maximale in rede te verlangen kosten op jaarbasis, kan de totale maatregel als kosteneffectief worden beoordeeld en kan worden geïmplementeerd.

### Mogen kosten worden betrokken bij beoordeling van de redelijkheid van de te verlangen maatregelen?

Het niet halen van de doelen op waterlichaam niveau wordt bepaald door de hoge achtergrond - concentratie, die al ver (factor 22) boven de norm ligt. Indien na het nemen van maatregelen wordt voldaan aan de KRW toets en alleen de significantietoets van de immissietoets niet voldoet dan kunnen kosten van maatregelen worden betrokken bij de beoordeling van de redelijkheid van de maatregelen. Dat is hier niet het geval: de lozing van PAK's voldoet niet aan de significantietoets van de immissietoets.

In het bovengenoemde geval kan de vracht voor de grondwaterzuivering alleen nog met een derde zuiveringsstap binnen de lozings-eisen worden gebracht. De consequentie daarvan is dat de kosten voor de maatregel per kg-verwijderd nog veel verder gaan oplopen. De effluentconcentratie die moet worden gerealiseerd om aan de immissietoets te voldoen bedraagt 0.05 ug/l. Dit betekent nog een aanvullende reductie van 90%. Het is zeer de vraag of deze concentratie technische gezien haalbaar is.

Rijkswaterstaat besluit de lozing, inclusief de maatregelen die zijn voorgesteld als aanvullende saneringsinspanning, toch toe te staan gedurende de periode van 1 jaar, op basis van de volgende argumenten;

- Het niet halen van de immissietoets voor PAK's worden in belangrijke bepaald door de hoge achtergrondconcentratie van PAK's: ook bij een nullozing worden doelen niet gehaald;
- Verdere reductie van de lozingsconcentratie is vanuit technisch oogpunt zeer twijfelachtig;
- het niet voldoen aan de immissietoets wordt veroorzaakt door de significantietoets;
- De lozing is tijdelijk;
- het halen van de beoogde waterkwaliteitsdoelstellingen zal binnen de planperiode niet negatief worden beïnvloed;
- Hoewel er niet op de rand van de mengzone kan worden voldaan aan MKE kan wel aan MAC worden voldaan (géén acute effecten);
- Op langere termijn ontstaat er milieuwinst door de sanering van het grondwater;
- Ter plaatse van het KRW monitoringspunt voldoet de lozing wel aan de eisen.

## Praktijkvoorbeeld koelwater

### Situatieschets

Een bedrijf heeft koeling nodig voor een bedrijfsproces waarbij veel warmte vrijkomt. Er is gekozen voor koeling door middel van oppervlaktewater, voornamelijk vanwege de bedrijfszekerheid. Er wordt geloosd op een kanaal, en het water wordt ingenomen vanuit hetzelfde kanaal. Het kanaal heeft een breedte van 14 meter en een diepte van 2 meter, en kent een achtergronddebiet (90 -percentiel van de lage afvoer) van 0.5 m<sup>3</sup>/s. Het te lozen debiet is 0.05 m<sup>3</sup>/s.

Aan het koelwater worden conditioneringsmiddelen toegevoegd om pH te controleren en algengroei (biocides) en corrosie (corrosie-inhibitor) in/van de leidingen te voorkomen.

Het koelwater wordt ingezet in open koeltorens, waardoor ingedikt oppervlaktewater wordt geloosd. Het lozingswater heeft daarom een warmtevracht, verhoogde concentraties van stoffen die in het oppervlaktewater aanwezig zijn en concentraties van bepaalde conditioneringsmiddelen. De stoffen die al in het oppervlaktewater aanwezig zijn worden gezien als bijvangst.

De warmtevrachtlozing wordt beoordeeld met de CIW -beoordelingsmethodiek Warmtelozingen en blijft ruim onder de toegestane opwarming van het oppervlaktewater. In de BREF koeling wordt aangegeven dat doorstroomkoeling BBT is in geval het ontvangende water van voldoende omvang is. In dit geval wordt gebruik gemaakt van een koeltoren, wat in dit geval toch kan worden gezien als BBT omdat wordt geloosd op een kanaal. Er is sprake van BBT en de lozing voldoet aan de eisen vanuit de beoordeling warmtelozing. De warmtelozing zelf wordt hier daarom verder buiten beschouwing gelaten.

