

Gemeente Delft

MER Spoorzone Delft

**themadocument
bodem en grondwater**

water
infrastructuur
milieu
bouw



Gemeente Delft

MER Spoorzone Delft

themadocument bodem en grondwater

RBOI
Postbus 150
3000 AD Rotterdam
telefoon 010 - 413 06 20
telefax 010 - 412 10 39

DHV Milieu en Infrastructuur BV
Postbus 1076
3800 BB Amersfoort
telefoon 033 468 32 39
telefax 033 468 28 01

ARDEA Acoustics and Consult
Harmen Doumastraat 24
2321 JL Leiden
telefoon 071 572 58 45
telefax 071 572 58 47

Witteveen+Bos
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

onze referentie	projectcode	status
DT178-4/elmt/107	DT178-4	definitief 01
projectleider	projectdirecteur	datum
drs. J.W.T.M. Imming	drs. D.J.F. Bel	1 september 2003

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	drs. D.J.F. Bel	



Het kwaliteit management systeem van Witteveen+Bos is gecertificeerd volgens NEN-EN-ISO 9001 : 1994

© Witteveen+Bos
Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden veeleelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende Ingenieurs b.v., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
2. BELEIDSKADER	3
2.1. Rijksbeleid	3
2.2. Provinciaal en regionaal beleid	5
2.3. Gemeentelijk beleid	6
2.4. Conclusie	6
3. BEOORDELINGSWIJZE	9
3.1. Beoordelingscriteria	9
3.2. Beoordelingsmethodiek	10
3.3. Conclusie	11
4. HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELINGEN	13
4.1. Huidige situatie	13
4.1.1. geohydrologie	13
4.1.2. geotechniek	17
4.1.3. bodem	20
4.2. Autonome ontwikkelingen	21
4.3. Conclusie	22
5. MILIEUGEVOLGEN	25
5.1. Geohydrologie	25
5.2. Geotechniek	26
5.3. Bodem	27
5.4. Resumé beoordeling	30
5.5. Optimalisatiemogelijkheden	31
6. LEEMTEN IN KENNIS EN INFORMATIE	33
7. LITERATUURLIJST	35
8. AFKORTINGEN EN BEGRIPPENLIJST	37
 laatste bladzijde	 38

bijlagen	aantal bladzijden
I Bodemkwaliteitskaart gemeente Delft	1
II Locatietekeningen met verontreinigingssituatie grond en grondwater	3
III Gegevens Hinderwet/Wet Milieubeheer (BLIZZ)	1
IV Tabellen gegevens tankenarchief	10
V Gegevens oriënterend onderzoek SBNS	1
VI Afbeeldingen ontgravingsdiepten per alternatief	8

1. INLEIDING

In dit themadocument wordt eerst ingegaan op de geologische opbouw van de bodem. Bij de aanleg van de tunnel en de aanwezigheid van de tunnel in de ondergrond is de opbouw van deze ondergrond van belang. De bodem bestaat uit lagen van verschillende grondsoorten. In grondsoorten als klei en leem kan water minder goed stromen. Daarentegen zal het water beter stromen door zandpakketten. Op basis van deze eigenschappen is de ondergrond op te delen in slecht doorlatende lagen, de scheidende lagen, en goed doorlatende lagen, de watervoerende pakketten. De druk van het grondwater in de watervoerende lagen wordt de stijghoogte genoemd.

Ten gevolge van de aanleg van het spoortraject kan er een verandering optreden van de stijghoogte en stromingsrichting in de diverse watervoerende lagen en pakketten. Deze verandering wordt veroorzaakt doordat watervoerende lagen en pakketten worden afgesloten of doorsneden. Naast de verandering in stromingsrichting die dit kan veroorzaken zal het doorlaatvermogen van het watervoerende pakket kunnen afnemen. Ook het doorsnijden van scheidende lagen en de deklaag kan, door de vermindering van de hydrologische weerstand, een verandering van de grondwaterstand tot gevolg hebben.

Vervolgens wordt gekeken of er als gevolg van de aanleg van de tunnel en de aanwezigheid van de tunnel bodemdaling of zettingen zullen optreden. Zettingen worden vanuit het geotechnisch perspectief als gevolgen voor het milieu beschouwd. Zettingen kunnen enerzijds veroorzaakt worden door het verlagen van de grondwaterstand, of het wegpompen van spanningswater. Anderzijds kan zetting ook optreden als gevolg van het aanbrengen van belasting. Zo zal het aanbrengen van berg zand op zetting-gevoelige grond leiden tot een daling van het oorspronkelijk maaiveldniveau.

Tot slot wordt gekeken naar de grondbalans voor het project spoorzone Delft. Het wegnemen van bodemmateriaal heeft gevolgen voor de structuur en kwaliteit van de (achterblijvende) bodem, anderzijds kan het uitgenomen materiaal fungeren als grondstof voor (andere) projecten. Voor de omgeving is het gunstig als de grondbalans zoveel mogelijk gesloten is.

In hoofdstuk 2 wordt het beleidskader beschreven. Vervolgens is in hoofdstuk 3 het beoordelingskader afgeleid. De huidige situatie en autonome ontwikkeling is beschreven in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 bevat de milieugevolgen. De leemtes in kennis en informatie staan in hoofdstuk 6 beschreven. De laatste twee hoofdstukken bevatten de literatuurlijst (hoofdstuk 7) en begrippenlijst (hoofdstuk 8).

2. BELEIDSKADER

Het rijksbeleid, het provinciaal en regionaal beleid en het gemeentelijk beleid zijn in onderstaande paragrafen uiteengezet op basis van literatuur. De beschreven beleidspunten staan in relatie tot de Spoorzone Delft.

2.1. Rijksbeleid

Vierde Nota Waterhuishouding (1998)

Het landelijke beleid op het gebied van waterbeheer is beschreven in de Vierde Nota Waterhuishouding (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, december 1998) (lit 6.). De hoofddoelstelling van deze nota is het hebben en houden van een veilig en bewoonbaar land en het instandhouden en versterken van gezonde en veerkrachtige watersystemen, waarmee een duurzaam gebruik blijft gegarandeerd. Het beleid van het ministerie van Verkeer en Waterstaat met betrekking tot het grondwater is onder andere gericht op het tegengaan van verdroging door te lage grondwaterstanden.

Voor het studiegebied betekent dit dat door de aanleg geen verstoring van het watersysteem mag optreden en dat onder andere verdroging dient te worden tegengegaan.

Wet milieubeheer (Wm, 2001)

Vanuit de Wet milieubeheer (lit 16.) is onder andere het beschermingsbeleid geregeld (Ministerie van VROM, 2001). Met de invoering van de Wet milieubeheer zijn de sectorale beschermingsgebieden voor grondwater, bodem en stilte geïntegreerd in integrale milieubeschermingsgebieden, waarbij de specifiek op de betreffende sectoren gerichte beschermingsmaatregelen gehandhaafd zijn. Deze integrale milieubeschermingsgebieden zijn erop gericht de samenhang tussen de diverse sectorale gebieden (milieucompartimenten) te waarborgen. Het doel van de milieubeschermingsgebieden is een zodanige (basis)milieu- en waterkwaliteit te realiseren dat kwetsbare functies (zoals drinkwaterwinning, waardevolle bodems en zeldzame natuur) beschermd zijn. De onderstaande compartimenten/gebieden vallen via de Wet milieubeheer onder de milieubeschermingsgebieden:

- bodembeschermingsgebieden;
- grondwaterbeschermingsgebieden;
- beschermde natuurmonumenten en staatsnatuurmonumenten;
- watergebieden van internationale betekenis;
- milieubeschermingsgebieden met een stiltefunctie.

Bodembeschermingsgebieden en grondwaterbeschermingsgebieden worden op provinciaal niveau aangewezen. Een verdere uitwerking van dit beleid is dan ook opgenomen in de paragraaf over het provinciaal beleid (paragraaf 2.2.).

Het beschermingsbeleid wordt met name geïmplementeerd en gehandhaafd door het verlenen van vergunningen, waarmee zowel kwantiteit (aantal aantastingen) als kwaliteit (mate van aantasting) wordt gereguleerd. Het onderhavig studiegebied is niet binnen een milieubeschermingsgebied gelegen.

Wet bodembescherming (Wbb, 2002)

De Wet bodembescherming (lit 17.) uit 2002 heeft primair tot doel bodemverontreiniging te voorkomen, dan wel maatregelen te treffen als nieuwe bodemverontreinigingen zijn ontstaan. Ook biedt de wet een kader om verantwoordelijkheden vast te stellen over bodemverontreinigingen en regelt deze wet wie welk deel van de kosten voor bodemsanering betaalt. De wet biedt middelen voor milieuhygiënische beoordeling van bodemverontreinigingen en vastgestelde saneringsregelingen.

De Wet bodembescherming is een wet die algemene richtlijnen geeft die nader uitgewerkt moeten worden (raamwet) en dus geen handhaving kent door het verlenen van vergunningen. Als uitvloeisel van de Wet bodembescherming is een aantal Algemene Maatregelen van Bestuur (AMvB) opgesteld.

De Wet Bodembescherming kent een algemene zorgplicht (artikel 13) met betrekking tot de verontreiniging van de bodem: de voorgenomen activiteit mag geen nieuwe bodemverontreinigingen veroorza-

ken. Gebeurt dit wel of worden bestaande bodemverontreinigingen aangetroffen, dan geeft de wet aan dat deze bodemverontreinigingen moeten worden gesaneerd en op welke wijze dit moet gebeuren. Naar verwachting wordt een aangepaste Wet Bodembescherming (als gevolg van het BEVER-proces, zie hierna) begin 2004 vastgesteld.

Voor het studiegebied betekent dit dat de voorgenomen activiteit geen nieuwe bodemverontreiniging mag veroorzaken.

Nationaal Milieubeleidsplan (2001)

Het Nationaal Milieubeleidsplan 4 (lit 27.) van het Ministerie van VROM (2001) beschrijft de ingrijpende (inter)nationale veranderingen en maatregelen die nodig zijn om de gewenste (duurzame) milieusituatie in 2030 te realiseren.

Het Nationaal Milieubeleidsplan kent een aantal milieuthema's. Ten aanzien van het Bodem en Water zijn de volgende thema's klimaatverandering, verspilling en verdroging van belang. Deze thema's kennen de volgende doelen:

- terugdringen emissies naar lucht en lozingen in bodem en water;
- het nastreven van een blijvende beheersing van de bodemverontreinigingsproblematiek in Nederland binnen 25 jaar. Binnen die periode dienen tenminste de ontoelaatbare risico's van verontreinigingen voor mens en milieu weggenomen te worden (voorkomen van bodemverontreiniging en sanering van verontreinigde bodems);
- bevorderen van energiebesparing.

Voor het studiegebied betekent dit dat aanwezige (ernstige) bodemverontreiniging verwijderd dient te worden, bij voorkeur tijdens de bouwwerkzaamheden (werk met werk maken).

Beleids vernieuwing bodemsanering (BEVER, 1997)

In het Nationaal Milieuprogramma wordt het strategisch beleid uit het vigerende NMP vertaald in concrete acties en maatregelen. Dit uitvoeringsprogramma wordt jaarlijks opgesteld. De doelstellingen in het derde Nationaal Milieubeleidsplan ten aanzien van bodemverontreiniging hebben eind jaren '90 geleid tot een beleidsvernieuwing in de bodemsaneringsaanpak, aangeduid met BEVER (BEleidsVERnieuwing Bodemsanering). De aanpak van bodemverontreiniging dient proactief te zijn en afgestemd te worden op het gewenst maatschappelijk gebruik van de bodem (actief bodembeheer). De aanpak van bodemverontreiniging moet stagnatie in ruimtelijke, economische en maatschappelijke ontwikkelingen voorkómen. Uitgangspunten van BEVER zijn:

- functioneel saneren van verontreinigingen ontstaan voor 1987 (in tegenstelling tot multifunctioneel saneren). Functioneel saneren is ingegeven door de overweging dat niet elk gebruik van de bodem om geheel schone grond vraagt. Onderscheid wordt gemaakt tussen mobiele verontreinigingen (deze dienen op kosteneffectieve wijze te worden verwijderd) en immobiele verontreinigingen (hoeven slechts gedeeltelijk verwijderd, dan wel geïsoleerd te worden). Nieuwe verontreinigingen (ontstaan na 1987) dienen volledig verwijderd te worden;
- saneringstaken op het laagst bestuurlijk niveau leggen (slagvaardige overheid);
- vergroten externe integratie in maatschappelijke processen;
- versterking marktdynamiek.

Het vernieuwingsproces heeft een aantal kabinetsstandpunten opgeleverd. Als belangrijkste kunnen genoemd worden:

- kabinetsstandpunt 1997: functiegericht saneren;
- kabinetsstandpunt 2002: bodemsanering is onderdeel geworden van de wet op de stedelijke vernieuwing (Wsv). De financieringsbron van de Wsv is het Investeringsbudget Stedelijke Vernieuwing (ISV). Het ISV bundelt verschillende geldstromen vanuit het ministerie van VROM en bevordert zo een samenhangende aanpak van de fysieke leefomgeving.

Voor het studiegebied betekent dit dat aanwezige bodemverontreinigingen waarvoor een saneringsnoodzaak bestaat, functiegericht en kosteneffectief gesaneerd dienen te worden.

