

NAUWKEURIG BEPALEN VAN GRONDVERZET OP BASIS VAN CAD ONTGRAVINGSPROFIELEN EN GIS

Een haalbaarheidsstudie

J.E. Stoter
TU Delft
November 2001

Betrokken medewerkers van de Bouwdienst:
E.Mahlmann
W.Verbruggen

ISSN: 1569-0245

© 2001 Section GIS technology
TU Delft, Faculty of Civil Engineering and Geosciences
Thijssseweg 11, 2629 JA Delft, the Netherlands
Tel: +31 (0)15 278 1701; Fax 015-278 2745; E-mail: gist@tudelft.nl

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or incorporated into any information retrieval system without written permission from the publisher.

The Section GIS technology accepts no liability for possible damage resulting from the findings of this research or the implementation of recommendations.

INHOUD

1.	INLEIDING	3
2.	NADERE BESCHRIJVING VAN DE 3D VOLUMEBEREKENING	4
3.	HUIDIGE WERKMETHODEN EN TOEKOMSTIGE WENSEN BIJ DE BOUWDIENST	5
4.	HUIDIGE WERKMETHODE BIJ DE HSL	8
5.	HUIDIGE WERKMETHODE BIJ DIRECTIE ZUID-LIMBURG, PROJECT MAASWERKEN	9
6.	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	11
	BIJLAGE A	13

NAUWKEURIG BEPALEN VAN GRONDVERZET OP BASIS VAN CAD ONTGRAVINGSPROFIELEN EN GIS

EEN HAALBAARHEIDSSSTUDIE

1. INLEIDING

Voor de kostenraming bij de aanleg van sluizen en tunnels door de Bouwdienst van Rijkswaterstaat is het belangrijk om volumes grondstromen goed in kaart te kunnen brengen, zo nodig gespecificeerd in verontreinigingsklassen (0 tot 4) of in grondsoort met het oog op mogelijk hergebruik van de grond. De volumes dienen zo nauwkeurig mogelijk bepaald te worden, omdat de kosten die gemoeid zijn met het afgraven van de (vervuilde) grond en daarmee de gevolgen van misschattingen aanzienlijk kunnen zijn.

Één van de methodes, die momenteel worden gebruikt om de hoeveelheid af te graven grond te bepalen uitgesplitst naar klasse vervuilde grond, zijn gebaseerd op 2D technische lengte- en dwarsprofielen. Om de hoeveelheid af te graven grond nauwkeuriger te kunnen bepalen, kan worden gezien of een 3D benadering, waarbij hoeveelheden af te graven grond bepaald worden aan de hand van CAD modellen van de ontwerpen en 3D modellen van de ondergrond, verbetering zou opleveren.

De vraag is in hoeverre de Bouwdienst een nauwkeurige methode nodig heeft om volumes grond te bepalen uitgesplitst naar vervuiliingsklasse en/of grondsoort. Daarom is een haalbaarheidsstudie uitgevoerd voor dit 'hoeveelheden GIS/CAD' project. Hiervoor zijn mensen van verschillende afdelingen bij de Bouwdienst geïnterviewd. In deze interviews is ingegaan op de wensen en mogelijkheden en ook op de huidige werkmethoden en de knelpunten daarbij betreffende het berekenen van hoeveelheden grond. De verslagen van de gesprekken zijn bijgevoegd in Bijlage A. Een samenvatting van de interviews is beschreven in paragraaf 3. Daarnaast is er gekeken wat de huidige werkmethode is bij de HSL voor het berekenen van de hoeveelheid af te graven grond (paragraaf 4). Ook is er gekeken naar ontwikkelingen bij de Directie Limburg Maaswerken waar men al bezig is geweest met het ontwikkelen van een methodiek om hoeveelheden grondstromen beter en eenduidiger te kunnen vaststellen (paragraaf 5). In paragraaf 6 zijn de conclusies en aanbevelingen voortkomend uit deze haalbaarheidsstudie vermeld. In de volgende paragraaf zal eerst het proces van 3D volumeberekening nader worden beschreven.

Aanverwante projecten

Een technische voorstudie is in 1998 reeds uitgevoerd door de Bouwdienst. De bevindingen hiervan zijn te vinden in: "Computermodel grondverzet" door B. van der Wolf.

Een ander project dat afgelopen zomer gestart is houdt zich bezig met het kubereren bij de verschillende regionale directies. Een werkgroep heeft een plan van aanpak "Efficiënt kubereren" opgesteld (Swanenberg en Van Dam) om de gangbare oplossingen en bijbehorende problemen in beeld te brengen waarna oplossingsrichtingen zullen worden geformuleerd.

Walter Nieman van de Bouwdienst, afdeling Natte infrastructuur en constructies heeft in januari 2001 het rapport "Terreinmodellen en grondverzet" geschreven waarin hij de beschikbare hulpmiddelen binnen de Bouwdienst voor het bepalen van hoeveelheden (vervuilde) grond uiteenzet.