### Is BBT toegepast?

Op basis van de oplegnotitie BREF Koelsystemen (definitief, versie 2001) moeten alle bedrijven waar natte koeltorens worden toegepast worden beoordeeld op basis van deze oplegnotitie (ook niet-IPPC bedrijven). Tabel 1 geeft een samenvatting van deze beoordeling.

Tabel 1 BBT beoordeling koelwaterinstallatie (BREF Koelsystemen, definitief, versie 2001)

Onderdeel oplegnotitie BREF koelsystemen	Invulling praktijkvoorbeeld 1
4.1. Deugdelijk ontwerp van de koelinstallatie	N.v.t. voor dit praktijkvoorbeeld: conform BREF.
4.2. Warmtemanagement.	N.v.t. voor dit praktijkvoorbeeld: conform BREF.
4.3. Beperking energieverbruik	N.v.t. voor dit praktijkvoorbeeld: conform BREF.
4.4. Beperking watergebruik en uitstoot warmte	De beschikbaarheid van oppervlaktewater is voldoende. Met behulp van conditionering kan het water worden gerecicleerd, waardoor er een hogere efficiency wordt behaald. Op basis van de beschikbare waterkwaliteit is een indikfactor (COC) van maximaal 5 haalbaar (gemiddeld 3). Er worden drift eliminatoren toegepast.
4.5. Bepreken inname van organismes bij de waterinname.	Er zijn maatregelen getroffen om de inname van vis te beperken, zie ontwerp.
4.6. Beperken emissies naar water	Minimalisatie van koelwateradditieven is een belangrijk aandachtspunt geweest in het ontwerp. Onder andere de hoogte van de indikgraad is hierop geoptimaliseerd. Er worden geen chroom, kwik, organo-metaal, mercaptobenzothiazol toegepast. Er wordt geen shockdosering toegepast buiten de toegestane chemicaliën (chloor, broom, ozon of peroxide). De pH wordt gereguleerd tussen 7 en 9. Er worden geen koelwaterstromen gemengd. De additieven worden gemonitord en gecontroleerd.
4.7. Verminderen van emissies naar lucht	N.v.t. voor dit praktijkvoorbeeld: conform BREF.
4.8. Beperking van geluid	N.v.t. voor dit praktijkvoorbeeld: conform BREF.
4.9. Reductie van risico op lekkage	N.v.t. voor dit praktijkvoorbeeld: conform BREF.
4.10. Maatregelen arbeidsveiligheid en ter	N.v.t. voor dit praktijkvoorbeeld: conform BREF.

Onderdeel oplegnotitie BREF koelsystemen	Invulling praktijkvoorbeeld 1
beperking van risico's voor de omgeving	

Het ontwerp van de maatregel is daarmee conform BREF. Op de kwaliteit van het te lozen water is een ABM beoordeling toegepast, zie tabel 2.

Tabel 2 ABM-beoordeling koelwateradditieven en ingedikt koelwater<sup>1</sup>

stof	doel	werkzame stof	CAS	waterbezwaarlijkheid	saneringsinspanning
GENGARD GN7300	antiscalant/Inhibitor: stof die neerslagvorming vertraagt	fosforzuur 25 %	7664-38-2	B4: weinig schadelijk voor in water levende organismen	lozing moet zoveel mogelijk worden voorkomen
natriumhypochloriet 150 gr/l	legionella-bestrijding	vrij chloor (of actief chloor) <16 %	7681-52-9	A1: zeer giftig voor in water levende organisme	zo dicht mogelijk bij nullozing
zwavelzuur	ondersteuning legionellabestrijding	pH-regeling en effectiviteit hypochloriet	7664-93-9	B3: schadelijk voor in water levende organismen	lozing moet zoveel mogelijk worden voorkomen
SPECTRUS BD1500	bio-dispersant: stof die wordt toegepast om de vorming van biofilms of biofouling in industriële processen voorkomen (algen, slijm en dergelijke)	waterige alkalische oplossing van polymeer op basis van propyleenoxide en ethyleenoxide	n.v.t.	B4: weinig schadelijk voor in water levende organismen	lozing moet zoveel mogelijk worden voorkomen
Zn	aanwezig innamewater		7440-66-6	A	lozing moet zoveel mogelijk worden voorkomen
SO <sub>4</sub>	aanwezig innamewater		14808-79-8	C	
tot-P	aanwezig innamewater		n.v.t.	C	

<sup>1</sup> in de tabel zijn een drietal milieu-eigen stoffen benoemd die afkomstig zijn uit het innamewater. In realiteit zijn uiteraard meerdere stoffen aanwezig. Het aantal stoffen is hier beperkt om het praktijkvoorbeeld overzichtelijk te houden.