Bouwstoffenbesluit (2000)

Naast het actief bodembeheer dient het BouwstoffenBesluit (VROM, 2000) genoemd te worden (lit 18.). Het BouwstoffenBesluit is ingevoerd ter bevordering van hergebruik van vrijgekomen grond en bouwmaterialen. Het BouwstoffenBesluit schept een kader voor het hergebruik van vrijgekomen schone en licht verontreinigde grond. Voorwaarde voor het hergebruik is dat de ontvangende bodem van gelijkwaardige (of minder goede) kwaliteit is als de grond die wordt opgebracht. Hiertoe worden door het bevoegd gezag (in het kader van het BouwstoffenBesluit zijn dat de gemeenten) bodemkwaliteitskaarten opgesteld.

Voor het studiegebied betekent dit dat vrijkomende grond zoveel mogelijk (op locatie) hergebruikt dient te worden. Om de onderzoeksinspanningen te verlagen, kan hergebruik binnen de gemeentegrens van Delft op basis van de Bodemkwaliteitskaart plaatsvinden.

2.2. Provinciaal en regionaal beleid

Beleidsplan milieu en water (2000-2004)

De provincie Zuid-Holland heeft voor de periode 2000-2004 een Beleidsplan Milieu en Water (lit 8.) opgesteld. In dit beleidsplan wordt het nieuwe, anticiperende beleid beschreven: door in te spelen op maatschappelijke ontwikkelingen wil de provincie voorkomen dat handelingen van vandaag ten koste gaan van de milieukwaliteit van morgen. Daarnaast wordt aandacht besteed aan het saneren en beheeren van bestaande milieuproblemen.

Voor het studiegebied betekent dit dat de activiteiten niet ten koste mogen gaan van de milieukwaliteit.

Nota gezamenlijk bodemsaneringsbeleid (BOBEL-Nota, 2002)

Tevens is op 23 september 2002 de definitieve conceptversie van de Nota Gezamenlijk Bodemsaneringsbeleid uitgekomen (lit 26.). Hierin is specifiek voor de provincie Zuid-Holland een invulling gegeven van het landelijke bodem(sanerings)beleid. De doelstelling van de nota is een duurzame bodemkwaliteit te realiseren en behouden middels preventie, saneren en beheersen. De verwachting is dat deze BOBEL-nota in 2003 bestuurlijk wordt vastgesteld.

Voor het studiegebied betekent dit dat de activiteiten een duurzame bodemkwaliteit niet in de weg mogen staan.

Nota op grond van kwaliteit (2000)

Het dagelijks bestuur van het Stadsgewest Haaglanden stelde op 28 juni 2000 de nota 'Op grond van kwaliteit' vast (lit 24.). De nota geeft een uitwerking van het regionale bodembeleid aan de hand van drie uitgangspunten:

- preventie en behoud van multifunctionaliteit bodem;
- versneld uitvoeren van saneringen en saneringen financieel haalbaar maken door het toepassen van functiegericht saneren en het stimuleren van binnenstedelijke ontwikkelingen;
- bevorderen van actief bodembeheer.

Voor het studiegebied betekent dit dat de bodem zoveel mogelijk haar multifunctionaliteit dient te behouden en dat door de binnenstedelijke ontwikkeling sanering van de bodem kan worden bewerkstelligd.

Grondwaterbeheersplan (2001-2005)

Doelstelling van het provinciale Grondwaterbeheersplan (2001-2005) (lit 7.) is het zorgen voor voldoende grondwater met een kwaliteit die geschikt is voor alle functies die ervan afhankelijk zijn. In het Grondwaterbeheersplan zijn de volgende beleidsstandpunten ten aanzien van grondwater en de invloed van tunnels genoemd:

- het grondwaterbeleid vraagt om een gebiedsgerichte benadering, uitgaande van de (geo)hydrologische situatie;
- de provincie gaat uit van het standstill-beginsel;

- de voorraad zoet grondwater moet zoveel mogelijk in stand blijven;
- ingrepen in het grondwatersysteem mogen geen nadelige gevolgen hebben voor natuur en landschap;
- schade van onevenredige omvang door het beïnvloeden van de freatische grondwaterstand moet zoveel mogelijk worden voorkomen;
- bij de aanleg van tunnels moet zo nodig de bouwconstructie of de waterhuishouding worden aangepast om natuurlijke stromingen zo veel mogelijk in stand te houden;
- waar sprake is van aantasting van een grondwaterstromingsstelsel, dient bij het peilbeheer gestreefd te worden naar herstel van het grondwaterstromingspatroon met het oog op het handhaven of herstellen van de natuurlijke situatie;
- ingrepen die kunnen leiden tot zoute kwel dienen te worden vermeden.

Voor het studiegebied betekent dit dat de voorgenomen activiteiten zo veel mogelijk binnen de geohydrologische situatie van het gebied dienen te passen, dat natuurlijke grondwaterstromingen zoveel mogelijk intact dienen te blijven en dat zoute kwel dient te worden vermeden.

Regionaal Milieubeleidsplan 2 (1999-2003)

Dit plan, geschreven door het Stadsgewest Haaglanden (lit 9.), zet sterk in op duurzame ontwikkeling van de omgeving en op zuinig ruimtegebruik.

Voor het studiegebied betekent dit dus dat zuinig ruimtegebruik centraal staat.

2.3. Gemeentelijk beleid

In het gemeentelijk beleid wordt op het gebied van grondwater voornamelijk verwezen naar het provinciaal beleid, dat ook een gebiedsgericht beleid voorschrijft. Algemeen is het gemeentelijk beleid 'het ontwikkelen van gezonde, veerkrachtige watersystemen'.

Delfts Ontwikkelings Programma (DOP)

De gemeente Delft heeft het Delfts Ontwikkelings Programma (DOP) opgesteld, dat ingaat op de stedelijke vernieuwing van Delft, voor de periode 2000-2010. Het programma bestaat uit een aantal themaprogramma's. Een van de themaprogramma's is Duurzaamheid, dat een onderdeel 'Bodemsanering en Onderzoek' kent. Dit onderdeel is te beschouwen als de Delftse bodemmodule. Deze module is voor de periode 2000-2005 reeds ingevuld en geeft aan hoe de Delftse gemeente omgaat met de bodemproblematiek in de stad. Uitgangspunt voor de periode 2001-2005 zijn de volgende drie doelstellingen:

- ISV-doelstelling: het opheffen van de stagnatie van bouwprojecten door bodemverontreiniging. Dit komt neer op het uitvoeren van drie of vier saneringen van ernstige en urgente bodemverontreinigingen per 1-1-2005;
- NMP-doelstelling: het in kaart brengen van bodemverontreinigingsgevallen (de werkvoorraad; zie paragraaf 2.1.4) voor 2005;
- NMP-doelstelling: het blijvend beheersen van de bodemproblematiek voor 2023.

Voor het studiegebied betekent dit dat er voor de bouwactiviteiten al inzicht bestaat in de aanwezigheid van bodemverontreiniging en dat de ernstige gevallen gesaneerd dienen te worden.

Handboek Bodem gemeente Delft

Het gemeentelijk beleid ten aanzien van de bodem is weergegeven in het Handboek Bodem gemeente Delft (lit 25.) uit 2002. Belangrijkste doelen van het gemeentelijk bodembeleid zijn:

- een goede bodemkwaliteit te behouden (standstill-principe);
- de verontreiniging van de bodem te voorkomen of terug te dringen (preventie).

2.4. Conclusie

In de onderstaande tabel staat een overzicht van de van belang zijnde beleidsdocumenten en de randvoorwaarden en uitgangspunten die zij bevatten.

Tabel 2.1. Overzicht beleidskader voor bodem en grondwater

besluit / beleid	orgaan / datum	uitgangspunt / randvoorwaarden
Vierde Nota Waterhuishouding	Min. van V&W, 1998	hebben en houden van veilig en woonbaar land <i>instandhouden en versterken van gezonde en veerkrachtige watersystemen</i>
Wet Milieubeheer	Min. VROM, 1993, 2001	aanwijzen beschermingsgebieden
Wet bodembescherming	Min. VROM, 2002	artikel 13: zorgplicht
NMP4	Min. VROM, 2001	bepaling werkvoorraad
BEVER (Beleidsvernieuwing Bodemsanering)	Min. VROM, 1997, 2000 en 2001	functiegericht saneren vernieuwing bodemsaneringsbeleid historische verontreinigingen
Bouwstoffenbesluit	Min. VROM, 1995, 1999	stimulering hergebruik grond
Beleidsplan Milieu en Water 2000-2004	Provincie Zuid-Holland	duurzame omgeving en zuinig ruimtegebruik
BOBEL-3	Provincie Zuid-Holland en uitvoeringsgemeenten, 2002	preventie en sanering
Nota uitwerking bodembeleid Haaglanden (NUBOH)	Stadsgewest Haaglanden, 2002	preventie, versneld saneren en actief bodembeheer
Grondwaterbeheersplan 2001-2005	Provincie Zuid-Holland	duurzame omgeving instandhouding voorraad zoet grondwater; behoud natuurlijke grondwaterstroming
Regionaal Milieubeleidsplan 2 1999-2003	Stadsgewest Haaglanden	zuinig ruimtegebruik
Delfts ontwikkelingsprogramma, handboek bodem	Gemeente Delft, 2002	preventie en standstill-principe

3. BEOORDELINGSWIJZE

3.1. Beoordelingscriteria

geohydrologie

De aanleg van de spoortunnel kan leiden tot veranderingen in grondwaterstromingsrichting, grondwaterstanden en/of stijghoogten. Deze veranderingen hoeven op zich geen nadelig effect te hebben, maar kunnen wel nadelige effecten veroorzaken voor andere deelaspecten (geotechniek, oppervlaktewater, cultuurhistorie en archeologie, ecologie). Een verandering van de stijghoogte heeft bovendien gevolgen op de bestaande onttrekking bij DSM Gist en de omliggende bebouwing in en rondom de Spoorzone. Daarnaast kan dit leiden tot een verplaatsing van het zoet/zout grensvlak. Verandering van grondwaterstromingsrichting kan eveneens leiden tot de verandering van het rendement van bestaande saneringen en koude-warmte opslagen.

geotechniek

Het verlagen van de grondwaterstand, of het wegpompen van spanningswater kan leiden tot zettingen. Anderzijds kan zetting ook optreden door het aanbrengen van belasting (bijv. het aanbrengen van een berg zand op zettinggevoelige grond). Naast het effect zal ook de ruimtelijke significantie van het effect in ogenschouw als criterium worden meegenomen. Met andere woorden, heeft de zetting slechts een beperkte lokale reikwijdte of zal de zetting en gevolgen hiervan zich over een groot gebied uitspreiden.

bodem

Tijdens de uitvoering van het project zal er met name grond vrijkomen door ontgraving voor de tunnel en de ondergrondse infrastructuur. Daarnaast wordt er in beperkte mate grond toegepast bij de ophoping ten behoeve van de stedelijke herontwikkeling en bij de opvulling van de Irenetunnel bij de lange alternatieven. Daarbij kan sprake zijn van een al dan niet gesloten grondbalans. Het grondverzet leidt tot verstoringen van het bodemprofiel. Deze mogelijke criteria worden hieronder besproken.

De grondbalans wordt bepaald door de hoeveelheid vrijkomende grond en de hergebruiksmogelijkheden. Beide worden in dit MER in kaart gebracht. De hergebruiksmogelijkheden van de vrijkomende grond, hoofdzakelijk klei en daarnaast zand en veen, zijn (mede) afhankelijk van de milieuhygiënische kwaliteit. Deze wordt bepaald door de aan- of afwezigheid van verontreinigende stoffen. Ten aanzien van de milieuhygiënische kwaliteit van de vrijkomende grond wordt onderscheid gemaakt tussen:

- schone grond en Bsb categorie I/II grond;
- verontreinigde grond.

In het MER is het grondverzet kwantitatief uitgezocht en vertaald naar hoeveelheden vrijkomende grond gespecificeerd naar beide onderscheiden kwaliteiten.

Een gesloten grondbalans wordt als positief beoordeeld. Echter, gezien de grote hoeveelheden vrijkomende grond en de relatief zeer beperkte toepassing ervan binnen dit project, levert voor de Spoorzone geen gesloten grondbalans. De vrijkomende schone of Bsb categorie I/II grond kan echter worden toegepast in andere projecten (positief). De verplaatsing is in dit geval beperkt, omdat de gemeente Delft met de Technische Universiteit een overeenkomst heeft gesloten, waarbij de afspraak is dat de Technopolis Business Campus wordt opgehoogd met herbruikbare grond uit de Spoorzone. De grondbalans wordt hier kwalitatief beoordeeld.

Het ontgraven van grond heeft gevolgen voor de milieuhygiënische kwaliteit van de achterblijvende bodem. De ondergrond is over het algemeen schoner dan de bovenste bodemlagen (stedelijke ophooglagen). Door het ontgraven van verontreinigde grond, vindt kwaliteitsverbetering van de bodem plaats. Dit effect is groter, naarmate het oppervlak van de te ontgraven bodem groter is.