2. NADERE BESCHRIJVING VAN DE 3D VOLUMEBEREKENING

De volumeberekening in een 3D omgeving kan in vier stappen worden onderverdeeld:

1. het verkrijgen van veldgegevens over de ondergrond;
2. het ontwikkelen van een volledig 3D geografisch model van de verontreinigingen op basis van de veldgegevens;
3. het ontwikkelen van een 3D model met de (relevante) omtrek van het betreffende object: het ontgravingsmodel;
4. de kubeeroperatie waarbij de gegevens uit stap 1, 2 en 3 worden gecombineerd, zodat volumeberekeningen kunnen worden uitgevoerd voor het af te graven object..

Ad 1. Het verkrijgen van veldgegevens over de ondergrond

Hoe groter de dichtheid van boringen, hoe groter de potentiële kwaliteit van een 3D model van de ondergrond dat op basis van deze gegevens wordt vervaardigd. Een te hoge dichtheid moet echter vermeden worden i.v.m. te hoge kosten. Het is daarom van belang een optimaal boorplan te kunnen vervaardigen, ten einde een zo goed mogelijk 3D geografisch model van de ondergrond te kunnen maken tegen zo laag mogelijke kosten. Ook de methode om het 3D model op basis van de veldgegevens te genereren dient zo optimaal mogelijk te zijn. Stap 1 en 2 interacteren met elkaar: het bemonsteringsplan kan in een iteratief proces worden aangepast aan de hand van het ontwikkelde model van de ondergrond. Op deze manier kan een optimaal model van de ondergrond worden vervaardigd met behulp van het juiste bemonsteringsplan.

Ad 2. Ontwikkelen van een volledig 3D geografisch model van de verontreinigingen

Geografisch betekent in dit geval: coördinaten bekend in de ‘echte’ wereld (2D rijksdriehoeksmeting + 1D NAP).

De mogelijkheden hiervoor dienen nog nader onderzocht te worden. Echter het is zeer waarschijnlijk dat dit 3D model benaderd zal moeten worden met een combinatie van 2½D modellen in een GIS (zie hiervoor ook het rapport: “Computermodel en grondverzet”, B. van der Wolf, oktober, 1998).

De benodigde 2½ D lagen zijn:

- ligging maaiveld;
- ligging grenzen van de vervuilingen/grondsoorten.

De 2½D lagen kunnen verkregen worden door interpolatie van puntgegevens van de verschillende grenzen.

Ad 3. Ontwikkelen van een 3D model met de omtrek van het betreffende object: ontgravingsmodel

In dit proces is het efficiënt CAD-ontwerpen als uitgangspunt te nemen en op basis hiervan ontgravingsmodellen te genereren. Belangrijke vragen in dit proces zijn:

- wat zijn de gangbare ontwerppakketten binnen RWS;
- wat zijn relevante kenmerken in de ontwerpen (formaat, gedefinieerde objecten, gebruikte 3D primitieven);
- op welke manier kan het ontwerp benaderd worden door één object (ontgravingsmodel);

- met welk pakket of op welke manier vindt het kubereren plaats;
- wat zijn de specificaties van het ontgravingsmodel om direct als input te kunnen dienen voor de kubeeroperatie;
- het ontgravingsmodel moet te combineren zijn met de gegevens gegenereerd bij stap 1, wat zijn de randvoorwaarden voor deze combinatie:
 - zelfde geografische coördinatenstelsel;
 - formaat (vector, TIN);
 -
- op welke manier kunnen de CAD-ontwerpen op basis van de opgestelde specificaties worden omgezet in bestanden die bruikbaar zijn voor het kubereren.

Nadat deze vragen beantwoord zijn, zal een werkproces moeten worden opgesteld, om de digitale CAD-ontwerpen om te zetten naar voor het kubereren bruikbare ontgravingsmodellen. Dit zal bestaan uit:

- objectvorming en selecteren van de relevante objecten;
- bepalen van begrenzing;
- indien nodig omzetten naar RD-NAP coördinaten;
- omzetten naar bestand dat als input kan dienen voor kubereren: dit bestand zal wat formaat betreft zo generiek zijn, dat het ook kan dienen voor andere doeleinden.

Ad 4. Kubeerproces

Het samenvoegen van de informatie verkregen in 1, 2 en 3, waarna per klasse kan worden berekend wat de hoeveelheid grond is die afgegraven moet worden voor het betreffende object (eigenlijk een soort 3D map overlay).

3. HUIDIGE WERKMETHODEN EN TOEKOMSTIGE WENSEN BIJ DE BOUWDIENST

Uit de interviews is een aantal belangrijke punten naar voren gekomen betreffende de wensen om hoeveelheden af te graven grond uitgesplitst naar verontreinigingsklassen en/of grondsoort nauwkeuriger te bepalen. Deze punten zullen in deze paragraaf worden beschreven.

Hoe vindt op dit moment het kubereren plaats?

In de voorfase van projecten wordt het kubereren door de Bouwdienst uitgevoerd, tijdens het uitvoeren van projecten door de aannemers. Kuberingen worden binnen de bouwdienst zeer gevarieerd uitgevoerd. De Bouwdienst heeft geen speciale software om grondverzet te berekenen, al is die wel aanwezig op de markt.