De meest schadelijk stof is natriumhypochloriet, welke is gekwalificeerd als 'zeer giftig voor in water levende organismen' (klasse A1) en hierbij hoort een saneringsinspanning om een nullozing van vrij chloor zo dicht mogelijk te benaderen. Dit is bij deze koelwaterlozing vormgegeven door het toevoegen van SPECTRUS DT1403 voor het verwijderen van vrij chloor, chloroformen monitoring van de hoeveelheden.

De overige stoffen vallen in ABM klassen B3 (schadelijk voor in het water levende organismen) en B4 (weinig schadelijk voor in het water levende organismen). Het gebruik moet zo veel mogelijk worden beperkt. Hiervoor zijn maatregelen genomen in het ontwerp (inzet geautomatiseerde doseerpompen).

Het ontwerp van het koelwatersysteem voldoet hiermee aan BBT.

## Voldoet de restlozing aan de immissietoets?

Voor de stoffen in het te lozen water is een immissietoets doorlopen.

### Bijvangst

Eerst is de lozing beoordeeld op de lozing van de milieu-eigen stoffen die al in het innamewater aanwezig zijn. De concentraties van zink, sulfaat en tot-P in het ontvangende oppervlaktewater op de rand van de mengzone wijzigen niet door de lozing: er wordt immers dezelfde vracht geloosd als dat er wordt onttrokken aan het oppervlaktewater. Lokaal wordt echter wel een verhoging van de concentraties veroorzaakt: de concentratie in het lozingswater ligt hoger dan de concentratie in het innamewater door indikking in de koeltoren (gemiddeld met een factor 3). De effecten hiervan zijn beoordeeld met de immissietoets (toetsing overschrijding MAC-waarden). In dit geval worden de MAC waarden echter niet overschreden door de lozing. De lozing voldoet daarmee voor de stoffen die in het innamewater reeds aanwezig zijn.

Was dit niet het geval geweest, dan hadden ook voor de aanvullend te verwijderen vracht maatregelen genomen moeten worden om te voldoen aan de immissietoets. In dit geval kan de te verwijderen vracht worden berekend door met behulp van de immissietoets de concentratie te berekenen waarbij de lozing voldoet aan de toetsing voor de MAC-waarden. Het verschil tussen deze concentratie en de concentratie in het lozingswater, maal het debiet geeft dan de aanvullend te verwijderen vracht waarover de kosteneffectiviteitsdrempel kan worden berekend.

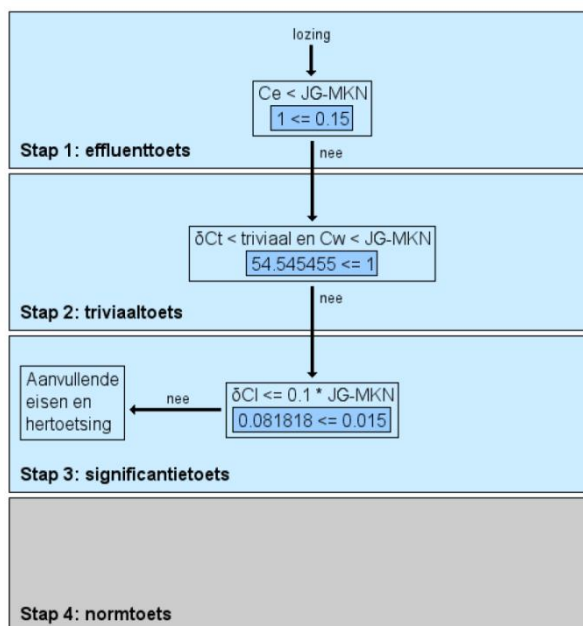
### Conditioneringsmiddelen

Het toepassen van natrium-hypochloriet, zwavelzuur en SPECTRUS BD1500 is beoordeeld met de immissietoets en vormt geen probleem voor de waterkwaliteit.