Ten slotte vindt er verstoring van lokale bodemhuishouding plaats. De bodem van de Spoorzone bevindt zich echter in een stedelijk gebied, waardoor de bovenlaag (waar de ingreep plaatsvindt) reeds sterk geroerd is. Bovendien heeft de bodem in het plangebied geen beschermde status en zijn er geen gea-objecten aanwezig. Dit criterium wordt derhalve niet verder meegenomen in het MER. Wel wordt er

bij het thema Cultuurhistorie aandacht besteed aan hoe om te gaan met eventuele vondsten in de bodem bij opgravingen en bij het thema Tijdelijke effecten aan bouwhinder door afgraven.

criteria

De beoordeling van de milieugevolgen voor het thema bodem- en grondwater vindt derhalve plaats aan de hand van de volgende beoordelingscriteria:

- de verandering in grondwaterstanden en stijghoogten;
- gevolgen van veranderingen in stijghoogte op omliggende bebouwing;
- gevolgen van veranderingen in stijghoogte op de onttrekking van DSM Gist;
- verplaatsing van het zoet/zout grensvlak;
- de verandering van grondwaterstromingsrichting;
- het effect van een verandering in de grondwaterstromingsrichting op het rendement van bestaande saneringen;
- het effect van een verandering in de grondwaterstromingsrichting op het rendement van koude warmte opslagen;
- het aanbrengen van belasting;
- grondbalans;
- hoeveelheid verontreinigde grond;
- kwaliteit van de achterblijvende grond.

De sloop van het huidige spoorviaduct, bestaande woningen en dergelijke is niet nader in beschouwing genomen: uitgangspunt is dat deze sloop op een milieuhygiënisch verantwoorde wijze zal plaatsvinden en dat vrijkomende materialen milieuhygiënisch verantwoord worden verwerkt.

3.2. Beoordelingsmethodiek

In deze paragraaf wordt per aspect voor de genoemde criteria aangegeven hoe de beoordeling van de huidige situatie, de autonome ontwikkelingen en de milieugevolgen zal worden uitgevoerd.

geohydrologie

verandering stijghoogte grondwaterstand

Gezien de geringe verschillen tussen de alternatieven is de verwachting dat de effecten zeer klein zijn. Daarnaast kunnen de geohydrologische parameters alleen worden ingeschat met een grote onzekerheid. Resultaten van berekeningen met behulp van een geohydrologisch model zoals Microferm hebben daarom een grote onzekerheidsmarge. Het detailniveau van deze berekeningen is niet zo nauwkeurig dat onderscheidende effecten voor de verschillende alternatieven kunnen worden bepaald. Daarom is ervoor gekozen om op basis van expert-judgement de veranderingen van de freatische grondwaterstanden, stijghoogte in de watervoerende lagen en pakketten en de verandering van de stroming als gevolg van een ingreep ten opzichte van de huidige situatie kwalitatief te beschrijven.

Indien verlaging optreedt van de stijghoogte bij DSM Gist wordt dit negatief beoordeeld (-). Een verlaging van de stijghoogte zorgt namelijk voor een afname van het huidige rendement van de onttrekkingsbronnen bij DSM Gist. Ook het verplaatsen van het zoet/zout-grensvlak naar boven wordt negatief beoordeeld (-). Het beleid van de provincie Zuid-Holland is immers gericht op het instandhouden van de zoetwatervoorraad.

verandering grondwaterstromingsrichting

Indien een verandering van stromingsrichting optreedt, wordt dit als negatief beoordeeld (-). Dit hoeft echter geen negatieve gevolgen te hebben. Gevolgen treden pas op indien bestaande saneringen of koude-warmte opslagen worden beïnvloed. Indien het rendement van bestaande saneringen of koude-warmte opslagen afneemt, wordt dit negatief beoordeeld (-). Bij een toename van het rendement, volgt een positieve beoordeling (+).

geotechniek

De resultaten van de analyse van de grondwaterstandveranderingen worden gebruikt voor een analytische zettingberekening. Daarnaast wordt bekeken waar in de alternatieven grote belastingverhogingen gepland zijn, casu quo waar veel grond wordt aangebracht. Hiervoor wordt ook kwalitatief de mate van optredende zettingen bepaald. Beide zettingbeelden worden kwalitatief verwerkt zodat het beïnvloed oppervlak bepaald kan worden. Bij de beoordeling van de zettingen zal het aantal vierkante meter beïnvloed oppervlak worden gehanteerd. Afhankelijk van de uitkomsten van de zettingsanalyse kan er nog onderscheid gemaakt worden in verschillende typen gebieden, dus een nadere specificatie van het beoordelingscriterium.

bodem

Voor elk alternatief is op basis van het door de gemeente Delft aangeleverde kaartmateriaal de hoeveelheid grondverzet berekend. Hierbij is uitgegaan van een 'worst-case' inschatting. Dit wordt gerechtvaardigd door het feit dat de plannen voor alle alternatieven op een dusdanig schaalniveau zijn uitgewerkt, dat een meer gedetailleerde inschatting niet mogelijk is. De beoordeling van de hoeveelheid vrijkomende grond is absoluut, in m³ grondverzet. De kwaliteit van vrijkomende grond is beoordeeld in kubieke meter grond in een bepaalde kwaliteitsklasse (sterk verontreinigd, categorie I-II, schoon).

Er is een inventarisatie van de verontreinigingslocaties gemaakt om een inzicht te hebben in de bodemkwaliteit ter plaatse van het plangebied. Met deze informatie is een globale inschatting gemaakt van de kwaliteit van de verschillende bodemlagen en de diepte tot waar deze bodemlagen zijn gedefinieerd. Met deze gegevens is per alternatief een inschatting gemaakt van de hoeveelheid en de kwaliteit van de vrijkomende grond. Hiervoor is een studiegebied gedefinieerd bestaande uit een zone van 50 meter aan weerszijden van de bestaande spoorwegtrajecten en de mogelijke alternatieven, inclusief de met de alternatieven samenhangende inrichtingsplannen. Deze zone van 50 m is aangehouden om eventuele bodemverontreiniging die op enige afstand van het tracé en het plangebied stedelijke vernieuwing is ontstaan, maar die zich wel tot binnen het studiegebied heeft verspreidt, toch mee te kunnen nemen in de beoordeling. In de afweging van de alternatieven wordt echter uitsluitend die bodemverontreiniging meegenomen die direct binnen het studiegebied van de verschillende alternatieven valt.

Omdat de ten behoeve van de aanleg van de tunnel te graven bouwkuip (wanden-dak-methode) binnen een diepwandconstructie wordt uitgevoerd, wordt aangenomen dat de buiten de diepwanden gelegen (mobiele) verontreinigingen niet door de aanleg worden beïnvloed. Daarbij wordt opgemerkt dat verwacht wordt dat bij de eventuele sanering van verontreinigingen bij de aanleg van de tunnel geen moeilijkheden ontstaan als gevolg van de keuze van ontgraving middels de wanden-dak-methode. Deze verwachting is onder meer gebaseerd op het feit dat er normaal gesproken voor de start van de graafwerkzaamheden een milieuonderzoek plaatsvindt. Een dergelijk onderzoek geeft een goed beeld van de eventueel aanwezige verontreinigingen. Op dat moment kan nog besloten worden de verontreinigingen (selectief) te saneren alvorens de werkzaamheden voor de tunnel te starten. Ook kan er selectief worden ontgraven door tijdens de werkzaamheden in de overdekte wanden-dak-constructie met verlichting te werken.

3.3. Conclusie

In de navolgende tabel staat een overzicht van de in dit MER gehanteerde aspecten en beoordelingscriteria.

Tabel 3.1. Overzicht aspecten en beoordelingscriteria voor bodem en grondwater

<i>aspect</i>	<i>criterium</i>	<i>eenheid / parameter</i>
- geohydrologie	- verandering stijghoogte grondwaterstand	kwalitatief
	- verlaging stijghoogte bij DSM Gist	
	- invloeden op omliggende bebouwing	
	- verplaatsing zoet/zout grensvlak	
-	- verandering grondwaterstromingsrichting	kwalitatief
	- verandering rendement bestaande saneringen	
	- verandering rendement bestaande koude warmte opslagen	
- geotechniek	- zettingen	kwalitatief / ha
- bodem	- grondbalans	nvt*
-	- hoeveelheid verontreinigde grond	m ³
-	- kwaliteit achterblijvende bodem	kwalitatief / ha

* dit criterium wordt niet beoordeeld, vandaar dat er de term 'niet van toepassing' staat

4. HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELINGEN

4.1. Huidige situatie

4.1.1. geohydrologie

geologie

In deze paragraaf wordt de geologische geschiedenis van het plangebied beschreven voor de bodemlagen die zijn afgezet tijdens het Pleistoceen (circa twee miljoen jaar geleden tot circa 10.000 jaar geleden) en het Holoceen (circa 10.000 jaar geleden tot nu) (lit 2.-5.). In tabel 4.1. is een overzicht gegeven van de geologische laagopbouw.

Tabel 4.1. Lithologie en stratigrafie

stratigrafie	lithologie	top in m t.o.v. NAP (gemiddeld) ¹
(ophooglaag)	zand en puin	0,5
Westland Formatie	afzettingen van Duinkerke: zand klei en veen	ca -2
	afzettingen van Calais: zand, klei en veen	ca -5
	zandige geulafzettingen (Gantelsysteem)	
	humeuze klei/leem (Gorkum)	ca -16
	basisveen	ca -17
formatie van Kreftenheye	leem	
	grove zanden met kleilens	ca -18
formatie van Kedichem	klei	ca -40
formatie van Kedichem / Tegelen / Maassluis	fijne en matig grove slibhoudende zanden	ca -60
formatie van Maassluis	schelphoudende matig grove en fijne	ca -90
	slibhoudende zanden met kleilagen	
formatie van Oosterhout	klei	ca -250

¹ Niet alle lagen zijn over het gehele tracé aanwezig. Daarnaast is de ligging van de top van de lagen niet exact bekend en varieert deze sterk over het tracé.

² De grijs gearceerde lagen betreffen scheidende lagen.

In het vroeg Pleistoceen maakte het gebied deel uit van het dalende Noordzeebekken, waarin de zee aanvankelijk nog het voornaamste afzettingssmilieu vormde. In deze periode zijn de afzettingen van Maassluis ontstaan. Gedurende het Pleistoceen nam de invloed van de zee af onder afwisseling van warme en koude tijden. Vervolgens is in dit gebied riviermateriaal van Rijn en Maas afgezet, bestaande uit de formaties van Kedichem en/of Tegelen. Uit het midden-Pleistoceen zijn in dit gebied geen afzettingen aangetroffen. De boven Pleistocene rivierafzettingen van de Formatie van Kreftenheye is direct op de onder-Pleistocene afzettingen afgezet.

In het Holoceen stijgt de zeespiegel. Hierdoor verandert het afzettingssmilieu en wordt er leem op het Pleistoceen zand afgezet. Deze leemlaag wordt nog tot de formatie van Kreftenheye gerekend. Op enkele plaatsen is deze leemlaag hierna weggeërodeerd. Tijdens het verder verloop van het Holoceen werd de sedimentverdeling in dit gebied bepaald door de voortgaande zeespiegelstijging en door de aanwezigheid van een strandwallensysteem en onderbrekingen hierin. In deze periode is afwisselend zand, klei en veen afgezet behorende tot de Westlandformatie. Deze formatie is onder te verdelen in de volgende fasen: basisveen, Afzettingen van Gorkum en van Calais en de Afzettingen van Duinkerke.

Het Basisveen is niet overal in het gebied afgezet en is op enkele plaatsen weggeërodeerd. Na de afzetting van het basisveen zijn de respectievelijk de afzettingen van Gorkum en Calais gevormd. Eerstgenoemde afzettingen zijn fluviaal van oorsprong, laatstgenoemde afzettingen zijn gevormd in open zee en in lagunes, te vergelijken met de huidige Waddenzee. Het zeeniveau varieerde sterk in deze tijd. Vanaf circa 4000 voor Christus wordt de vorming van veen dan wel het afzetten van zeesedimen-

ten vooral bepaald door de geheel of gedeeltelijke afsluiting van de zee voor het achterland door strandwallen, waardoor afwisselend zeersedimenten zijn afgezet en veen onder invloed van een stijgende grondwaterspiegel. Tevens vond er gedeeltelijke erosie plaats van eerder afgezette lagen. Hierdoor zijn er lateraal grote verschillen in de lithologische opeenvolging ontstaan. De Duinkerke sedimenten zijn vaak sterk gebonden aan geulsystemen en bestaan buiten deze geulsystemen doorgaans uit dunne, kleiige afzettingen. Het geotechnisch profiel van DSM Gist tot ten zuiden van de Prinses Irene tunnel (van links naar rechts) dat is opgesteld op basis van VO grondonderzoek Spoorzone Delft (lit 5.) is gegeven in afbeelding 4.1.

geohydrologie en bodemopbouw

Geologische processen zijn de basis voor de verticale afwisseling van watervoerende pakketten en scheidende lagen. Tezamen vormen deze lagen en pakketten een geohydrologisch systeem. Beïnvloeding van het geohydrologische systeem door kunstwerken, damwanden, funderingen en dergelijke kan leiden tot effecten op het grondwater. Om die effecten op het grondwater goed te kunnen bepalen is het van belang om het geohydrologische systeem en de daarbij behorende parameters te beschrijven. Deze parameters geven de doorlatendheid (kD-waarde) en weerstand (c-waarde) aan van de aanwezige lagen en bepalen dus mede de reactie van het grondwater op aangebrachte kunstwerken. De geohydrologische schematisatie en de parameters (zie navolgende tabel) zijn bepaald aan de hand van literatuur (lit 1).