Een veel gebruikte methode bij de Bouwdienst is om DTMs van de ondergrond te vervaardigen op de GIS afdeling of door middel van Land Development Desktop (LDD) van Autodesk, afhankelijk van wie er tijd heeft. LDD is een programma om DTMs van elkaar af te trekken en zo volumes te berekenen. Ontwerpen zijn in te brengen als breaklines van de DTMs. Op basis van de DTMs worden er in GIS of CAD volumebepalingen uitgevoerd. De wijze waarop dit gebeurt is niet vastgelegd en daarom variëren de methodes per project en per persoon die de kuberingen uitvoert en daarmee ook de resultaten.

Om de resultaten van berekeningen minder afhankelijk te maken van het type project of de uitvoerder heeft de afdeling Tunnelbouw sinds 5 jaar een eigen applicatie ontwikkeld in Visual Basic (BDgrond) dat op basis van het geo-technisch lengteprofiel volumebepalingen uitvoert door middel van lineaire interpolaties (de grond wordt in de dwarsrichting homogeen verondersteld).

Bij de afdeling Natte infrastructuur en constructies worden de kuberingen handmatig uitgevoerd op basis van analoge dwarsprofielen van het ontwerp en tekeningen van de ondergrond.

Wat zijn de problemen van de huidige werkzaamheden?

Het overkoepelende probleem is het ontbreken van een eenduidige methodiek om kubeeroperaties uit te voeren. Dit zorgt ervoor dat het kubereren binnen ieder afzonderlijk project op een andere manier wordt uitgevoerd, afhankelijk van de beschikbare mensen, kennis en software. Resultaten zijn daarom niet nauwkeurig, niet reproduceerbaar en dus niet altijd even betrouwbaar.

Nadeel van het gebruik van LDD is dat een kubeeroperatie veel tijd kost, maar nog meer dat deze programmatuur suggereert nauwkeurige volumes te kunnen berekenen, terwijl het resultaat afhankelijk is van de invoer. Deze invoer bezit in de meeste gevallen geen grote nauwkeurigheid. Het is volgens de LDD deskundige daarom vaak beter op basis van dwarsprofielen volumes te berekenen. Dat is eenvoudiger en ook vaak de meest nauwkeurige informatie die aanwezig is. Het heeft dan geen zin complexere modellen te genereren. De volumes in LDD zijn via 4 verschillende methodes te bepalen, die alle tot een ander resultaat leiden en waarvan niet duidelijk is welke methode de 'beste' is. In de praktijk blijkt dat ook de aannemers vaak met andere getallen komen. Het is moeilijk te achterhalen wie er dan gelijk heeft. Ook is het moeilijk te voorspellen wat er gebeurt bij overgangen en bij de randen waar geen gegevens over bekend zijn. Omdat een kubeeroperatie met LDD een complexe werkmethode is die veel tijd kost (er zijn veel handmatige stappen nodig), zijn kleine wijzigingen in het ontwerp moeizaam door te rekenen.

De volumeberekeningen met behulp van GIS zijn in sommige gevallen voldoende, alleen de uitwisseling met CAD voor of na de berekeningen (om te kunnen communiceren met aannemers die veelal alleen CAD-formaten aan kunnen) leverde wel problemen op.

Op dit moment wordt ervaren dat de grootste foutenbron het vervaardigen van een goed 3D model van de ondergrond is. Dat komt o.a. door:

- reproduceerbaarheid van metingen is moeilijk;
- grote dynamiek van het verschijnsel dat gemeten wordt (slibdek, verontreiniging) door de variërende rivierafvoer;
- variabele dichtheid van de gegevens.

Een voorbeeld kwam naar voren in het gesprek bij de afdeling Milieubouw waarbij twee afzonderlijke projecten een overlap van studiegebied vertoonden en waarbij de berekende gegevens een halve meter in hoogte van elkaar verschilden. Dergelijke getallen zijn daarom ook niet betrouwbaar.

Het heeft pas zin om te kijken naar nauwkeuriger kubeermogelijkheden wanneer de nauwkeurigheid van het 3D model van de ondergrond wordt verhoogd.

Omdat de Bouwdienst zelf geen goed kubeerprogramma bezit is het moeilijk de gegevens van de aannemer te controleren.

De methodiek van de afdeling Tunnelbouw (het gebruik van de applicatie BDgrond) voldoet wel aan de wensen van de betrokkenen (binnen de afdeling).

Wat zijn de wensen om de hoeveelheid grondverzet uitgesplitst naar klasse/samenstelling te bepalen?

Allereerst is het van belang dat er uniformiteit gaat komen in de kubeeroperaties van de Bouwdienst, zodat kuberingen betrouwbaarder worden en reproduceerbaar. De eenduidigheid kan ook de positie tegenover de aannemer verbeteren. Bovendien hoeven verantwoordelijken niet steeds opnieuw op zoek te gaan naar de meest optimale methode.

Deze standaardisatie zou kunnen worden vertaald in richtlijnen en protocollen beschreven in een handboek die de stappen beschrijft om van het verzamelen van veldgegevens tot het berekenen van hoeveelheden volumes te komen. Hierdoor worden de volumes eenduidiger bepaald en kan er ook eenmalig een studie verricht worden naar het verhogen van de betrouwbaarheid van de resultaten. Standaardisatie van de methodiek verhoogt de betrouwbaarheid van resultaten.