Door de toepassing van fosforzuur voor conditionering van het koelwater neemt de totaal -P concentratie in het te lozen water toe naar 1 mg P/l. De achtergrondconcentratie in het kanaal is 0,10 mg P/l.

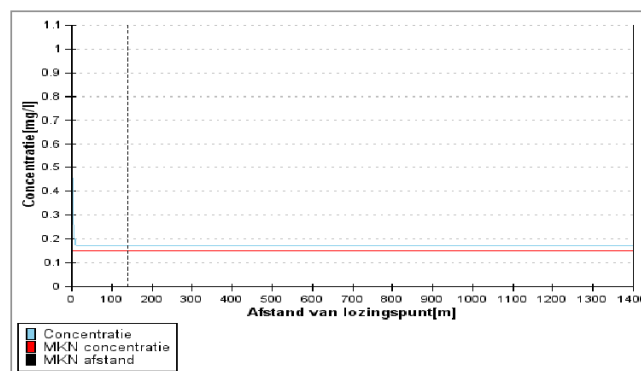
De onderstaande afbeelding geeft het resultaat van de immissietoets hiervoor. De concentratie die wordt veroorzaakt door de lozing ligt boven de JG-MKN op de rand van de mengzone en de concentratiestijging is meer dan 10% van de JG-MKN.

#### Uitvoerboom



Concentratie op MKN toetsafstand: 0.18181818181818 mg/l  
Concentratie op MAC toetsafstand: 0.30336975746512 mg/l

#### MKN grafiek

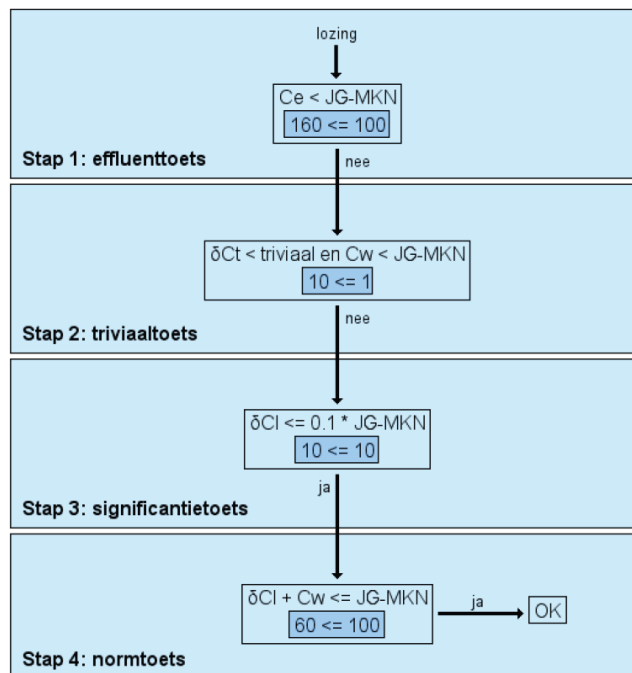


Het bedrijf moet daarmee aanvullende maatregelen nemen om te voldoen aan de immissietoets.

### Welke aanvullende maatregelen worden ingezet?

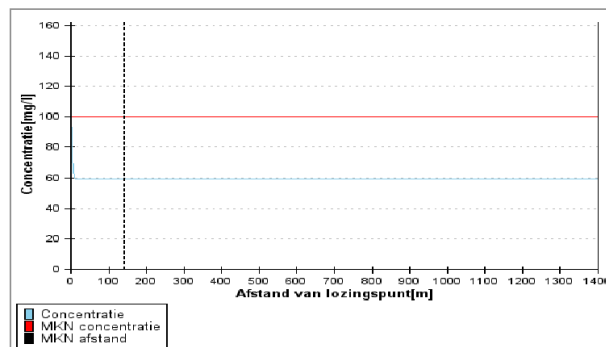
Het bedrijf besluit in plaats van het middel GENGARD GN7300 een middel in te zetten op basis van sulfide. De sulfaatconcentratie in het te lozen water neemt daarmee toe tot 160 mg SO<sub>4</sub>/l. De kosten van dit alternatieve middel zijn niet significant hoger. De onderstaande afbeelding geeft de resultaten van de immissietoets voor de hogere sulfaatconcentratie.

