

BIJLAGE B

PROGRAMMA VAN EISEN VOOR DE 'ACTIEVE BARRIÈRE'

INHOUD

1	Inleiding	1
2	Emissie-eisen	1
2.1	Grondwater	1
2.2	Oppervlaktewater	1
2.3	Bouwstoffenbesluit	2
3	Levensduur van de wand	3
3.1	Geotechnische eisen	4
3.1.1	Doorlatendheid	4
3.1.2	Korrelgrootteverdeling	4
3.1.3	Sterkte-eigenschappen	4
3.1.4	Erosiegevoeligheid	4
3.1.5	Zettingen	4
3.1.6	Stabiliteit	4
3.2	Chemische eisen	4
3.2.1	Doorlatendheid	4
3.3	Wegneembaarheid	5
4	Uitvoering van de barrière	5
4.1	Steunvloeisof	6
4.2	Graafproces	6
4.3	Barrièremateriaal	6

1 Algemeen

Uitgaande van het doel van dit onderzoek, namelijk het selecteren van geschikt barrièremateriaal en het vaststellen van de technische uitvoerbaarheid, kunnen er een aantal eisen gesteld worden waaraan het barrièremateriaal dient te voldoen.

Deze eisen dienen te worden afgeleid op basis van:

- de door de overheid in overleg te stellen emissie-eisen;
- de maximale levensduur;
- de uitvoering van de wand.

2 Emissie-eisen

Als uitgangspunten voor het vaststellen van de dikte en levensduur van de wand worden de vastleggingscapaciteit en de emissie-eisen gehanteerd. Gezien de optredende processen (neerslagvorming en adsorptie) kan de maximale vastleggingscapaciteit overschreden worden na een bepaalde tijd. Hoe dikker de wand hoe langer het zal duren voordat er een ongewenste emissie optreedt.

De eisen worden in overleg bepaald door overheid en probleembezitter. De vastleggingscapaciteit is afhankelijk van het barrièremateriaal en de micro- en macro-eigenschappen van het grondwater. In een eerder stadium zijn in dit kader (beperkte) haalbaarheidsstudies uitgevoerd. Met de keuze voor een wand van 1 meter dikte en een levensduur van 30 jaar kan in principe aan de hieronder geformuleerde emissie-eisen, met daaraan gekoppeld de barrièremateriaal- en grondwatereigenschappen, worden voldaan.

2.1 Grondwater

Voor de emissie naar het bodemcompartiment, in dit geval het grondwater, is door de overheid het uitgangspunt gesteld dat de concentraties van de emissies tijdens het laboratoriumonderzoek niet hoger mogen zijn dan de tussenwaarde. Voor de zware metalen, die op basis van de gegevens van de voor het onderzoek model staande case zijn geselecteerd, betekent dit de in tabel 1 opgenomen concentraties (in µg/l).

Tabel 1. Tussenwaarde van de concentraties zware metalen in het uittredend grondwater naar het bodemcompartiment in µg/l.

arseen	35
cadmium	3
chromium	16
koper	45
kwik	0,10
lood	45
molybdeen	150
nikkel	45
zink	430

2.2 Oppervlaktewater

Bij een eventuele uitstroming naar het oppervlaktewater kunnen de emissie-eisen worden gehanteerd op basis van de 3e Nota Waterhuishouding van 1989 (zodra de 4e Nota beschikbaar is, kunnen de daarin genoemde eisen worden gehanteerd). Voor de genoemde metalen mag de emissie vanuit de wand (via het bodemcompartiment) naar het oppervlaktewater geen overschrij-

ding van de in de nota genoemde concentratiewaarden tot gevolg hebben. De maximale concentratiewaarden zijn opgenomen in tabel 2 in µg/l.

Tabel 2. Eisen aan de maximale concentraties van zware metalen in het uittredend grondwater naar het oppervlaktewatercompartiment in µg/l.

arseen	50 (oude norm)
cadmium	0,2
chromium	25
koper	3
kwik	-
lood	25
molybdeen	-
nikkel	10
zink	30

Het grondwater, dat bij dit onderzoek gebruikt zal worden, is afkomstig van of qua macrochemische samenstelling vergelijkbaar met grondwater van die locaties waar pyriet en waar gips voorkomt. In dit geval zijn er aanvullende eisen te stellen met betrekking tot emissies van een aantal macrochemische componenten naar het oppervlaktewater. In tabel 3 zijn deze concentratie-eisen opgenomen in mg/l.