Tabel 4.2. Regionale geohydrologische schematisatie en parameters.

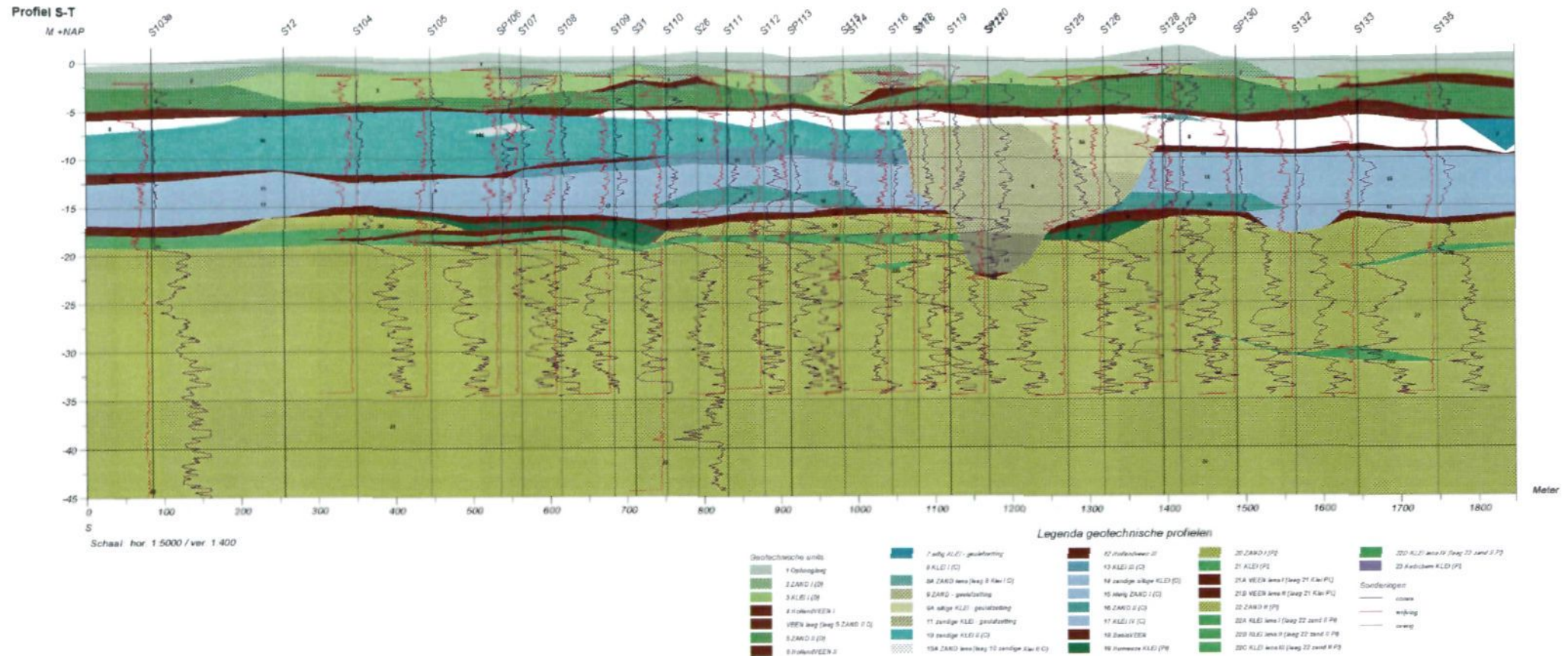
diepte m t.o.v. NAP	lithologie	schematisatie	parameters
maaiveld tot ca -2	zand en puin	antropogene ophooglaag	kD = 2 m ² /dag
ca -2 tot ca -18	klei, zand en veen	deklaag	c = 25.000 dagen. In zandlagen varieert de kD naar schatting tussen 1 en 10 m ² /dag
ca -18 tot ca -40	grof zand met kleilens	eerste watervoerende pakket	kD = 600 – 800 m ² /dag
ca -40 tot ca -60	klei	eerste scheidende laag	c = 1.000 – 3.000 dagen
ca -60 tot ca -250	fijn en matig grof zand met kleilagen	tweede watervoerend pakket	kD = 1.000 – 3.000 m ² /dag
> ca -250	klei	geohydrologische basis	∞

Het maaiveldniveau langs het tracé varieert tussen circa NAP -1,0 en NAP +1,6 m. Ten westen van het tracé ligt het maaiveld naar verwachting tussen circa NAP -0,5 à -1,0 m. In het oosten ligt het maaiveld tussen NAP en NAP +1,6m. In dit MER is een gemiddeld waarde voor maaiveld gehanteerd van NAP +0,5 m.

Bij het beschrijven van de geohydrologie en de bodemopbouw wordt onderscheid gemaakt tussen de deklaag en het eerste watervoerende pakket. De deklaag bestaat uit verschillende lagen uit het Holocene tijdperk. Door geulvorming en opvulling van deze geulen varieert de laagopbouw in de deklaag sterk. Over het hele gebied is de top van de deklaag wel vrij constant. De bovenste laag in de deklaag bestaat uit klei met veenlaagjes met op enkele plaatsen ophoogzand met puin. De dikte van deze laag varieert van 2 tot 5 meter. Onder deze laag ligt het Duinkerke zand. Deze laag heeft een dikte van circa 2 meter, maar is op enkele plaatsen volledig weg door geulvorming. Hieronder is de laagverdeling sterk variërend in de lengterichting van het traject.

In het noorden bevindt zich een dunne laag Hollandveen I van circa 0,5 tot 1 meter. Hieronder ligt een zandig wadzand pakket van gemiddeld 5 meter dik en daaronder een kleilaag van gemiddeld 6 meter dik.

Afbeelding 4.1. Geotechnisch profiel bodem plangebied



In het centrale deel van het gebied, tussen Delft Centraal Station en 500 meter noordelijker, ligt een variërend aanwezige Hollandveenlaag op een kleilaag die van noord naar zuid geleidelijk in dikte toeneemt van 0 tot 5 meter. Onder deze laag bevindt zich een 4 meter dik pakket bestaande uit kleihoudend wadzand. Hieronder bevindt zich het Calais zand met een gemiddelde dikte van 3 meter. Deze laag wordt naar onder toe fijner. Ter hoogte van de Buitenwatersloot komt een zandgeul voor die vanaf de top van de Afzettingen van Calais tot in het Pleistoceen is ingesleten. De basis van de zandgeul bestaat uit kleilagen. In het VO grondonderzoek (lit 5.) is vastgesteld dat tussen de zandgeul en het eerste watervoerend pakket een stijghoogteverschil van ca 3,5 m bestaat. Hieruit wordt geconcludeerd dat de kleilagen een aangesloten laag vormen.

Het gedeelte van het profiel ten zuiden van het Centraal Station laat een opeenvolging zien van boven naar beneden van Hollandveen I, een kleipakket variërend van 2 tot 7 meter en het Calais zand met een dikte variërend van 2 tot 7 meter.

Over het gehele traject vormt een humeuze klei/leemlaag tezamen met het basisveen de basislaag van de deklaag. Deze laag varieert in dikte van 1 tot 4 meter.

Onder de deklaag bevinden zich de lagen uit het Pleistocene tijdperk. Dit zijn van boven naar beneden het Pleistoceen zand met een dikte van gemiddeld 22 meter dat het eerste watervoerende pakket vormt, de eerste scheidende laag gevormd door klei van de Formatie van Kedichem met een dikte van gemiddeld 20 meter, fijn tot matig grof zand met kleilagen dat het tweede watervoerende pakket vormt en de kleilaag van de Formatie van Oosterhout als geohydrologische basis.

grondwaterstanden en stijghoogten

In de deklaag (0 tot -18 m NAP) worden een aantal watervoerende lagen onderscheiden (zie tabel 4.1.):

- de antropogene ophooglaag;
- een zandpakket behorend tot de afzettingen van Duinkerke;
- een kleilig, zandig pakket behorende tot het Wadzand;
- een zandig pakket behorend tot de afzettingen van Calais.

De freatische grondwaterstand in de antropogene ophooglaag van zand en puin en de stijghoogte in de zandige Duinkerke-afzettingen in het bovenste deel van de deklaag worden door verschillende factoren bepaald:

- het niveau van het oppervlaktewater in de omgeving;
- het verschil tussen neerslag en verdamping (neerslagoverschot);
- de hoeveelheid wegzijging naar dieper gelegen pakketten (op basis van het verschil in stijghoogte van het freatisch grondwater en het grondwater in het eerste watervoerend pakket is er sprake van in- of wegzijging).

Er zijn vooralsnog geen meetgegevens beschikbaar van de freatische grondwaterstand langs het tunneltracé. Naar verwachting is de onttrekking bij DSM Gist eveneens een geringe bepalende factor voor de freatische grondwaterstand.

Aangezien de beide zandlagen op meerdere locaties met elkaar in verbinding staan, is de freatische grondwaterstand naar verwachting gelijk aan de stijghoogte in de Duinkerke zandlaag. Met freatische grondwaterstand wordt daarom zowel de grondwaterstand in de ophooglaag als de stijghoogte in de Duinkerke zandlaag bedoeld. Aangezien met name neerslag en verdamping, maar ook het niveau van het oppervlaktewater in de omgeving door het jaar heen variëren, mag worden verwacht dat de freatische grondwaterstand fluctueert gedurende het jaar.

De stijghoogte in het Wadzand en de afzettingen van Calais wordt beïnvloed door de onttrekking bij DSM Gist en ligt volgens metingen ter hoogte van het tracé van de tunnel tussen NAP -2 en NAP - 3,5 m. De horizontale grondwaterstromingsrichting binnen het Wadzand en de afzettingen van Calais is

m. De horizontale grondwaterstromingsrichting binnen het Wadzand en de afzettingen van Calais is richting de onttrekking van DSM Gist.

De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket wordt voornamelijk gedictieerd door de grondwateronttrekking van DSM Gist. DSM Gist onttrekt gemiddeld circa 12,2 miljoen m³ per jaar. Maximaal wordt 13,5 miljoen m³ onttrokken (gegevens van de provincie Zuid-Holland). Het onttrokken grondwater wordt gebruikt voor koeling, waardoor de onttrekking in de zomer groter is dan in de winter. Als gevolg van het onttrekken van grondwater varieert de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket tussen NAP -6,5 en NAP -10 m bij DSM Gist en tussen NAP -4 m en -6 m bij de Prinses Irenetunnel.

grondwaterstromingsrichting

Het is moeilijk aan te geven hoe de horizontale stromingsrichting van het freatische grondwater in de bovenste antropogene ophooglaag van zand en puin en het grondwater in de Duinkerke zandlaag in de huidige situatie is. Het tracé van de spoortunnel ligt deels in een peilgebied met een oppervlaktewater-niveau van NAP -1,50 m en deels in een peilgebied met een oppervlaktewaterniveau van NAP -1,30 m. Het tracé grenst echter in het oosten vrijwel direct aan het boezemgebied met een oppervlaktewaterpeil van NAP -0,40 m. Daarnaast wordt het noordelijke en zuidelijke peilgebied van elkaar gescheiden door boezemwater met een peil van NAP -0,40 m. Naar verwachting stroomt het freatische grondwater onder invloed van het hoge boezempeil en het lagere polderpeil globaal in noordwestelijke, westelijke of zuidwestelijke richting. De stromingssnelheid in de bovenste ophooglaag van zand en puin en het Duinkerke zand is echter klein, gezien de geringe doorlatendheid van beide lagen. Bovendien ligt aan de oostzijde van het spoor, onder de Spoorsingel, een boezemkade die weerstand biedt tegen horizontale stroming. Het is onbekend in hoeverre de onttrekking bij DSM Gist de horizontale stromingsrichting beïnvloedt.

Het grondwater in de watervoerende laag tussen NAP -12 en NAP -17 m en het eerste watervoerende pakket stroomt in horizontale richting globaal noordelijk af richting de onttrekking van DSM Gist, vrijwel parallel aan het tracé van de spoortunnel. Het verhang van het grondwater bedraagt gemiddeld 1,7 mm per meter.

Aangezien de freatische grondwaterstand hoger is dan de stijghoogte in de dieper gelegen watervoerende wadzandlaag, afzettingen van Calais en het eerste watervoerende pakket, is er sprake van een wegzijgingssituatie. Ondanks het grote verschil tussen de freatische grondwaterstand en de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket, is de hoeveelheid wegzijging (verticale grondwaterstromingssnelheid) toch gering. Dit wordt verklaard door de grote hydraulische weerstand tegen verticale stroming van de aanwezige deklaag.

Het grondwater in het eerste watervoerende pakket en de watervoerende laag tussen NAP -12 en NAP -17 m stroomt in horizontale richting globaal noordelijk af richting de onttrekking van DSM Gist, vrijwel parallel aan het tracé van de spoortunnel. Het verhang van het grondwater bedraagt gemiddeld 1,7 mm per meter.

zoet-zout grensvlak

De wegzijgingssituatie zorgt voor een zoete bovenlaag in het grondwater. Het grondwater in het eerste watervoerende pakket is zout. Het heeft een chloridegehalte groter dan 1.000 mg per liter. Het grensvlak tussen brak grondwater (chloridegehalte kleiner dan 1.000 mg per liter) en zout grondwater ligt op circa NAP -25 m. De diepteligging van het zoet-brak grensvlak is niet exact bekend, maar ligt naar verwachting dichtbij het maaiveld. Boven het zoet-brak grensvlak is het chloridegehalte lager dan 150 mg per liter.