#### Uitvoerboom



Concentratie op MKN toetsafstand: 60 mg/l  
 Concentratie op MAC toetsafstand: 74.856303690181 mg/l

#### MKN grafiek



De immissietoets voldoet, waarmee de lozing voldoet aan de voorwaarden.

Het gaat om een bestaande lozing waarvan de lozing na uitvoering van maatregelen het halen van de waterkwaliteitsdoelstellingen niet belemmerd.

Om te voldoen aan de immissietoets moet de emissie van P met 81,25% worden gereduceerd, hetgeen neerkomt op een jaarlijkse hoeveelheid van 1281 kg aan P. Voor BBT+ maatregelen voor P-verwijdering mag op basis van kosteneffectiviteitsdrempels ca. 50 €/kg-verw. worden uitgegeven. Dit betekent dat voor een maatregel ca. 1281\*50 = 64000 € per jaar mag worden uitgegeven. De kosten van het nieuwe middel komen nagenoeg overeen met de kosten van het oude middel. Met ander woorden de maatregel kan als kosteneffectief worden aangemerkt.



### Rapportage 2007

De voorliggende rapportage is gebaseerd op de rapportage uit 2007 [ref 1]. De methodologische keuzes uit de studie uit 2007 vormen het vetrekpunt voor de voorliggende studie. In dit rapport wordt met name ingegaan op deze uitgangspunten en wordt voor overige verwezen naar het rapport uit 2007.

In 2007 zijn reeds kosten geraamd voor een aantal stoffen, welke zijn benut voor de voorliggende rapportage. De onderstaande tabel geeft weer welke stoffen en kosteneffectiviteitsberekeningen het betreffen en hoe hiermee is omgegaan. Een deel van de kosten zijn geïndexeerd, andere kosten zijn geactualiseerd op basis van voortschrijdend inzicht en recente studies en praktijkgevallen.

Tabel III.1. Indexering kosten 2007

Stof/parameter	Kosten (EUR/kg verwijderd) 2007 en bandbreedte	Kosten (EUR/kg verwijderd) 2017 en bandbreedte	Motivatie
CZV	0,50	0,5 geen BBT+	geen aanpassingen t.o.v. methodiek 2007
BZV	1,50	1,50 geen BBT+	geen aanpassingen t.o.v. methodiek 2007
N	2,50 (2,50 - 10,-)	2,5 (2,50 - 10,00) geen BBT+	geen aanpassingen t.o.v. methodiek 2007
P	5,- (3,- - 20,-)	BBT 5,- (3,- - 20,-) BBT+ 13,- (12,50 - 13,-)	In 2007 zijn de kosten voor verschillende RWZI's (huishoudelijk afvalwater) met elkaar vergeleken, en werd een range gevonden van 3 tot 20,00 per kg verwijderde stof. In 2017 is een referentie-ontwerp (voorontwerp) uit een praktijkcase benut. Dit laatste lijkt betrouwbaarder, omdat een RWZI niet altijd goed vergelijkbaar is met industriële afvalwaterzuivering. De kosten vallen overigens in dezelfde range.
metalen: Zn, Sn, Cu, Cr, Pb, Cd	500,- (500,- - 2.000,-)	340,5 (227,- tot 454,-)	In 2007 zijn de kosten gebaseerd op diverse STOWA studies naar de kosten voor het verwijderen van metalen in RWZI's. In 2017 is uitgegaan van de relevante BREF en praktijkcases. De kosten vallen daarmee in 2017 lager uit, dat komt vooral omdat bij RWZI's veelal sprake is van dun water. In de industrie komt veelal afvalwater voor met hogere metalenconcentraties waarmee de stoffen ook met een hogere efficiëntie verwijderd kunnen worden. De kosten vallen daarmee lager uit.
metalen: Cd en Hg	2.000,- (2.000,- - 4.000,-)	Cd, BBT: 1701,5 (1.134,- tot 2.269,-). BBT+ 42.537,- (28.350,- tot 56.725,-)	De kosten van Cd zijn in 2007 gebaseerd op de CIW (grondwater) studie uit 2002. In 2017 zijn de kosten nauwkeuriger bepaald op basis van de BREF en CIW 2002; deze kosten liggen in dezelfde range. Voor de BBT+ kosten is gebruik gemaakt van een referentie-ontwerp.
		Hg, BBT: 100,- (100,- tot 97.000,-) BBT+: 20.000,- (20.000,- tot 388.000,-)	In 2007 was uitgegaan van CIW 2002. In het voorliggende onderzoek is uitgegaan van de BREF en praktijkcases voor BBT, en voor BBT+ van een referentie-ontwerp.
AOX	1.000,- (500,- - 20.000,-)	1.000,- (500,- - 20.000,-)	geen aanpassingen t.o.v. methodiek 2007
PAK's	1.000,- (500,- - 20.000,-)	BBT: 1.702 (1.134,- tot 2.269,-) en BBT+: 17.015,- (11.340,- tot 22.690,-)	In 2007 zijn de kosten voor de verwijdering van PAK's gebaseerd op kosten voor verontreiniging van