Tabel 3. Eisen aan de maximale concentraties macrochemische componenten in het uittredend grondwater naar het oppervlaktewatercompartiment in mg/l.

totaal fosfaat (als P)	0,15
totaal stikstof (als N)	2,2
ammoniak	0,02
nitraat/nitriet	10 (oud)
chloride	200
sulfaat	100

2.3 Bouwstoffenbesluit

Om aan de functie van de chemische barrière, namelijk het verwijderen van verontreinigingen uit het grondwater, te kunnen voldoen, moet de barrière in goed contact staan met de bodem en het grondwater. Dit betekent dat er geen extra isolerende voorzieningen mogen worden aangebracht, omdat deze de functie van de barrière tenietdoen. Dit betekent dat de toe te passen barrièrematerialen dienen te voldoen aan de criteria gesteld aan bouwstoffen categorie 1, toepassing op of in de bodem (Het Bouwstoffenbesluit, 1998).

Deze criteria betreffen de samenstelling van de materialen, de immisie naar het bodemcompartiment, maatregelen, waaronder terugneembaarheid, en procedurele eisen, waaronder het overleggen van een erkende kwaliteitsverklaring (een productcertificaat).

De samenstellings- en immissiewaarden voor de materialen zijn weergegeven in tabel 4. Gezien het feit dat de barrièrematerialen uitsluitend anorganische mineralen bestaan, zijn de samenstellings- en immissiewaarden voor organische componenten niet relevant en zijn deze ook niet opgenomen.

De barrièrematerialen behoren tot categorie 1 indien de gehalten kleiner dan of gelijk zijn aan de in tabel 4 weergegeven samenstellingseisen, of indien de immisie kleiner dan of gelijk is aan de in de tabel 4 opgenomen immissie-eisen.

Tabel 4. Samenstellings- en immissiewaarden voor bouwstoffen categorie 1.

	samenstellingswaarden (mg/kg ds)	immissiewaarden mg/m ² per 100 jaar
bromide	-	300
chloride	-	30.000*
fluoride	-	14.000
sulfaat	-	45.000
antimoon	-	39
arseen	55	435
barium	625	6.300
cadmium	12	12
chrom	380	1.500
cobalt	240	300
koper	190	540
kwik	10	4,5
lood	530	1.275
molybdeen	200	150
nikkel	210	525
seleen	-	15
tin	-	300
vanadium	-	2.400
zink	720	2.100

* in mg/m² per 1 jaar

3 Levensduur van de wand

Bij een gestelde levensduur van de wand spelen een tweetal zaken:

- de chemische werkingsduur en de daaraan gekoppelde emissie-eisen;
- de fysische eigenschappen van het wandmateriaal.

Aangezien het een doorlatende wand betreft en er geen geohydrologische ingrepen worden voorzien moet het grondwater, gedurende de werkingstijd, ongehinderd door de barrière kunnen stromen. Afname van de doorlatendheid is ongewenst.

Gedurende de werkingsduur van de barrière mogen de eigenschappen van de wand niet in negatieve zin worden beïnvloed als gevolg van:

- Fysische processen:
 - afname van de sterkte van het materiaal;
 - erosie;
 - inspoeling van deeltjes;
 - zettingen;
 - stabiliteitsveranderingen.
- Chemische en biologische processen:
 - oplossen van het barrièremateriaal;
 - neerslagvorming;
 - zwellen/krimpen;
 - biologische aangroei.

Daarnaast dient de wand gedurende de werkingsduur stabiel te zijn in die zin dat geen verandering van de dikte als gevolg van insnoering mag optreden.

3.1 Geotechnische eisen

3.1.1 Doorlatendheid

Om een voldoende doorstroming van de wand te garanderen zonder dat de 'natuurlijke' grondwaterstromingsrichting en snelheid worden beïnvloed, dient de doorlatendheid van het materiaal gedurende de werkingstijd even groot of groter dan de doorlatendheid van het bodemmateriaal te zijn en te blijven. De doorlatendheid van het barrièremateriaal zal in de range van 10^{-4} tot 10^{-3} m/sec moeten liggen.

3.1.2 Korrelgrootteverdeling

Uitgaande van de doorlatendheidsgegevens van het bodemmateriaal, de gewenste doorlatendheid van het barrièremateriaal en de gewenste filtereigenschappen om inspoeling en verstopping door bodemdeeltjes te voorkomen, kunnen voor het wandmateriaal de volgende eisen voor de korrelgrootteverdeling worden gesteld:

- D_{10} circa 0,1 tot 0,3 mm;
- D_{15} circa 0,25 tot 0,3 à 0,4 mm;
- D_{50} maximaal 2,5 mm.