4.1.2. geotechniek

De Delftse binnenstad is aan bodemdaling onderhevig. De onttrekking van DSM Gist en de natuurlijke doorgaande zetting (kruip) van de klei- en veenlagen in de Delftse ondergrond zijn hiervoor als belangrijkste oorzaak aan te wijzen. Kruip is een fenomeen dat niet te beïnvloeden is en zal dus in klei en veengebieden tot een doorgaande bodemdaling leiden. Bij het bepalen van zetting veroorzaakt door

nieuwe ontwikkelingen is het van belang om de bestaande, achtergrond, zetting te bepalen, zodat deze kan worden afgezet tegen de nieuw te veroorzaken zetting. Er zijn twee bronnen voorhanden met gegevens omtrent bodemdaling in het plangebied.

In een inventarisatie van bodemdaling in en rond Delft (lit 13.) zijn bodemdalinggegevens opgenomen uit zowel historisch (archeologisch) onderzoek en meetgegevens uit de twintigste eeuw. Een opvallend verschil tussen de twee gegevensbronnen is de mate van bodemdaling. De historische bronnen geven een waarde variërend tussen de 0,5 en 2 mm/jaar. De recente meetgegevens laten een bodemdaling zien van 1,5 tot 4 mm/jaar, met een uitschieter van 11 mm/jaar rond DSM Gist en 6,7 mm/jaar in het noordoostelijk gedeelte van Delft.

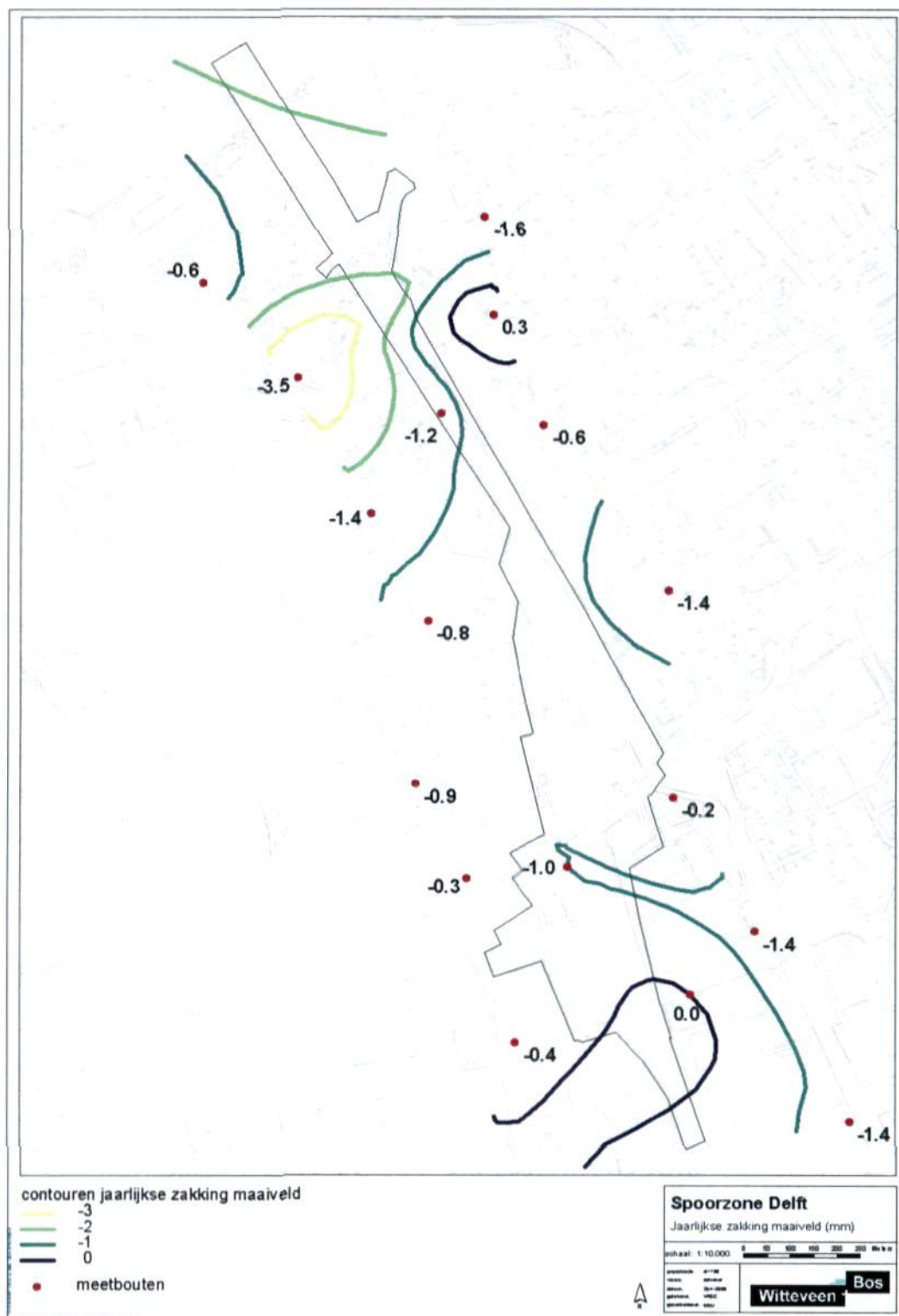
Sinds 1961 worden een groot aantal meetbouten in de Delftse binnenstad ingemeten om de bodemdaling in kaart te brengen (lit 14.). Deze meetpunten zijn aangebracht op verschillende locaties zoals bijvoorbeeld op de gevel van een woonhuis, een kantoor, een flat, een landhoofd of een gemaal. Het zakkingsgedrag van deze meetbouten wordt mede beïnvloed door het type fundering dat onder het bouwwerk zit. Zo zal een fundering met palen op de diepe zandlaag weinig zakking ondergaan.

In afbeelding 4.2. is een contourplot weergegeven die is gebaseerd op informatie van deze meetpunten en geeft daarmee een redelijke indruk geven van de maaiveldzakking. De contouren geven de gemiddelde jaarlijkse zakking weer, berekend op basis van de periode 1979 – 2000. Vanaf 1970 onttrekt DSM Gist jaarlijks meer dan 11 miljoen m³ water, met uitzondering van 1972. Voor de metingen vanaf 1979 kan dus zeker worden gesteld dat er een evenwichtssituatie is voor de grondwateronttrekking en zal de geobserveerde zakking het gevolg zijn van kruip en niet van nieuwe extremen in de grondwaterstand.

Uit afbeelding 4.2. blijkt dat de jaarlijkse zakking over het algemeen fluctueert tussen de 0 en de 1,5 mm per jaar met twee uitschieters van meer dan 3 mm per jaar. Er zijn twee oorzaken aan te wijzen die verantwoordelijk kunnen zijn voor de verschillen in zakkinggedrag. Ten eerste is dat de grondgesteldheid. Uit het geotechnisch veldonderzoek (lit 15.) blijkt dat de Delftse ondergrond zeer heterogeen is en dat klei, veen en zandlagen elkaar snel afwisselen. Bij het meest noordelijke meetpunt in afbeelding 4.2. is grondonderzoek uitgevoerd en daaruit is gebleken dat daar een relatief dikke veenlaag in de ondergrond voorkomt. Omdat veen sterk kruipgevoelig is, kan dit een reden zijn voor de relatief grote doorgaande zakking. De andere oorzaak voor de zakkingverschillen kan liggen in de staat van de fundering of de constructie: de meetbouten zijn immers aangebracht op een bouwwerk en dus wordt het verplaatsingsgedrag van de meetbout beïnvloed door de staat van constructie en fundering.

Op basis van de beschikbare gegevens wordt gesteld dat de gemiddelde jaarlijkse maaiveldzakking in de Delftse binnenstad 1-4 mm bedraagt, met, afhankelijk van de lokale grondgesteldheid, hogere waarden.

Afbeelding 4.2. Gemiddelde jaarlijkse maaiveldddaling gemeente Delft¹



¹ De in deze afbeelding weergegeven jaarlijkse maaiveldddaling is gebaseerd op metingen van de gemeente Delft in de periode 1979-2000.

4.1.3. bodem

Binnen de zone van het studiegebied +50 m is zo veel mogelijk informatie verzameld die betrekking heeft op de lokale bodemkwaliteit. Hiertoe zijn de volgende archieven geraadpleegd:

- Kamer van Koophandel;
- Hinderwet-archief/archief Wet Milieubeheer;
- archief bodemonderzoeken;
- tankenarchief;
- archief van de Stichting Bodemsanering NS (SBNS).

Voor de beschrijving van de huidige situatie wordt onderscheid gemaakt tussen:

- de algemene bodemkwaliteit: deze is weergegeven op de bodemkwaliteitskaart (bijlage I);
- bekende bodemkwaliteit ter plaatse van onderzochte locaties (bijgevoegd op de tekeningen in bijlage II en in tabel 1 van bijlage III);
- potentieel verontreinigde locaties, daar waar thans of in het verleden bodembedreigende activiteiten hebben plaatsgevonden, maar waar nog geen bodemonderzoek heeft plaatsgevonden (tabel 2 van bijlage III).

Voor de achtergrond bij de beschrijving van de huidige situatie wordt verwezen naar de tekeningen en de tabellen in respectievelijk de bijlagen I, II en III.

Volgens de bodemkwaliteitskaart (bijlage I) van de gemeente Delft kunnen de volgende zones onderscheiden worden:

- zone G2 (geel): het grootste gedeelte van het tunneltraject bevindt zich in deze zone. De achtergrondkwaliteit van de bodem is hier gedefinieerd als 'licht' verontreinigd met zware metalen en/of PAK;
- zone G3 (groen)/G4 (rood): in het centrum van Delft (Bolwerk tot globaal de Kampveldweg). De achtergrondkwaliteit van de bodem gedefinieerd als 'matig' tot 'sterk' verontreinigd met zware metalen en/of PAK.

De huidige milieuhygiënische kwaliteit van de bodem ter plaatse van de spoorzone in Delft, kan mede verklaard worden door de ligging van de locatie in binnenstedelijk gebied en de ontstaansgeschiedenis van de locatie (zie ook Themadocument 12: Cultuurhistorie en archeologie): binnen het studiegebied zijn locaties aanwezig waarop bodemverontreiniging is geconstateerd, of waar gezien de (voormalige) bedrijvigheid bodemverontreiniging is te verwachten.

DSM Gist

Op de locatie DSM Gist zijn veel bodemonderzoeken uitgevoerd. De nulsituatie ter plaatse is geheel vastgelegd. Uit de verschillende onderzoeken blijkt dat de toplaag van de bodem (0,0-2,0 m-mv) zeer heterogeen van samenstelling is, veroorzaakt door de hoeveelheid grondverzet samenhangend met de aanleg van de ondergrondse infrastructuur (met name de aanwezigheid van funderingen, kabels en leidingen etc.). Dit heeft als gevolg dat op relatief korte afstanden de lokale bodemkwaliteit sterk kan wisselen.

Het terreindeel langs het spoor is opgehoogd met puin en koolas. De dikte van de ophooglaag bedraagt tenminste 1 meter. In deze ophooglaag zijn sterk verhoogde gehalten aan PAK en matig verhoogde gehalten aan koper, nikkel en minerale olie gemeten. Naast deze verontreinigingen is in de nabijheid van het spoor een verontreiniging met VOCI aanwezig: uit de beschikbare informatie blijkt dat voor het jaar 2003 een start met de sanering van deze verontreiniging wordt gemaakt (nadere gegevens onbekend).

Kampveldweg – Bolwerk

Ter plaatse van het huidige spoorviaduct was voor 1962 de spoorlijn gelijkvloers aanwezig. Voor de aanleg van het viaduct is de aan de stadszijde van het spoor gelegen watergang gedempt. Bij het dempen is zand gebruik en is tenminste een deel van het slib verwijderd. Ter hoogte van het Bolwerk is de gedempte voormalige Spoorhaven gesitueerd (dempingsmateriaal onbekend). Aan de Spoorsingel zijn

twee verontreinigingen van grond en grondwater met minerale olie respectievelijk minerale olie en vluchtige aromaten aanwezig. En aan de Blekerhof is het grondwater verontreinigd met minerale olie. Aan de Phoenixstraat en de Singelstraat is de boven- en ondergrond veelal verontreinigd met arseen, koper, lood en zink.

Bolwerk - Prinses Irenetunnel

Van oudsher is ter plaatse van de Houttuinen (thans woonbebouwing) houtopslag aanwezig. Verwacht kan worden dat er sprake is van de aanwezigheid van houtverduurzamingsmiddelen. Deze zijn echter nog niet aangetoond. Aan de Coenderstraat is een olieverontreiniging gesitueerd, die in situ wordt gesaneerd. De eerste resultaten (zo blijkt uit het dossier van de gemeente Delft) zijn goed. Het is echter niet bekend wanneer deze verontreiniging geheel verwijderd zal zijn en hoe met deze in situ sanering zal worden omgegaan wanneer de werkzaamheden in het kader van de spoorzone starten.