Stof/parameter	Kosten (EUR/kg verwijderd) 2007 en bandbreedte	Kosten (EUR/kg verwijderd) 2017 en bandbreedte	Motivatie
			organische microverontreinigingen op RWZI's, aangevuld met getallen uit een aantal studies naar PAK verwijdering. In 2017 is uitgegaan van de indicatieve kosten bij een verwijdering tot 50 µg/l (BBT) en 0,1 µg/l (BBT+).

Tabel III.2 Motivatie kostenberekeningen

BBT/BBT+	stof/stofgroepen	ABM-klasse	MKE	1/MKE	EUR/kg	min	max	toelichting
BBT	MTBE	A	651	0,002	3.970,00	800,00	8.145,00	BREF. Gebaseerd op actief-slib, anaeroob, aeroob, stripping en/of actief kool
BBT+	MTBE	A	651	0,002	7.940,00	1.600,00	16.290,00	Referentie-ontwerp gebaseerd op extra ten op zichte van BBT-maatregel: stripping + dubbeltraps actief kool: kosten CAPEX verdubbelen. Tevens door lagere concentraties factor 2 kostenverhogend per kg-verwijderd
BBT	BZV	C	20000	0,000	1,00	0,50	5,00	2007 uitgangspunt, referentieontwerp conventioneel actief slib/ anaeroob divers actief slib anaeroob, aeroob
BBT	CZV	C	125000	0,000	0,50	0,10	2,00	2007 uitgangspunt, referentieontwerp conventioneel actief slib/ anaeroob divers actief slib, anaeroob, aeroob
BBT	Overige zware metalen (niet ZZS)	A	24	0,042	337,50	225,00	450,00	BREF, praktijkcases metaal/chemie: gebaseerd op actief-slib, vlokkingfiltratie, ono, sulfideprecipitatie, UF-membraanfiltratie
BBT+	Overige zware metalen (niet ZZS)	A	24	0,042	1.500,00	400,00	2.500,00	BREF, praktijkcases metaal/chemie: gebaseerd op BBT+ hoog dosering ono, sulfideprecipitatie, UF/NF-membraanfiltratie: factor 2 kostenverhogend. Door lagere concentraties kostenverhogend (factor 2)
BBT	Fenol	B	100	0,010	3.130,00	2.230,00	4.260,00	BREF divers: actief slib, actief kool, oxidatie (O3, H2O2)
BBT	Minerale Olie	B	100	0,010	625,00	500,00	750,00	BBT niveau (CIW 2002): BBT+ indicatieve kostenraming saneren tot 50 en 6000 ug/l divers biologisch anaeroob/aeroob, flotatie, filtratie, oxidatie
BBT+	tot-P	C	150	0,007	35,00	25,00	70,00	BREF, Naprecipitatie van fosfor. De prijs is op basis van een raming referentie-ontwerp vooronderzoek. divers precipitatie; electro-coagulatie, nanofiltratie, IX, Door lagere concentraties kostenverhogend factor 5
BBT	tot-P	C	150	0,007	6,00	3,00	20,00	BREF: Naprecipitatie van fosfor. De prijs is op basis van een raming referentie-ontwerp vooronderzoek. divers precipitatie, electro-coagulatie
BBT	tot-N		2200	0,000	3,00	1,00	6,00	2007 divers industrie: kosten op basis van actief slib met nitrificatie, denitrificatie, biofilm
BBT+	tot-N		2200	0,000	45,00	20,00	50,00	2008 diverse industrie: actief slib met nitrificatie, denitrificatie, biofilm. Door lagere concentraties (10 - > 2,2) zijn kostenverhogend factor 12,5
BBT+	SO4	C	100000	0,00001	0,20	0,20	2,10	Referentie-ontwerp biologisch+ chemisch divers Biologische desulfatering met aanvullende precipitatie
BBT	Hg	Z	0,07	14	250	100	97.000	BREF, praktijkcases metaal/chemie: actief-slib, vlokkingfiltratie, sulfideprecipitatie, ono, IX. Zeer grote range
BBT+	Hg	Z	0,07	14,3	50.000	20.000	388.000	Referentie-ontwerp chemie sulfide: additioneel aan BBT: extra precipitatie, ono, IX, nanofiltratie. Door concentratieverlaging sterke kostentijging per kg verwijderd: factor 200, rekening houdend met grote range naar maximum toe
BBT	Naftaleen	Z	2,0	0,5	14.800	227	14.800	BREF (CIW 2002) divers biologisch (anaeroob, aeroob), strippen, actief kool
BBT+	Naftaleen	Z	2,0	0,5	74.000	1.816	74.000	referentie-ontwerp diverse industrie: meer traps actief kool additioneel aan BBT. Door lagere concentraties sterk kostenverhogende per kg verwijderd. Factor 5 hoger
BBT	TCE	Z	10	0,1	28.100,00	18.000,00	39.900,00	BREF, referentie-ontwerp diverse industrie: Pervaporatie gebaseerd op 10 m3/uur.
BBT	Benzeen	Z	10	0,1	20.700,00	17.600,00	24.450,00	BREF divers actief slib, stripping + oxidatie (O3, H2O2)
BBT	BTEX	Z	41,5	0,024	500,00	150,00	1.000,00	BBT niveau op basis van advies CIW 2002: BREF diverse industrie: actief koolfiltratie (twee traps)
BBT+	BTEX	Z	41,5	0,024	4.650,00	227,00	9.076,00	Kostenraming referentie-ontwerp sanering tot 2 en 100 ug/l divers meer (4) traps actief koolfiltratie of oxidatie+actief kool". Met concentratieverlaging kostenniveau verhoging tov BBT factor 10