De directe wens om op korte termijn een werkmethode te hebben die de nauwkeurigheid van kubeeroperaties vergroot is zeer divers. Sommigen gaven aan direct behoefte te hebben aan een applicatie waarmee volumes grond bepaald kunnen worden met een onderscheid in verontreinigde klassen en/of grondsoort, terwijl anderen de huidige methode vooralsnog vonden voldoen (omdat aannemers niet over zeer geavanceerde methodes beschikken of omdat de aanwezige invoergegevens niet nauwkeurig genoeg zijn).

Wel gaven de meeste afdelingen aan te willen beschikken over een eenduidige, breed geaccepteerde systematiek.

Een andere wens die op de afdelingen leeft is om te beschikken over een flexibel, eenvoudig systeem dat lokaal kan draaien om snel de (globale) grondbalans van een project in kaart te brengen in het geval van wijzigingen. Uit de interviews bleek dat dergelijke software aanwezig is op de markt. Op deze manier kan beter controle worden uitgeoefend op de gegevens van aannemers. Tijdens het hele ontwerpproces is het gewenst om volume-berekeningen snel te kunnen uitvoeren. Een flexibele applicatie maakt het mogelijk de situatie die door aannemers in het veld wordt aangetroffen snel te kunnen vergelijken met berekeningen. Het beschikken over een eigen applicatie maakt het tevens mogelijk dat het kuberen binnen de eigen afdeling door materiedeskundigen kan worden uitgevoerd.

Een belangrijke verbetering bij de bepaling van het grondverzet zou zijn wanneer op basis van veldgegevens een nauwkeurig beeld van de ondergrond verkregen zou kunnen worden. Het heeft volgens een aantal betrokkenen geen zin om over een methode te beschikken waarmee op nauwkeurige wijze kuberingen kunnen worden uitgevoerd, wanneer de inputgegevens niet voldoende nauwkeurig zijn.

Het 3D model van de ondergrond is een interpolatie van de veldgegevens. Op dit moment ontbreekt bij de gegenereerde gegevens een maat van betrouwbaarheid. Het is gewenst om naast de verkregen hoeveelheden grondverzet ook de mate van betrouwbaarheid van deze gegevens aan te geven (bijvoorbeeld met 98% nauwkeurigheid kan worden verzekerd dat de fout binnen 10 kubieke meter ligt).

Een andere wens is om automatisch een 3D model te kunnen generen op basis van lengte- en dwarsprofielen. De visualisatie van een dergelijk model maakt de controle op fouten beter.

Bij de berekening van de volumes grond moet onderscheid gemaakt worden tussen droog en nat transport, omdat er meer volume vrij komt bij nat transport. Daarnaast moet rekening gehouden worden met het uitzetten van grond nadat het afgegraven is. Deze volumevergroting van grond kan tot 20 % oplopen.

De overheid stelt richtlijnen op over hoe grond van welke kwaliteit afgegraven moet worden. De vraag is of dit bij theoretische richtlijnen blijft of dat ook technische richtlijnen worden gegeven voor bijvoorbeeld de berekeningen of afgravingen. Voordat gewerkt gaat worden aan het verbeteren van kubeberekeningen, moet eerst worden bestudeerd of de overheid richtlijnen heeft voor berekeningen, over hoe de kwaliteit van de grond kan worden vastgesteld of de manier van afgraven. Ook van belang is te weten hoe ver deze richtlijnen gaan.

4. HUIDIGE WERKMETHODE BIJ DE HSL

Bij de HSL is een inventarisatie gedaan naar bestaande software om grondverzet te kunnen uitrekenen uitgesplitst naar klasse. Op basis van deze inventarisatie is geconcludeerd dat er goede programma's bestaan om 3D CAD modellen met 3D modellen van de ondergrond te combineren. Bij de HSL is onderzocht om deze programma's eventueel in te zetten voor werken in de ondiepe ondergrond. De diepe ondergrond, zoals bij de boortunnel, vertoont in de breedte (15 m) in vergelijking met de afstand tussen de boringen (50 m) zo weinig variatie, dat een geo-technisch lengteprofiel (en een milieukundig lengteprofiel) voldoende bleken te zijn.

Er is besloten de software ook niet aan te schaffen voor de ondiepe ondergrond, omdat de 3D programma's te ingewikkeld zijn vanwege de complexiteit van de invoer.

De volgende oplossing is daarom gebruikt om het grondverzet te berekenen. Er zijn drie horizontale lagen in kaart gebracht (3 kaarten):

- tot 0.5 meter;
- klei/veen;
- pleistoceen zand.

Op basis van een combinatie van deze gegevens in GIS wordt vervolgens bepaald hoeveel grond van welke klasse verwerkt moet gaan worden en wanneer deze grond vrij komt. Bij de bepaling van de hoeveelheid af te graven grond is de planning namelijk ook belangrijk (kwaliteit en kwantiteit): wanneer komt welke kwaliteit grond vrij en hoeveel?

Bij de kwaliteit van de ondergrond wordt er sinds twee jaar niet alleen gekeken naar de vervuilingssklassen van de af te graven grond (klasse 0 tot 4) maar ook naar de relatieve kwaliteit (t.o.v. de omgeving waar het gestort gaat worden).