Ter plaatse van een locatie aan de Laan van Vollerding is de grond verontreinigd met zware metalen en PAK en het grondwater met diverse verbindingen.

Van de sliblaag in de singel aan de Westvest zijn geen kwaliteitsgegevens bekend. Verwacht wordt echter dat het slib verontreinigd is.

NS-Emplacement

Ter plaatse van het spoorwegemplacement is recentelijk een oriënterend bodemonderzoek uitgevoerd (lit 29.). Volgens de gehanteerde SBNS-methodiek zijn er elf 'gevallen' te onderscheiden (zie kader). Daarvan zijn er 11 mogelijk ernstig en is een geval mogelijk urgent. Er heeft nog geen nader onderzoek plaatsgevonden. Voor een nadere beschrijving van de NS-gevallen wordt verwezen naar de tabel in bijlage V.

Prinses Irenetunnel – Abtswoudseweg

Naast het spoor was in het verleden een industrieterrein met de bedrijven Asepta (bestrijdingsmiddelen) en Braat (verzinkerij) aanwezig. De bodem op dit terrein is gesaneerd: de grondwatersanering loopt nog. Thans is een woonwijk op de locatie gesitueerd.

Het slib in de aanwezige spoorloot is mogelijk sterk verontreinigd met diverse stoffen.

Aan de Nijverheidsstraat zijn diverse grondwaterverontreinigingen aanwezig, o.a. arseen en/of nikkel. De grond ter plaatse is verontreinigd met metalen, PAK en/of minerale olie.

Ter plaatse van de Abtswoudseweg is de boven- en ondergrond verontreinigd met zware metalen, PAK en minerale olie. Van het grondwater zijn geen gegevens beschikbaar.

terminologie SBNS

De Stichting Bodemsanering NS heeft in afwijking op de terminologie in de Wet bodembescherming een eigen terminologie ontwikkeld: binnen de SBNS wordt gesproken over 'Potentieel NS-saneringsgevallen'. Dit zijn gevallen van 'mogelijk ernstige' of 'mogelijk ernstige en urgente' bodemverontreinigingen.

'Mogelijk ernstig verontreinigd' zijn die locaties waarop een verontreiniging boven de tussenwaarde is aangetroffen. Hierbij is het volumecriterium (zoals gehanteerd in de Wbb: meer dan 25m³ grond en/of meer dan 100 m³ bodemvolume grondwater verontreinigd) niet van toepassing.

4.2. Autonome ontwikkelingen

geohydrologie

De maatgevende stijghoogte in het eerste watervoerende pakket en dieper is afhankelijk van klimatologische veranderingen. Onder de klimatologische veranderingen wordt verstaan de te verwachten zeespiegelstijging en een toename in de neerslag (lit 11.). Door toedoen van de zeespiegelstijging zal het zoet/zout grensvlak naar boven migreren. Tevens zullen de stijghoogten omhoog kunnen komen. De toename in de neerslag zal alleen merkbaar zijn in het freatische pakket en de Duinkerke zandlaag, waar de grondwaterstanden kunnen verhogen.

Afhankelijk van de locatie van stijghoogteveranderingen kan de horizontale grondwaterstroming in het eerste watervoerende pakket enigszins wijzigen. Aangezien de weerstand van de deklaag zeer hoog is, zal er door verandering van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket en/of de grondwaterstanden geen verandering optreden in de wegzijging tussen deklaag en eerste watervoerende pakket.

Naast de van nature optredende veranderingen zou ook een stopzettingen van de grondwateronttrekkingen bij DSM Gist (zie kader) voor veranderingen in de hydrologie kunnen zorgen. Het is echter niet bekend of en wanneer deze onttrekkingen worden stopgezet.

geotechniek

De gemiddelde jaarlijkse maaiveldzakking in de Delftse binnenstad zal naar verwachting ook in de komende jaren 1 à 4 mm bedragen. De maatgevende stijghoogte is ook afhankelijk van klimatologische veranderingen (de te verwachten zeespiegelstijging en een toename in de neerslag). Door zeespiegelstijging zal het zoet/zout grensvlak naar boven migreren, de stijghoogte omhoog kunnen komen en de snelheid van bodemdaling naar verwachting afnemen.

bodem

Als gevolg van de inspanningen door de overheid (operatie 'Landsdekkend Beeld 2005' en het feit dat de Nederlandse Bodemproblematiek voor 2023 beheersbaar moet zijn), zal de bodem op meer (potentieel verdachte) locaties onderzocht worden. Hierdoor worden meer gegevens met betrekking tot de bodemkwaliteit bekend. Dit zal in eerste instantie leiden tot een toename van het aantal (bekende) verontreinigde locaties. Vervolgens worden ernstige en urgente verontreinigingen gesaneerd. Hierdoor neemt uiteindelijk het aantal verontreinigde locaties af. Dit geldt voor historische bodemverontreinigingen: nieuwe verontreinigingen, ontstaan na 1987, dienen direct en in hun geheel verwijderd te worden (stand-still principe) (lit 17.).

stopzetten of verminderen van de grondwateronttrekking DSM Gist

De grondwateronttrekking van DSM Gist is van grote invloed op het grondwaterregime in Delft en omstreken. Indien DSM Gist zou stoppen met de onttrekking of de onttrekking vermindert zullen er grote veranderingen optreden in de grondwatersituatie. Vermoedelijk zal de inzijgingssituatie veranderen in een (zoute) kwel situatie. Op het moment dat DSM Gist stopt met onttrekken of de onttrekking aanzienlijk verkleint, zal DSM Gist hiervan op tijd een melding moeten doen bij de provincie. Vervolgens zullen de provincie Zuid-Holland, het hoogheemraadschap van Delfland en de betrokken gemeenten een actieplan gaan uitvoeren om negatieve effecten ten gevolge van het stopzetten te voorkomen (lit 7 en 30). Op dit moment loopt er een studie naar de mogelijke gevolgen van het stopzetten van de grondwateronttrekking door DSM Gist. De resultaten van deze studie zijn nog niet bekend.

4.3. Conclusie

geohydrologie

De ondergrond in het plangebied bestaat uit een deklaag van gemiddeld 16 meter. De deklaag is opgebouwd uit verscheidende lagen, die lokaal sterk variëren in voorkomen en dikte. Onder de deklaag bevindt zich het eerste watervoerende pakket van circa 22 meter, de eerste scheidende laag, het tweede watervoerende pakket en de geohydrologische basis. Op het gebied van geohydrologisch beleid geldt het stand-still principe. Dit houdt in dat er geen verslechtering mag optreden in de grondwatersituatie, zowel op het gebied van kwaliteit als kwantiteit en zowel bovengronds als ondergronds. Dit levert een neutrale beoordeling op. Veranderingen in de huidige hydrologie kunnen ontstaan door klimatologische veranderingen (stijging van het zoet/zout grensvlak en hogere stijghoogten) en door veranderingen in grondwateronttrekking door DSM Gist.

geotechniek

De Delftse binnenstad is aan bodemdaling onderhevig. De onttrekking van DSM Gist en de natuurlijke doorgaande zetting (kruip) van de klei- en veenlagen in de Delftse ondergrond zijn hiervoor als belangrijkste oorzaak aan te wijzen. Op basis van de beschikbare gegevens wordt gesteld dat de gemiddelde jaarlijkse maaiveldzakking in de Delftse binnenstad 1-4 mm bedraagt, met, afhankelijk van de lokale grondgesteldheid, hogere waarden. De gemiddelde jaarlijkse maaiveldzakking in de Delftse binnenstad zal naar verwachting ook in de komende jaren 1 à 4 mm bedragen. De maatgevende stijghoogte is ook

afhankelijk van klimatologische veranderingen. Door toedoen van de zeespiegelstijging zullen zowel het zoet/zout grensvlak als de stijghoogte omhoog kunnen komen. Hierdoor zal de snelheid van bodemdaling naar verwachting afnemen. De referentiesituatie wordt hier neutraal beoordeeld. Er is weliswaar sprake van een maaiveld daling, maar deze is niet van een dusdanige omvang dat deze het oordeel 'negatief' verdient.

bodem

Binnen het studiegebied zijn locaties aanwezig die potentieel verontreinigd zijn, of waarvan reeds uit bodemonderzoek is gebleken dat ze licht tot sterk verontreinigd zijn. Voor zover dat nog niet is gebeurd zullen de locaties waarop een matige tot sterke verontreiniging is aangetroffen nader onderzocht worden om de omvang, ernst en urgentie van de verontreinigingen vast te stellen. Indien uit het nader onderzoek blijkt dat er sprake is van ernstige gevallen van bodemverontreiniging, dienen deze gesaneerd te worden, ongeacht of de plannen voor de spoorzone ten uitvoer worden gebracht. De aard en omvang, zover bekend, van de verontreinigingen zijn vergelijkbaar met verontreinigingen in andere stedelijke gebieden rondom spoorlijnen. De situatie wordt derhalve neutraal beoordeeld.

In de navolgende tabel staat een overzicht van de beoordeling van de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen (-- = zeer negatief, - = negatief, 0 = neutraal, + = positief en ++ = zeer positief):

Tabel 4.3. Overzicht van referentiesituatie voor bodem en grondwater

aspect	criterium	huidige situatie en autonome ontwikkeling	beoordeling
geohydrologie	verandering stijghoogte grondwaterstand, verandering grondwaterstromingsrichting	De deklaag varieert lokaal sterk in voorkomen en dikte. Een stand-still principe wordt gehanteerd ten aanzien van grondwaterstand en stromingsrichting.	0
geotechniek	zettingen	Huidige zetting is gemiddeld 1 tot 4 mm per jaar. Bij klimatologische veranderingen of (sterke) afnames in wateronttrekking door DSM zal de snelheid van bodemdaling afnemen.	0
bodem	kwaliteit	Er zijn momenteel verontreinigde locaties in het plangebied die gesaneerd dienen te worden.	0

5. MILIEUGEVOLGEN

5.1. Geohydrologie

Bij de vergelijking van de verschillende alternatieven is voor dit aspect vooral de diepte ligging van de verschillende onderdelen van belang. Met name de doorsnijding van watervoerende lagen kan mogelijk effecten geven op het vlak van de geohydrologie. Door het afsluiten van watervoerende lagen, met name loodrecht op de stromingsrichting van het grondwater, kan opstuwing van het grondwater of een lokale wijziging van de stromingsrichting optreden. Dit is met name het geval indien watervoerende lagen of pakketten voor een groot deel worden afgesloten. De onderscheidende plandelen voor geohydrologie zijn de lengte van de spoortunnel en de aanwezigheid en diepteligging van de parkeerkelders. De lengte van de tunnel verschilt tussen de lange en de korte alternatieven. De aanwezigheid van de parkeerkelders verschilt per alternatief.

De permanente constructie van de tunnelwand bestaat uit diepwanden tot een diepte van NAP -21 m in het Pleistocene zand. De diepwanden sluiten daarmee de watervoerende lagen in de deklaag in verticale richting geheel af. Aangezien de stromingsrichting in deze lagen richting DSM Gist is, komt de tunnelwand in alle alternatieven in de lengterichting van de horizontale grondwaterstroming in de watervoerende lagen tussen NAP -12 en NAP -17 m te liggen. Hierdoor zal de tunnel nagenoeg geen obstructie vormen voor de grondwaterstroming, waardoor geen opstuwing plaatsvindt van het grondwater in deze watervoerende lagen. Het grondwater zal aan de zijanten langs de tunnel stromen. Bovendien is de grondwaterstroming gering, vanwege de geringe doorlatendheid van de watervoerende lagen. Er wordt daarom geen verandering verwacht in stijghoogten en grondwaterstromingsrichting ten gevolge van het afsluiten van watervoerende lagen in de deklaag.

Het eerste watervoerende pakket wordt slechts voor een zeer gering deel afgesloten door de tunnelwand. Bovendien vindt afsluiting plaats in de lengterichting van de grondwaterstroming, die gericht is naar DSM Gist. Dit heeft geen effect op de horizontale grondwaterstromingsrichting of stijghoogte in het eerste watervoerende pakket.

De spoortunnel sluit ook een deel van de freatische toplaag en de Duinkerke zandlaag in verticale richting af. Gezien het, naar verwachting, fluctuerende verloop van de freatische grondwaterstand en de onbekendheid met de horizontale grondwaterstroming, kan niet worden aangegeven wat het effect op het freatische grondwater zal zijn. Naar verwachting heeft neerslag, verdamping en wegzijging een groter effect op de freatische grondwaterstand dan de grondwaterstroming. Bovendien is de grondwaterstroming gering, vanwege de geringe doorlatendheid van de deklaag.