BBT/BBT+	stof/stofgroepen	ABM-klasse	MKE	1/MKE	EUR/kg	min	max	toelichting
BBT	VOCL	Z	117	0,009	1.500,00	180,00	2.300,00	BBT niveau op basis van advies CIW 2002, BREF diverse industrie actief koolfiltratie (twee traps)
BBT+	VOCI	Z	117	0,009	12.190,00	1.680,00	22.700,00	Kostenraming referentie-ontwerp sanering tot 2 en 100 ug/l divers meer (4) traps actief koolfiltratie of oxidatie+actief kool". Met concentratieverlaging kostenniveau verhoging tov BBT factor 10
BBT	PAK	Z	1	1,00	1.701,50	1.134,00	2.269,00	Aanname aangezien normen en aanpak voor PAK's in ontwikkeling zijn: indicatieve kosten bij sanering tot 50 ug/l divers actief slib, filtratie + actiefkoolfiltratie
BBT+	PAK	Z	1	1,00	17.015,00	11.340,00	22.690,00	Aanname aangezien normen en aanpak voor PAK's in ontwikkeling zijn: indicatieve kosten bij sanering tot 1 ug/l divers actief slib, filtratie + dubbeluitgevoerd actief koolfiltratie. Rekening houdend met concentratieverlaging kostenverhogend met factor 10
BBT	Cd	Z	0,08	12,5	1.701,50	1.134,00	2.269,00	BREF en CIW 2002 voor metaal/chemie: gebaseerd op actief-slib, vlokingsfiltratie, ono, sulfideprecipitatie, IX.
BBT+	Cd	Z	0,08	12,5	42.537,50	28.350,00	56.725,00	Voor metaal/chemie: additioneel op BBT met extra ono, sulfideprecipitatie, IX, Nanofiltratie. Rekening houdend met concentratieverlaging is de kostentoe name factor 25
BBT	Pb	Z	1,2	0,83	450,00	300,00	800,00	BREF en CIW 2002 voor metaal/chemie: gebaseerd op actief-slib, electro-coagulatie, ono, sulfideprecipitatie, IX.