5. HUIDIGE WERKMETHODE BIJ DIRECTIE ZUID-LIMBURG, PROJECT MAASWERKEN

Twee medewerkers van het project Maaswerken, die betrokken zijn geweest bij het ontwikkelen van een methode om volumes grondstromen beter in kaart te kunnen brengen, zijn in het kader van deze haalbaarheidsstudie geïnterviewd. In deze paragraaf wordt de ontwikkelde methodiek verder toegelicht.

Te samen met TNO NITG is er voor het project Maaswerken een methodiek ontwikkeld om de af te graven hoeveelheden om te rekenen in deelgrondstromen zoals bijvoorbeeld deklaag, grond en grind. Op basis van de berekende hoeveelheden kunnen kosten en baten worden bepaald.

De methodiek is speciaal ontwikkeld voor dit project, maar momenteel wordt door DWW en TNO NITG gewerkt aan een handboek voor veldwerkmethoden die de bij de Maaswerken toegepaste methodiek als voorbeeld gebruikt. In dit handboek worden de verschillende stappen beschreven die genomen moeten worden om tot een hoeveelheidsbepaling te komen. Naar verwachting komt dit handboek in november 2001 uit.

De bij de Maaswerken ontwikkelde methodiek bestaat uit:

- globale boringen met een dichtheid van één boring per twee hectaren. Voor diepe winningen, waarbij ook de onderkant van de grindlaag moet worden bepaald, zijn meer boringen gezet;
- verdichting van de globale boringen op locaties waar de gebiedseigen kenmerken daarom vragen. De dichtheid van de boringen is ook afhankelijk van het geplande type ingreep. Bijvoorbeeld bij diepe winningen worden meer boringen genomen (ongeveer 1 per hectare), maar ook op locaties waar de globale boringen duiden op grote ruimtelijke variaties;
- elektrische metingen op 10 meter afstand in raaien waarmee pseudo-boringen gegenereerd kunnen worden. Dit gebeurt ook op locaties die daarom vragen (waar men meer van wil weten);
- seismische boringen en sonderingen.

Het combineren van verschillende type boringen (fysische boringen, elektrische metingen die een continu karakter hebben, seismiek en sonderingen) geeft een meerwaarde voor de verkregen gegevens.

Gebruik wordt gemaakt van ISATIS, een Frans programma waarmee volumes berekend kunnen worden. De invoer bestaat uit de boringen plus alle data betreffende laaggegevens die op punten bepaald kunnen worden. Tevens wordt er aan ieder data-input een nauwkeurigheid meegegeven. Op basis van deze gegevens wordt door middel van een geo-statistische methode de variatie van de ligging van de grensvlakken bepaald. Een deskundige interpreteert deze gegenereerde gegevens. Vervolgens worden er in ISATIS op basis van deze statistische analyses 50 simulaties voor de diepteligging van de lagen uitgevoerd. Bij de Maaswerken waren dit de volgende lagen:

- maaiveld;
- grens vieze deklaag/schone deklaag;
- grens deklaag/basisgrindlaag;
- einde basisgrindlaag.

Per simulatie wordt een volume bepaald. Het gemiddelde van deze volumes wordt gebruikt als eindgetal voor de hoeveelheid af te graven deelgrondstromen.

Directie Limburg heeft ook ooit een methodiek in ArcInfo ontwikkeld. Deze methodiek is

echter minder efficiënt en nauwkeurig. Alle lagen moeten bijvoorbeeld apart worden geïnterpoleerd en meerdere simulaties zijn daarom erg tijdrovend. In de praktijk blijkt dat er vaak behoefte is aan veel informatie op korte termijn.

Bij het project Maaswerken gaat het om tientallen miljoenen tonnen grond en grind en wat financiën betreft om ongeveer 500 miljoen gulden. De studie heeft tot dusver ongeveer 10 miljoen gekost.

De berekende hoeveelheden blijven vooralsnog theorie. Alhoewel de wijze om de hoeveelheden te berekenen met argumenten gestaafd kan worden, zijn er geen gegevens bekend over de hoeveelheid grond en grind die 'echt' aanwezig is. Desalniettemin is juist het kunnen onderbouwen van de wijze waarop de volumes bepaald zijn erg belangrijk geweest bij de communicatie met aannemers, omdat de aannemers de berekende volumes reëel achten.

Bij het bepalen van nauwkeurige volumes grond/grind zijn verschillende disciplines betrokken: GISers, ontwerpers, geologen, materiedeskundigen, geo-statistici. In het verleden is gebleken dat het bij zo'n project moeilijk is om discipline-overstijgend te werken omdat er behoefte blijkt te bestaan om werkzaamheden bij een bepaalde discipline in te delen in plaats van te kijken naar het feitelijke probleem. Binnen de Maaswerken is men hier wel in geslaagd.