Indien de grondwaterstroming in de freatische toplaag en de Duinkerke zandlaag buiten verwachting toch groot is en toch volledig haaks staat op wand van de tunnel, bestaat er mogelijk risico op verhoging van de freatische grondwaterstand aan de oostzijde van de tunnel en verlaging aan de westzijde. Deze verhoging en verlaging zullen minimaal zijn en eenvoudig te ondervangen door een simpele ontwerpmaatregel zoals de aanleg van een watergang of drain. Gezien de onzekerheid in bodemopbouw en geohydrologische parameters, kan in deze studie alleen een kwalitatief oordeel worden gegeven over het vergelijken van de alternatieven. Indien effecten optreden, zullen ze groter zijn naarmate de tunnel langer is. *Echter, de eenvoudige ontwerpmaatregelen vallen naar verwachting binnen de voorgenomen activiteit. Er is daarom geen onderscheid voor de verschillende alternatieven. Ze worden daarom beoordeeld met '0'.*

De parkeerkelders zullen eerder een obstructie kunnen vormen voor de grondwaterstroming, aangezien deze loodrecht op de richting van de grondwaterstroming worden aangelegd. Hierdoor kan aan de zuidzijde van de parkeerkelders de stijghoogte worden verhoogd en aan de noordzijde worden verlaagd. Voor de beoordeling van de effecten aan de hand van de gestelde criteria zijn met name de verschillen tussen de alternatieven van belang. In alle alternatieven is een noordelijk gelegen parkeerkelder en een zuidelijk gelegen parkeerkelder opgenomen. Ter plekke van de noordelijke parkeerkelder bevindt zich een zandgeul met de top op gemiddeld NAP -7 m en de bodem gemiddeld op NAP -17 m. Deze zandgeul zal in geen van de alternatieven zoveel geblokkeerd worden, dat meetbare effecten te

verwachten zijn op grondwaterstroming, grondwaterstanden en stijghoogten (lit 12.). In het gehele traject bevindt zich op een diepte variërend van circa NAP -3 m tot NAP -5 m de Duinkerke zandlaag met een dikte van ca 1 meter. In deze zandlaag zal de blokkering en daarmee het wijzigen van grondwaterstroming, grondwaterstanden en stijghoogten per alternatief verschillen. Naar verwachting zijn de effecten voor alle alternatieven niet meetbaar en dus niet onderscheidend. Het verdient aanbeveling om in de ontwerpfase een nader onderzoek te doen naar de effecten. Mochten er toch effecten optreden, dan kunnen deze met een eenvoudige ontwerpmaatregelen, zoals bijvoorbeeld drainage, worden opgeheven.

De permanente constructie van de tunnelwand bestaat uit diepwanden tot in het Pleistocene zand. Deze diepwanden zijn niet geheel waterdicht. Er bestaat kans op enige lekkage door de tunnelwand heen. Ervaring met soortgelijke constructies, bijvoorbeeld in het kader van de aanleg van de HSL, leidt tot de conclusie dat de lekkage door diepwanden dermate klein is, dat geen beïnvloeding van de grondwaterstand of stijghoogten in de omgeving te verwachten is. Dit is in tegenstelling tot het gebruik van tijdelijke damwanden.

Aangezien er naar verwachting slechts minimale veranderingen optreden in stijghoogten, grondwaterstanden en verandering van grondwaterstromingsrichting, zijn er geen negatieve effecten op de mogelijk in de omgeving aanwezige bestaande grondwatersaneringen en koude warmteopslagen te verwachten. Daarnaast zullen er geen effecten optreden ten aanzien van, de omliggende bebouwing, de onttrekking van DSM Gist en de ligging van het zoet/zout grensvlak.

Voor het criterium zetting als gevolg van waterstandverandering geldt dat dit actueel is wanneer ook daadwerkelijk een verandering in waterstand verwacht wordt. Uit de hier gepresenteerde analyse volgt dat geen verandering in waterstand verwacht wordt, derhalve wordt geen zetting verwacht. Mocht dit toch het geval zijn dan zal het effect bij de lange tunnel groter zijn dan bij de korte alternatieven. Echter, door eenvoudige ontwerpmaatregelen die naar verwachting vallen binnen de voorgenomen activiteit, zullen deze effecten worden opgeheven. Voor het criterium zetting door ophoging is van belang of grootschalige ophogingen aangebracht worden. In de analyse is kwalitatief en op basis van argumenten een oordeel gegeven over het onderscheidend vermogen van de alternatieven op dit gebied. Uiteraard is het mogelijk om zettingen te berekenen. Echter, de bovenste meters van de bodem, de belangrijkste bij een zettingberekening, zijn dusdanig heterogeen dat het detailniveau voor een dergelijke exercitie op dit moment ontbreekt.

Een mogelijke stopzetting of vermindering van de onttrekking bij DSM Gist kan leiden tot een verandering van grondwaterstanden, stijghoogten en stromingsrichting. Deze veranderingen zijn moeilijk in te schatten. Bovendien is het onzeker of deze effecten onderscheidend zullen zijn voor de verschillende alternatieven.

5.2. Geotechniek

Een belangrijke oorzaak voor zettingen zijn veranderingen in grondwaterstroming en stijghoogten. De waterstandsverandering, zoals deze in de voorgaande paragraaf is beschreven, is dermate klein en lokaal dat deze geen additionele zettingen tot gevolg zal hebben. Ook is aangegeven dat in het niet waarschijnlijke geval dat de grondwaterstroming loodrecht op de tunnel is, de mogelijkheid bestaat dat grondwaterstandverandering optreedt, hetgeen zetting tot gevolg kan hebben. Indien deze effecten optreden, zullen ze groter zijn naarmate de tunnel langer is. Echter, binnen de voorgenomen activiteit zullen deze effecten worden gecompenseerd door een eenvoudige ontwerpmaatregel, zoals de aanleg van drainage langs de tunnel. De alternatieven zijn op dit punt dus niet onderscheidend.

Een tweede oorzaak voor het optreden van zettingen is het aanbrengen van belastingen op of het opheffen van het maaiveld. Hiervan is geen sprake bij de aanleg van de spoortunnel. Bij de aanleg van de OV-knoop en in de stedenbouwkundige plannen zijn geen grootschalige ophogingen dicht bij bestaande en blijvende bebouwing voorzien.

In het zuidelijk en noordelijk deel van het plangebied worden twee treinsporen naast het bestaande spoor worden gelegd. Het noorden is voor alle alternatieven gelijk. In het zuiden is wel een verschil tussen de lange en de alternatieven met een korte tunnel. Bij een alternatieven met een korte tunnel is de

maaiveld ligging in het zuiden langer dan bij de alternatieven met een lange tunnel. Echter, het huidige maaiveld is direct ten zuiden van de Prinses Irenetunnel voor viersporigheid al op het juiste peil. Dit betekent dat de additionele ophoging in dit gebied zeer gering is, waardoor de alternatieven op dit punt niet onderscheidend zijn.

De tunnelmond bij de alternatieven met een korte tunnel zal worden gebouwd zonder dat hier groot-schalige ophoging plaats zal vinden. Mocht hier toch ophoging plaatsvinden, dan gebeurt dit in een gebied dat herontwikkeld wordt. Er is dan geen sprake van bestaande bebouwing, deze is immers verwijderd. Nieuwe bebouwing zal op palen gefundeerd worden, zodat deze geen invloed van een zakkend maaiveld ondervinden. Daarnaast is voornamelijk verdieping van het huidige maaiveld voorzien. Dit zal geen zettingen tot gevolg zal hebben.

5.3. Bodem

grondbalans en hoeveelheid verontreinigde grond

Om inzicht te krijgen in de hoeveelheid en kwaliteit van de vrijkomende grond, en dus in de mogelijke toepasbaarheid ervan elders, zijn voor de verschillende alternatieven de vrijkomende hoeveelheden berekend per grondsoort en per kwaliteitsklasse. Hierbij is uitgegaan van de huidige (verontreinigings-) situatie, voor zover dit bekend is geworden uit het historisch onderzoek.

Ter indicatie van de aard en kwaliteit van het materiaal dat vrijkomt bij de werkzaamheden zijn de navolgende uitgangspunten gehanteerd:

- stedelijke ophooglaag:
 - er wordt uitgegaan van een stedelijke zandige ophooglaag met een dikte van 3 m. In deze ophooglaag bevinden zich antropogene bijmengingen (puin e.d.);
 - de ophooglaag is licht tot sterk verontreinigd met zware metalen en PAK. Uit een uitloogonderzoek (lit 27.) is gebleken dat in principe weinig tot geen uitloging optreedt uit deze laag. Deze grond wordt daarom hoofdzakelijk als categorie I-grond beschouwd, dat volgens het Bouwstoffenbesluit toepasbaar is in een werk;
 - uit historisch onderzoek blijkt dat er lokaal sprake is van de aanwezigheid van bodemverontreiniging, voornamelijk met minerale olie/vluchtige aromaten, zware metalen en PAK's;
- ondergrond:
 - alle vrijkomende grond vanaf 3 m-mv wordt ingeschat als schoon (multifunctioneel toepasbaar). Dit is een best-case scenario;
 - op basis van geologische profielen wordt ingeschat dat circa 75 % kleiig materiaal, 20 % zandig materiaal en 5 % veen wordt ontgraven. Het ontgraven veen wordt als niet toepasbaar beoordeeld.

De aanleg van de spoortunnel heeft tot gevolg dat de bodem ontgraven wordt tot een diepte van maximaal ca. 11 m-mv. Hiermee wordt alle binnen de inpassingszone aanwezige verontreinigde grond ontgraven. De stedelijke ontwikkelingsplannen van de gemeente Delft (woningen, kantoren, parkeerterreinen, aanleg waterpartijen e.d.) hebben tot gevolg dat de bodem vergraven wordt tot een maximale diepte van ca. 8 m-mv. In bijlage IV zijn tekeningen opgenomen waarin per alternatief is aangegeven waar ontgraven wordt en tot welke diepte.

Per alternatief is berekend hoeveel grond er vrijkomt. Tevens is ingeschat wat de kwaliteit van de vrijkomende grond is. De gegevens zijn samengevat in tabel 5.1. In tabel 5.2. wordt aangegeven welke hoeveelheden grond er zijn, opgesplitst naar de aard en de kwaliteit. Vervolgens wordt in tabel 5.3 inzicht gegeven in de hergebruikmogelijkheden van de vrijkomende grond. De in deze beide tabellen gepresenteerde hoeveelheden omvatten het gehele projectgebied: dit betreft dus zowel de spoortunnel als de voorgenumen stedelijke ontwikkelingen.

Tabel 5.1. Indicatie hoeveelheden vrijkomende grond

alternatief	bovengrond: zand+antropogene bijmengingen (m ³)	ondergrond (schoon) (m ³)	totaal (m ³)
LON	490.000	710.000	1.190.000
LOZ	470.000	710.000	1.180.000
LWN	470.000	640.000	1.110.000
LWZ	455.000	635.000	1.090.000
KWZ	320.000	280.000	600.000
LWN+VLS	410.000	554.000	964.000
LWZ+VLS	41.000	555.000	960.000
KWZ+VLS	280.000	210.000	490.000

Tabel 5.2. Indicatie hoeveelheden vrijkomende grond naar aard en kwaliteit grond

alternatief	bovengrond: zand+antropogene bijmengingen (m ³)		ondergrond (schoon) (m ³)		
	sterk verontreinigd	categorie I-II	zand	klei	veen
LON	48.000	432.000	142.000	532.500	35.500
LOZ	47.000	423.000	142.000	532.500	35.500
LWN	47.000	423.000	128.000	480.000	32.000
LWZ	45.500	409.500	127.000	476.250	31.750
KWZ	32.000	288.000	56.000	210.000	14.000
LWN+VLS	41.000	369.000	110.800	415.500	27.700
LWZ+VLS	41.000	369.000	110.000	412.500	27.500
KWZ+VLS	28.000	252.000	42.000	157.500	10.500

Tabel 5.3. Indicatie toepasbaarheid vrijkomende grond

alternatief	reinigen/verwerken		categorie I-II		schoon		veen ¹	
	m ³	% ²	m ³	% ²	m ³	% ²	m ³	% ²
LON	48.000	4 %	432.000	36 %	674.500	57 %	39.250	3 %
LOZ	47.000	4 %	423.000	36 %	674.500	57 %	35.500	3 %
LWN	47.000	4 %	423.000	38 %	608.000	55 %	32.000	3 %
LWZ	45.500	4 %	409.500	38 %	603.250	55 %	31.750	3 %
KWZ	32.000	5 %	288.000	48 %	266.000	44 %	14.000	2 %
LWN+V	41.000	4 %	369.000	38 %	526.300	55 %	27.700	3 %
LS								
LWZ+V	41.000	4 %	369.000	38 %	522.500	54 %	27.500	3 %
LS								
KWZ+V	28.000	6 %	252.000	51 %	199.500	41 %	10.500	2 %
LS								

1 Het vrijkomende veen is in deze tabel als aparte hoeveelheid opgenomen, omdat dit na ontgraven niet of moeilijk toepasbaar is.

2 Het in deze tabel gepresenteerde % is een percentage van de totale hoeveelheid vrijkomende grond

Uit bovenstaande tabellen blijkt dat uit de indicatieve berekeningen volgt dat er bij de alternatieven met een korte tunnel circa 45% minder grond vrijkomt dan bij de alternatieven met een lange tunnel (hierbij zijn LWZ en KWZ vergeleken). Bij de alternatieven met behoud van de panden aan de Van Leeuwenhoeksingel wordt eveneens minder grond ontgraven dan bij de alternatieven waarbij de panden aan de Van Leeuwenhoeksingel worden gesloopt. Dit bedraagt zo'n 12-13% minder voor de alternatieven met een lange tunnel en 19% minder voor de alternatieven met een korte tunnel. De totale hoeveelheden vrijkomende grond lopen uiteen van 490.000 m³ voor het alternatief met een korte tunnel en behoud

van de panden aan de Van Leeuwenhoeksingel en 1.190.000 m³ grond voor het alternatief met een lange tunnel, een oostelijk tracé en een noordelijk station.