3.1.3 Sterkte-eigenschappen

De sterkte-eigenschappen van de materialen moeten voldoende zijn om te realiseren dat bij een maximale hoogte van circa 5 m en een dikte van 1 m van de barrière, bij een optimale stapeling en verdichting, geen vergruizing van het korrelmateriaal optreedt.

Eisen ten aanzien van de minimale vergruizingsfactor dienen te worden vastgesteld.

3.1.4 Erosiegevoeligheid

Eisen voor de mechanische erosiegevoeligheid dienen te worden vastgesteld.

3.1.5 Zettingen

Door afnemende sterkte-eigenschappen van het barrièremateriaal, waardoor de korrel wordt vergruisd, kan een volumereductie (zetting) optreden, met in dit geval eveneens een te verwachten reductie in doorlatendheid. Eisen, zie 'sterkte-eigenschappen'.

Eveneens kan zetting optreden doordat in de tijd een verdere verdichting van het materiaal optreedt, ook weer gepaard gaande met een reductie van de doorlatendheid.

De optimale verdichtingseis voor de barrièrematerialen dient te worden vastgesteld.

3.1.6 Stabiliteit

De stabiliteit van de barrière in de tijd mag niet veranderen, in die zin dat als gevolg van de vuling van de wand en onvoldoende verdichting insnoering kan optreden.

De optimale verdichtingseis dient te worden vastgesteld.

3.2 Chemische eisen

3.2.1 Doorlatendheid

Als gevolg van een veranderende chemische omgeving kan, wanneer het grondwater vanuit het bodemcompartiment intreedt in de barrière, neerslagvorming optreden en bij kleiachtige materialen kan zwel of krimp optreden, alle leidend tot veranderende doorlatendheidseigenschappen en mogelijk tot afnemende vastleggingseigenschappen.

Het grondwater, dat bij dit onderzoek gebruikt zal worden, is afkomstig van of qua macrochemische samenstelling vergelijkbaar met grondwater van die locaties waar pyriet en waar gips voorkomt.

In tabel 5 zijn voor een aantal relevante macrochemische componenten de maximale concentraties weergegeven in mg/l.

Tabel 5. Macrochemische samenstelling van het grondwater

natrium	140
kalium	100
calcium	700
magnesium	80
sulfaat	1.700

Daarnaast zijn zowel nitraat, ammonium en fosfaat aanwezig, zij het in lagere concentraties.

Als gevolg van het voorkomen van deze elementen in het grondwater mogen geen neerslagreacties optreden, waarbij gips of andere calcium- of magnesiumverbindingen ontstaan. Deze neerslagen verstopen de poriën en kunnen op het actieve oppervlak afgezet worden, waardoor de vastleggingscapaciteit afneemt. Hetzelfde geldt voor bacteriegroei in de barrière.

Indien de bovengenoemde processen kunnen optreden, moet nagedacht worden of de wand kan worden gereconditioneerd en waarmee.

3.3 Wegneembaarheid

Aan het einde van de werkzame levensduur van de barrière spelen een aantal overwegingen hoe met het eventueel verwijderen kan worden omgegaan.

Tijdens de levensduur is alle verontreiniging uit het toestromende grondwater verwijderd en er stroomt nadien geen verontreiniging meer toe. Indien de mate van verstopping door aangroei verder toeneemt en leidt tot verlaging van de doorlatendheid is er mogelijk vanuit geohydrologische overwegingen de noodzaak om de barrière te verwijderen.

Indien de toestroming van verontreiniging nog doorgaat, zijn een aantal scenario's te bedenken:

- De verontreiniging slaat door zonder verdere afname van de doorlatendheid. In dit geval kan een nieuwe wand voor of achter de bestaande barrière worden gebouwd. De bestaande barrière hoeft niet verwijderd te worden.
- De verontreiniging slaat door en er treedt een verdere afname van de doorlatendheid op of er treedt geen doorslag maar wel achteruitgang van de doorlatendheid op. De bestaande barrière moet worden verwijderd en de bouw van een nieuwe barrière is noodzakelijk.