In het kader van de haalbaarheidsstudie voor nauwkeuriger volumebeperingen bij de Bouwdienst, is het belangrijk om te kijken in hoeverre aangesloten zou kunnen worden bij de methodiek die bij het project Maaswerken is ontwikkeld. Hierbij kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt (medewerkers van de Bouwdienst waren overigens betrokken bij het grondmanagement van dit project):

- ISATIS is een complex en duur programma (30.000 gulden voor de eerste aanschaf en 5000 gulden per jaar voor onderhoud). Rijkswaterstaat Directie Limburg heeft onlangs de licenties (3) van dit programma stopgezet omdat zijzelf geen medewerkers in huis hebben die met deze programmatuur om kunnen gaan. CSO en TNO NITG zijn de enige met in huis expertise op ISATIS gebied in Nederland. CSO is de enige met een licentie, alhoewel TNO NITG bezig is met het aanschaffen van ISATIS;
- voor het gebruik van de methodiek en voor het interpreteren van de (tussen)resultaten is een deskundige geo-statisticus nodig.
- de hoeveelheid grond/grind wordt bepaald per volume eenheid (kuub) terwijl er met de aannemer wordt onderhandeld over tonnen (gewicht). De dichtheidsbepaling van het grind en zand (in situ of ex situ) die voor deze omzetting nodig is niet altijd eenduidig. Voor het grind zijn inmiddels experimenten uitgevoerd, waarbij redelijk nauwkeurig kon worden bepaald wat de dichtheid is van het grind op de verschillende locaties. Naar verwachting is een dergelijke bepaling voor zand veel complexer;
- aanpassingen in de geplande werkzaamheden zijn zeer moeilijk door te voeren, omdat de hele methodiek relatief veel tijd kost. Een mogelijkheid is om bij de aanvang van een project volgens deze uitgebreide methodiek de volumes te berekenen. Wijzigingen daarna kunnen dan bij voorkeur met een minder gedetailleerde methode worden doorgerekend, waarna bij het uiteindelijke ontwerp weer gebruik kan worden gemaakt van de verfijnde methode. In ieder geval is het belangrijk het doel van de volumeberekening en daarmee het benodigde detailniveau niet uit het oog te verliezen;
- de kwaliteit van de berekeningen is niet bekend omdat er geen veldgegevens bestaan waarmee de berekende hoeveelheden kunnen worden vergeleken. Wel is door de gebruikte methode bekend wat de standaardafwijking is van de berekende hoeveelheid op iedere locatie. Als uitgangspunt bij de onderhandelingen met aannemers kunnen eventueel

- een gegarandeerd minimum en maximum worden meegenomen;
- kleine studiegebieden van een paar hectaren zijn niet geschikt voor deze methodiek, omdat de methodiek te globaal is voor dit detailniveau. Een simpelere interpolatie (bijvoorbeeld Inverse Distance Weighting) is in dat geval voldoende;
- een grote variatie in de diepteligging van de grenslagen geeft een minder betrouwbare volumebepaling.

6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Uit de interviews kan worden geconcludeerd dat er een heel diverse behoefte bestaat naar een methode om volumes grond beter te kunnen bepalen.

Het ontbreken van een standaardmethodiek voor volumebepaling zorgt ervoor dat binnen ieder project het bepalen van de volumes grond op verschillende manieren wordt aangepakt afhankelijk van de beschikbare mensen, kennis en software. Hierdoor zijn gegevens niet eenduidig en is de betrouwbaarheid van de resultaten onvoldoende bekend, ook al voldoet in sommige gevallen de gebruikte methodiek voor de specifieke toepassing.

Kennis over op welke wijze volumes grond beter bepaald kunnen worden is onmisbaar in het standaardisatieproces en zou daarom onderzocht moeten worden. Het gaat daarbij niet zo zeer om het beschikken over een applicatie die hiertoe in staat is, maar vooral om het opstellen van protocollen en richtlijnen. Dit kan leiden tot eenduidigheid en standaardisatie, waar zoals uit de interviews is gebleken, grote behoefte aan bestaat. Projectleiders hoeven dan niet meer bij ieder afzonderlijk project een methodiek te ontwikkelen, maar kunnen zich bij hun werkzaamheden aansluiten bij de opgestelde (en geaccepteerde) richtlijnen. Het is belangrijk dat de opgestelde richtlijnen een breed draagvlak hebben bij zowel medewerkers van de Bouwdienst als bij aannemers. Een eenmalige investering in de ontwikkeling van een techniek kan veel kwaliteit opleveren voor de verschillende projecten binnen de Bouwdienst.

De methode die voor de Maaswerken is gebruikt is te kleinschalig en te duur voor direct gebruik binnen de Bouwdienst. Wel is het zeer raadzaam deze methodiek als voorbeeld te nemen bij de ontwikkeling van een methodiek binnen de Bouwdienst, omdat gebruik kan worden gemaakt van de ervaring en expertise die is opgedaan binnen het project Maaswerken. Bij het ontwikkelen van richtlijnen en protocollen moeten de volgende zaken aan de orde komen:

- er moeten richtlijnen worden opgesteld voor de verschillende stappen die nodig zijn om van het verzamelen van veldgegevens tot volumebepalingen te komen;
- de opgestelde richtlijnen dienen aan te sluiten bij de wetgeving. Daarom zal moeten worden gekeken naar de richtlijnen die in de wet zijn bepaald en ook naar eventuele technische specificaties die in de wet zijn opgenomen. Informatie hierover kan worden ingewonnen bij de Dienst Weg en Waterbouw;
- naast de berekende volumes moet ook de nauwkeurigheid van deze volumes in kaart worden gebracht, omdat deze nauwkeurigheid bepaalt wat men uiteindelijk kan doen met de gegevens;
- bij ieder project moet het beoogde detailniveau en daarmee de gewenste nauwkeurigheid worden bepaald. Nauwkeurige bepaling van volumes grond kan een zeer tijdrovende bezigheid zijn. Een belangrijke vraag is daarom altijd: is deze nauwkeurigheid echt nodig? Zo zal bijvoorbeeld de volumebepaling bij het begin van een project een grotere nauwkeurigheid vragen dan bij aanpassingen van het project. Een ander aspect, dat van

invloed is op het benodigde detailniveau, is het schaalniveau van het project. Het spreekt op zich dat kleinschalige ramingen (globale) minder nauwkeurigheid vereisen. Ook dit moet worden meegenomen bij de methode om te komen tot een volumebepaling;

- bij de volumebepaling zijn GISsers, ontwerpers, materie- en velddeskundigen, juridische deskundigen en onderzoekers betrokken. Het is zeer belangrijk het proces van volume bepaling te zien als een discipline-overstijgend proces. Daarom moeten de verschillende deskundigen betrokken worden bij het opstellen van de richtlijnen. Op deze manier kan een zo goed mogelijke kwaliteit worden verkregen en kan, wat niet minder belangrijk is, een breed draagvlak voor de inzet van de richtlijnen worden gecreëerd.

Later kan eventueel nagedacht worden om de methodiek voor het nauwkeurig bepalen van volumes grondstromen of delen daarvan te implementeren in beschikbare software. Uit een inventarisatie bij de HSL is gebleken dat de beschikbare software voor de bepaling van grondstromen dermate complex is wat gegevens invoer betreft, dat het wellicht raadzaam is de implementatie te bouwen op bij de Bouwdienst aanwezige GIS en/of CAD (bijvoorbeeld Autodesk LDD) software. Ook kan worden gekeken in hoeverre de applicatie die bij Tunnelbouw wordt gebruikt (BDgrond) aangepast zou kunnen worden en daardoor breder ingezet zou kunnen worden.

Een belangrijke conditie voor het beter kunnen bepalen van af te graven grond is het verkrijgen van een nauwkeurig model van de ondergrond op basis van veldgegevens. Het opstellen van een methodiek hiervoor zou kunnen bijdragen aan de standaardisatie binnen de Bouwdienst. Dit zal een eerste stap zijn om hoeveelheden grond eenduidig en nauwkeurig te kunnen bepalen. Ook kennis over de betrouwbaarheid van de resultaten is hierbij onmisbaar.

Momenteel kunnen contracten met aannemers zodanig opgesteld worden dat het risico niet geheel bij de Bouwdienst ligt, toch blijft de externe kwaliteitwaarborging een belangrijke verantwoordelijkheid van de Bouwdienst. Een nauwkeurige en betrouwbare volumebepaling moet bijdragen in dit proces.

De wetgeving stelt steeds meer eisen op het gebied van het nauwkeurig bepalen van volumes grondstromen uitgesplitst naar schone en vervuilde grond. Met het oog op mogelijk hergebruik van de grond zijn de volumes uitgesplitst naar grondsoort (klei, zand, grind) ook van steeds groter belang. Deze redenen versterken de noodzaak om bij de Bouwdienst na te denken over het nauwkeurig bepalen van volumes grondstromen.

BIJLAGE A

Verslagen van de gesprekken die bij de Bouwdienst van Rijkswaterstaat zijn gevoerd.

Gesprek 1

7 september 2001

Wim van der Sluis: Milieubouw

Cor van der Hoek: Natte waterbouw

In dit gesprek lijkt de wens vooral te liggen bij het meer nauwkeurige verkrijgen van veldgegevens (stap 1). Termen die vallen, zijn: moeilijke reproduceerbaarheid van metingen, grote dynamiek van verschijnsel dat gemeten wordt (slibdek, verontreiniging), variabele dichtheid van de gegevens. De dynamiek van het slibdek wordt veroorzaakt door erosie/sedimentatie bij variërende rivierafvoer. Het is niet zinvol om na te denken over een systeem dat nauwkeurige kubeeroperaties uit kan voeren wanneer de veldgegevens nog lang niet de gewenste nauwkeurigheid en betrouwbaarheid kunnen bieden. Waarom immers een grote nauwkeurigheid voorspellen wanneer de inputgegevens die nauwkeurigheid niet in zich hebben? Een voorbeeld wordt genoemd waarbij twee afzonderlijke projecten een overlap van studiegebied vertoonden en waarbij de berekende gegevens een halve meter van elkaar verschilden terwijl op cm-niveau wordt ontgraven.

De haalbaarheidsstudie richt zich op het combineren van 3D modellen van de ondergrond met CAD modellen van ontwerpen. In dit gesprek blijkt deze wens niet primair te liggen. Ontgravingsdiepten zijn interessant, maar hoeven in eerste instantie vooralsnog niet uitgesplitst te worden naar klassen. Bovendien worden deze gegevens niet gecombineerd met de ligging van kunstwerken. Wel wenselijk is een mogelijk onderscheid in de toekomst tussen enerzijds klasse 0/1/2 en de meer verontreinigde klasse 3 en 4.