De hoeveelheid verontreinigde grond die vrijkomt is eveneens kleiner bij de alternatieven met een korte tunnel dan bij de alternatieven met een lange tunnel. In absolute hoeveelheden lopen deze hoeveelheden uiteen tussen 28.000 m³ voor het alternatief met een korte tunnel en behoud van de panden aan de Van Leeuwenhoeksingel en 48.000 m³ grond voor het alternatief met een lange tunnel, een oostelijk tracé en een noordelijk station. Procentueel liggen de waarden niet ver uit elkaar; resp. 4 en 6% van de totale hoeveelheid ontgraven grond.

In tabel 5.4. en tabel 5.5. is aangegeven hoe groot het aandeel van de aanleg van de spoortunnel op de totale hoeveelheid te ontgraven grond is (spoortunnel en stedenbouwkundige ontwikkeling).

Tabel 5.4. Hoeveelheid vrijkomende grond ten behoeve van de tunnel

alternatief	totaal hoeveelheid grond (m ³)	% van totale ontgraving
beide LO-alternatieven	775.917	65
alle LW-alternatieven	655.253	59
alle LW+VLS-alternatieven	655.253	68
KWZ+VLs	194.950	40
KWZ	194.950	31

Tabel 5.5. Indicatie toepasbaarheid vrijkomende grond tunnel naar aard en kwaliteit

alternatief	Reinigen/ verwerken		categorie I-II		schoon		niet toepasbaar (veen)	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%
beide LO-alternatieven	22.695	3	204.254	26	521.520	67	27.448	4
alle LW-alternatieven	19.246	3	173.211	26	439.657	67	23.140	4
alle LW+VLS-alternatieven	19.246	3	173.211	26	439.657	67	23.140	4
KWZ+VLs	8.210	4	73.889	38	107.209	55	5.643	3
KWZ	8.210	4	73.889	38	107.209	55	5.643	3

Uit de bovenstaande tabellen blijkt dat de ontgravingswerkzaamheden voor de tunnel bij de lange alternatieven ongeveer 2/3 en bij de korte alternatieven ongeveer 1/3 van het totaal uitmaken. De overige hoeveelheden te ontgraven grond komen vrij in het kader van de aanleg van parkeerkelders, water, het stationsgebouw e.d. Er komt voor de aanleg van de tunnel relatief minder categorie I of II-grond I-II-grond en meer schone (onder-)grond vrij ten opzichte van de totale ontgravingswerkzaamheden binnen het studiegebied.

kwaliteit achterblijvende grond

Door de aanleg van de spoortunnel en de stedelijke ontwikkelingsplannen vindt met name ontgraving plaats in dat gedeelte van de bodem waarin zich de meeste gevallen van bodemverontreiniging bevinden (stedelijke ophooglaag en de laag waarin puntbronnen voor bodemverontreiniging aanwezig zijn). Door deze bodemlaag te verwijderen, worden de aanwezige verontreinigingen verwijderd. De achterblijvende bodem wordt als 'schoon' beoordeeld. Aangezien er voor alle alternatieven grondverzet in de bovenste (verontreinigde) bodemlaag plaatsvindt geldt dat de achterblijvende grond schoner is ten opzichte van de huidige situatie. Wel wordt er in de alternatieven met een lange tunnel meer verontreinigde grond verwijderd en is het oppervlak van de achterblijvende –schone- grond groter.

5.4. Resumé beoordeling

In de navolgende tabel zijn de effecten voor het thema bodem en grondwater uitgedrukt in kwalitatieve scores (-- = zeer negatief, - = negatief, 0 = neutraal, + = positief en ++ = zeer positief).

Tabel 5.6. Overzicht van de milieugevolgen voor bodem- en grondwater

beoordelingscriterium	LON	LOZ	LWN	LWZ	KWZ	LWN +VLS	LWZ+ VLS	KWZ +VLS
<i>geohydrologie</i>								
- verandering stijghoogte, grondwaterstand	0	0	0	0	0	0	0	0
- gevolgen voor omliggende bebouwing	0	0	0	0	0	0	0	0
- verlaging stijghoogte bij DSM	0	0	0	0	0	0	0	0
- verplaatsing zoet/zout grensvlak	0	0	0	0	0	0	0	0
- verandering stromingsrichting	0	0	0	0	0	0	0	0
- verandering rendement bestaande saneringen	0	0	0	0	0	0	0	0
- verandering rendement bestaande koude warmte opslag	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Geotechniek</i>								
- zetting als gevolg van verandering in grondwaterstand	0	0	0	0	0	0	0	0
- zetting als gevolg van aanbrengen van belasting	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bodem</i>								
- hoeveelheid verontreinigde grond ¹	48.000 (--)	47.000 (--)	47.000 (--)	45.500 (--)	32.000 (-)	41.000 (--)	41.000 (--)	28.000 (-)
- grondbalans	0	0	0	0	0	0	0	0
- kwaliteit achterblijvende grond	++	++	++	++	+	++	++	+
totaal (ongewogen)	++	++	++	++	+	++	++	+

1 = indicatie hoeveelheid verontreinigde grond die vrijkomt per alternatief, uitgedrukt in m³ en tussen (--) de kwalitatieve score

Uit tabel 5.6. blijkt dat alle alternatieven, evenals de referentiesituatie, op de aspecten geohydrologie en geotechniek neutraal zijn beoordeeld.

Naar verwachting zullen er geen veranderingen optreden in grondwaterstromingsrichting, grondwaterstanden en/of stijghoogten.

Een verandering van de stijghoogte kan gevolgen hebben op de verplaatsing van het zoet/zout grensvlak en de bestaande onttrekking bij DSM Gist en de omliggende bebouwing in en rondom de Spoorzone. Verandering van grondwaterstromingsrichting kan leiden tot de verandering van het rendement van bestaande saneringen en koude-warmte opslagen. Ook op deze (afgeleide) criteria worden geen wijzigingen verwacht.

Aangezien er daarbij ook geen grootschalige ophogingen zijn gepland, zijn er ook geen zettingen te verwachten.

Tijdens de aanleg van de Spoorzone komen grote hoeveelheden grond vrij. Uit de berekeningen in dit MER blijkt dat erbij de alternatieven met de korte tunnel de kleinste hoeveelheid verontreinigde grond vrijkomt. Deze hoeveelheden uiteen tussen 28.000 m³ voor het alternatief met een korte tunnel en behoud van de panden aan de Van Leeuwenhoeksingel en 48.000 m³ grond voor het alternatief met een lange tunnel, een oostelijk tracé en een noordelijk station. Procentueel liggen de waarden niet ver uit elkaar; te weten 4% van de totale hoeveelheid ontgraven grond voor het alternatief met een korte tun-

nel en behoud van de panden aan de Van Leeuwenhoeksingel versus 6% van de totale hoeveelheid ontgraven grond voor het alternatief met een lange tunnel, een oostelijk tracé en een noordelijk station.

De grondbalans is niet sluitend; er komt relatief veel meer grond vrij bij de aanleg van de tunnel dan dat er grond kan worden toegepast in het project. Toch wordt de grondbalans hier neutraal beoordeeld, aangezien de schone of Bsb categorie I/II grond grond gebruikt kan worden in het nabijgelegen Technopolis Business Park (ophogen).

Het criterium achterblijvende grond levert eveneens een verschil op tussen de alternatieven. Immers, in de alternatieven met een lange tunnel wordt meer verontreinigde grond verwijderd dan in de alternatieven met een korte tunnel. In beide gevallen treedt er een verbetering op ten opzichte van de referentiesituatie, aangezien de verontreinigingen die nu aanwezig zijn in bodem worden verwijderd.

5.5. Optimalisatiemogelijkheden

De vrijkomende schone grond kan in een depot opgeslagen worden om later weer binnen de spoorzone toegepast te worden, afhankelijk van de gekozen alternatief. Voor de toepassing kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de opvulling van de Prinses Irenetunnel, of ophoging van het maaiveld in delen van het plangebied. Het werken met een volledig gesloten grondbalans binnen het studiegebied lijkt vooralsnog niet mogelijk, maar op deze wijze worden de vrijkomende gronden beter toegepast.

6. LEEMTEN IN KENNIS EN INFORMATIE

De beoordeling van de bodemkwaliteit berust op een inschatting op basis van de beschikbare informatie. De thans beschikbare informatie geeft slechts in beperkte mate inzicht in de milieuhygiënische kwaliteit van de bodem en de omvang van de bodemverontreinigingen. Bodemkwaliteitsgegevens zijn nog niet beschikbaar voor het gehele studiegebied en een aantal potentieel verontreinigde locaties is nog niet onderzocht. Bovendien is van een aantal verontreinigde locaties de omvang van de verontreinigingen niet geheel vastgesteld.

Wat betreft de geohydrologie ontbreekt er meer gedetailleerde informatie omtrent freatische grondwaterstanden en stromingsrichting. Resultaten van het grondwatermeetnet zijn nog niet beschikbaar. Indien deze informatie wel voorhanden zou zijn geweest zou dit meer inzicht in het grondwatersysteem hebben gegeven. Met gedetailleerdere informatie kunnen aanvullende berekeningen worden uitgevoerd waarbij de orde van grootte van het effect kan worden bepaald. Het detailniveau van aanvullende berekeningen is echter niet zo nauwkeurig dat onderscheidende effecten voor de verschillende alternatieven kunnen worden bepaald.

7. LITERATUURLIJST

1. Grondwaterkaart van Nederland, 1993, dienst grondwaterverkenning TNO.
2. Geologische kaart van Nederland, 1979, Rijksgeologische Dienst.
3. Geohydrologische inventarisatie Binnenstad Delft, 1995, Wareco Amsterdam BV.
4. Trechternotitie, 2002, DHT rail, TCE, Benthem Crouwel.
5. Voorontwerp van de spoorzone Delft, geologische en bodeminformatie uit literatuur.
6. Vierde nota Waterhuishouding, ministerie van V&W.
7. Grondwater beheersplan 2001-2005, 2001, Provincie Zuid-Holland.
8. Beleidsplan Milieu en Water 2000-2004, Provincie Zuid-Holland.
9. Regionaal Milieu beleidsplan 2 1999-2003, Stadsgewest Haaglanden.
10. Waterplan Delft: een blauw netwerk, 2002, gemeente Delft, Cluster Wijk- en Stadszaken, Sector Duurzaamheid, vakteam Milieu en Hoogheemraadschap van Delfland.
11. Waterbeleid voor de 21^e eeuw, geef water de ruimte en de aandacht die het verdient, Advies van de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw., 2000.
12. Barrièrewerking van ondergrondse bouwdelen, Geotechniek 2001, speciale uitgave voor de geotechniekdag 2001.
13. Wareco, Nader onderzoek grondwateroverlast Binnenstad Delft, Fase I: Technische Analyse. Eerste tussenrapportage: Overzicht gegevens en probleemanalyse. 1999.
14. Gemeente Delft, 19 september 2002, memo gegevens bodempeilzakkingen.
15. DTB (DHT-Rail, TCE, Benthem Crouwel) Geotechnische Uitgangspunten fase 2, Voorontwerp van de spoorzone Delft, 2003.
16. Wet Milieubeheer, Stb. 2001, 2001.
17. Wet bodembescherming, 30 januari 2002.
18. Bouwstoffenbesluit - Bodem en oppervlaktewaterbescherming, VROM, 2000.
19. Provinciale Milieuverordening Provincie Zuid-Holland, 2000.
20. Leidraad bodembescherming, juni 2002.
21. IPO, Interprovinciale rapportage 2001, Milieu, Water, Landbouw en Natuur.
22. Beleidsplan Milieu en Water 2000-2004, Provincie Zuid-Holland, oktober 2000.
23. Nota Koersbepaling: Kiezen of delen?, Integrale herziening Streekplan Zuid-Holland West, Gedeputeerde Staten van Zuid-Holland, mei 2001.

24. Op grond van kwaliteit: Nota uitwerking bodembeleid Haaglanden (NUBOH), Stadsgewest Haaglanden, juni 2000.
25. Handboek Bodem gemeente Delft, De Straat Milieu-adviseurs en de gemeente Delft, 7 augustus 2002.
26. Gezamenlijk bodemsaneringsbeleid (BOBEL 3), definitief concept, d.d. 23 september 2002, versie 5, Provincie Zuid-Holland, gemeenten Den Haag, Rotterdam, Dordrecht, Leiden en Schiedam.
27. Nationaal milieubeleidsplan 4 (NMP4): een wereld en een wil, werken aan duurzaamheid, Ministerie van VROM, 2001.
28. Verkennende studie naar de kwaliteit van de grondstromen die vrijkomen bij de aanleg van de spoortunnel te Delft, De Straat Milieu-adviseurs, projectnummer BOOA0691, d.d. 7 december 2000.
29. Oriënterend bodemonderzoek NS-emplacement Delft, Geocode 112, KM 69.200-70.900, De Spoorwegcombinatie, rapportnummer B0034015/108T, 17 januari 2002.
30. Iwaco, 25 mei 1999. Effecten van stopzetten grootschalige onttrekkingen in de provincie Zuid-Holland. Eindrapportage in opdracht van Provincie Zuid-Holland.