Samengevat is de eis dat de wand terugneembaar moet zijn, zonder dat bij de terugname alsnog een onaanvaardbare verspreiding van verontreiniging in bodem- of andere compartimenten optreedt.

4 Uitvoering van de barrière

Om de barrière te kunnen uitvoeren dient er in de bodem een verticale sleuf te worden gegraven tot circa 5 meter min maaiveld en met een maximale breedte van 1 meter. Voor de realisatie van de barrière wordt uitgegaan van het sectiegewijs aanbrengen van het materiaal. Om het instorten van de sleuf(secties) te voorkomen onder de grondwaterspiegel is het noodzakelijk in de sleuf een steunvloeistof te hebben. Gewoonlijk wordt hiervoor bentoniet gebruikt, omdat de kleimineralen een filtercake op de sleufwand realiseren. Bij de actieve barrière is deze cake ook nodig tijdens de graaffase. Na vulling van de wand(secties) móet hij verdwijnen, omdat anders de doorlatendheid, en dus ook de doorstroming door de wand, zal afnemen.

De uitvoeringswijze van de wandsecties, bijvoorbeeld door het aanbrengen van schotten of voegbuizen alsmede de wijze van vullen van de secties, dient nader onderzocht te worden, onder andere op basis van de definitieve keuze van het barrièremateriaal.

4.1 Steunvloeistof

1. Een filtercake op de sleufwand, die na ten minste 3 à 5 dagen 'verdwijnt', bijvoorbeeld door:
 - bacteriewerking: biologisch afbreekbaar;
 - uitspoelbaar?? (doorspoelen met aan- en afvoerbronnen);
 - oplossing door langsstromend water.Dit betekent dat de steunvloeistof niet op basis van bentoniet, maar op basis van een snel afbreekbare/oplosbare organische polymeer aangemaakt moet worden.
2. Een goede (tijdelijke) waterdichtheid van de filtercake.
3. De suspensie mag niet hechten aan de grond of het sleuf-vulmateriaal. Het mag met geen van beide een binding of chemische reactie aangaan.
4. De 'dragende' eigenschappen moeten eigenlijk zeer matig zijn, opdat het resterende zand, na ontgraving, zo snel mogelijk naar de bodem zakt. Er mag evenwel géén grote hoeveelheid 'vrij' water ontstaan binnen 3 à 5 dagen (zijnde de periode nodig om de sleuf te vullen).
5. De 'vloeigrens' van de suspensie moet voldoende hoog zijn. Een ondergrens is $\tau_f = 8 \text{ N/m}^2$ (Newtons per vierkante meter). Het liefst $\tau_f = 20 \text{ N/m}^2$. Hoe 'sterker' de filtercake, hoe beter hij in staat is de poriën tussen de bodemdeeltjes te 'overspannen' en af te pleisteren.
6. De gebruikte suspensie moet gemakkelijk van de ontgraven grond afdruipen/aflopen, zodat de ontgraven grond zo stevig mogelijk blijft.
7. Uiteraard mag de suspensie de grond niet 'verontreinigen' met chemicaliën e.a.
8. Het is noodzakelijk dat de suspensie bestand is tegen de gebruikelijke bodemchemie in alle normaal voorkomende grondsoorten. Bestand zijn betekent: niet uitvlokken, uitzakken. Wat dat betreft moet de steunvloeistof bestand zijn tegen de in tabel 5 genoemde stoffen en concentraties.
9. De suspensie moet 'robuust' zijn, zodat het bij (matige) variaties in de bodemchemie weinig verschil in eigenschappen toont.

4.2 Graafproces

Door de werkwijze mag de grond niet versmeerd worden. Dit is mogelijk wanneer heterogeniteiten in de vorm van slib-, klei- of veenlaagjes aanwezig zijn in het te ontgraven profiel. Dit zou het doorlaatvermogen van de wand' huid' verkleinen.

4.3 Barrièremateriaal

Na het ontgraven van de sleuf(secties) worden deze gevuld met het barrièremateriaal. Tijdens het vullen is de sleuf nog gevuld met de steunvloeistof, die een geschatte maximale dichtheid tussen de 11 en 11,5 kN/m³ heeft. Dit betekent dat het barrièremateriaal een hogere dichtheid dient te hebben, om te voorkomen dat dit niet, niet snel genoeg of onvoldoende uitzakt in de sleuf.

De eis die gesteld wordt aan de minimale dichtheid van het materiaal bedraagt 13 kN/m³ en wel voor de **korreldichtheid**.