Tabel III.3 Herkomst kostendata

ABM-klasse	Stof/stofgroep*	BBT of BBT+	Referentie-ontwerp, praktijkcase of BREF	Bedrijfstak	Techniek	JG-MKE (µg/l)
A	MTBE	BBT	BREF	divers	actief-slib, anaeroob, aerob stripping actief kool	651
A	MTBE	BBT+	Referentie-ontwerp	divers	stripping, actief kool (meer traps)	651
A	Zware metalen (niet Z)	BBT	BREF, praktijkcases metaal	metaal, chemie	actief-slib, vlokingsfiltratie, onofulfideprecipitatie, UF-membraanfiltratie	24
B	Fenol	BBT	BREF	divers	actiefslib, actief kool, oxidatie (O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	100
B	Minerale Oliën	BBT	BBT niveau (CIW 2002) BBT+ indicatieve kostenraming saneren tot 50 en 6000 µg/l	divers	biologisch anaeroob/aerob, flotatie, filtratie, oxidatie	100
C	tot-P	BBT+	BREF, Naprecipitatie van fosfor. De prijs is op basis van een raming referentie-ontwerp vooronderzoek.	divers	precipitatie electro-coagulatie nanofiltratie IX	150
C	SO <sub>4</sub>	BBT+	Referentie-ontwerp biologisch+chemisch	divers	Biologische desulfatering met aanvullende precipitatie	100000
Z	Hg	BBT	BREF, praktijkcases metaal	metaal, chemie	actief-slib, vlokingsfiltratie, sulfideprecipitatie, onof, IX	0.07
Z	Hg	BBT+	Referentie-ontwerp	metaal, chemie	sulfideprecipitatie, onof, IX	0.07
Z	Naftaleen	BBT	BREF (CIW 2002)	divers	biologisch (anaeroob, aerob), strippen, actief kool	2
Z	Naftaleen	BBT+	referentie-ontwerp	divers	meer traps actief kool	2
Z	TCE	BBT	BREF, referentie-ontwerp	divers	Pervaporatie bij 10 m <sup>3</sup> /uur.	10
Z	Benzeen	BBT	BREF	divers	actiefslib, stripping, oxidatie (O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	10
Z	BTEX	BBT	BBT niveau advies (CIW 2002), BREF	divers	actief kool	41.5
Z	BTEX	BBT+	Kostenraming referentie-ontwerp sanering tot 2 en 100 µg/l	divers	meer traps actief kool, oxidatie+actief kool	41.5
Z	VOCl	BBT	BBT niveau advies	divers	actief kool	117

ABM-klasse	Stof/stofgroep*	BBT of BBT+	Referentie-ontwerp, praktijkcase of BREF	Bedrijfstak	Techniek	JG-MKE (µg/l)
			(CIW 2002), BREF			
Z	VOCI	BBT+	BBT+ indicatieve kostenraming sanering tot 5 en 20 µg/l	divers	meer traps actief kool oxidatie + actief kool	117
Z	PAK	BBT	indicatieve kosten bij sanering tot 50 µg/l	divers	actiefslib actiefkool	1
Z	PAK	BBT+	indicatieve kostenraming sanering tot 0,1 en 50 µg/l	divers	meer traps actief kool	1
Z	Cd	BBT	BREF en CIW 2002	metaal, chemie	actief-slib, vlokingsfiltratie, ono, sulfideprecipitatie, IX	0.08
Z	Cd	BBT+	referentie-ontwerp	metaal, chemie	ono, sulfideprecipitatie, IX	0.08
Z	HCH	BBT	BREF	chemie	actiefslib oxidatie (O3, H2O2, UV)	0.02
Z	HCH	BBT+	referentieontwerp	chemie	AOP (UV/O3, UV/H2O2, O3/H2O2)	0.02
Z	Formaldehyde	BBT	BREF	divers	actiefslib oxidatie (O3, H2O2, UV)	1.8
Z	Formaldehyde	BBT+	Referentie-ontwerp	divers	AOP (UV/O3, UV/H2O2, O3/H2O2)	1.8