Een aantal kaarten wordt getoond, gemaakt voor de sanering van de Petroleumhaven in Amsterdam. Met behulp van een GIS zijn de diepteliggingen van verschillende gegevens geïnterpoleerd (klei, veen, zand, PAK, Olie). Voor de volumeberekening worden deze 2½D lagen met elkaar gecombineerd.

De hoeveelheden grondverzet worden berekend door de Bouwdienst en goedgekeurd door aannemers alvorens zij gaan graven. In de contracten met aannemers kan worden vastgelegd dat wanneer zij akkoord gaan met de berekende hoeveelheden, zij verantwoordelijk zijn voor een eventueel verschil. Het risico is dan voor de aannemer en niet voor de Bouwdienst. Los van de risicovraag is het natuurlijk sowieso gewenst om af te graven hoeveelheden zo nauwkeurig mogelijk te kunnen vastleggen.

Ondanks dat er niet een hele grote wens lijkt te liggen wat betreft een nauwkeuriger manier om kubeeroperaties te kunnen uitvoeren, bestaat er wel de wens om bij geïnterpoleerde kaartjes een betrouwbaarheid of nauwkeurigheid mee te geven zodat men kan zien wat de waarde is van de gegevens.

Gesprek 2

7 september 2001

Harrie van Gils: Natte waterbouw

De afdeling Waterbouw Nat houdt zich bezig met het ontwerpen van bodem- en oeververdedigingen en dijken.

De vraag om over te gaan naar 3D modellen is aanwezig. Binnen de afdeling wordt gebruik gemaakt van LDD (Land Developer Desktop) van Autodesk. Met dit programma is het mogelijk om 3D modellen van de ondergrond te genereren op basis van puntboringen en deze te combineren met de ligging van kunstwerken. Problemen die hiermee echter gepaard gaan zijn: wat gebeurt er op de overgangen en de randen waar geen gegevens over bekend zijn? Het is een complexe werkmethode die veel tijd kost. Hierdoor zijn kleine wijzigingen in het ontwerp moeizaam door te rekenen. Bovendien is een applicatie gewenst waarmee snel de situatie in het veld, die door aannemers ter plekke wordt aangetroffen, moet kunnen worden vergeleken met de berekeningen. Tijdens het hele ontwerpproces is het gewenst om volumeberekeningen snel te kunnen uitvoeren.

Aannemers blijken wel over dit soort programmatuur te beschikken. Ooit is door de Bouwdienst besloten dat dergelijke berekeningen buitenshuis uitgevoerd dienen te worden. Alleen ontbreekt nu de mogelijkheid voor controleberekeningen en die zijn wel gewenst. Een dergelijk programma in huis is daarom nodig.

De huidige werkmethode is dat in de voorfase van een project veldgegevens worden verzameld door deskundigen die in het veld op basis van ervaring bepalen waar boringen worden geplaatst. Vervolgens wordt bij de GIS afdeling of bij iemand die werkt met LDD (afhankelijk van wie er tijd heeft) gevraagd hier een 3D grondmodel van te vervaardigen en te berekenen hoeveel grond afgegraven moet worden. De overige berekeningen vinden plaats bij de aannemer.

Advies is om geen energie te steken in een systeem dat grondverzet kan berekenen op basis van gegevens over de ondergrond en op basis van ontwerpen (die bestaan immers al), maar meer in het verkrijgen van de juiste gegevens en het converteren van deze gegevens in de juiste formaten.

Kortom de wens ligt bij het beschikken over een flexibel, eenvoudig systeem dat lokaal kan draaien (blijkt te bestaan op de markt), waarmee snel de grondbalans van een project in kaart kan worden gebracht. Op deze manier is het ook mogelijk een betere controle te kunnen uitoefenen op de gegevens van aannemers. Ook in dit gesprek wordt de nadruk gelegd op het belang van de nauwkeurigheid, de tolerantie en de resolutie van de verschillende soorten gegevens. Ook in dit geval bleek het geen zin te hebben nauwkeurige berekeningen uit te voeren met gegevens die deze nauwkeurigheid niet in zich hebben.

Een andere wens is om automatisch een 3D model te kunnen genereren op basis van lengte- en dwarsprofielen. De visualisatie van een dergelijk model maakt de controle op fouten beter. Een laatste wens (die buiten het kader van dit project valt) is de koppeling tussen Excel, Autocad en Bestekprogramma's om berekeningen en visualisatie te combineren en direct door te voeren in bestekken.

Gesprek 3

7 september 2001

Rob Peters: Stafafdeling Bouwspuurwerk

De heer Rob Peters houdt zich bezig met onderzoek naar de dynamiek van de grond bij boringen. Bij de berekening van de volume grond moet onderscheid gemaakt worden tussen droog en nat transport, omdat er meer volume vrij komt bij nat transport. Daarnaast moet rekening gehouden worden met het uitzetten van grond nadat het afgegraven is. Deze volumevergroting van grond kan tot 20 % oplopen.

De overheid stelt richtlijnen op over hoe grond van welke kwaliteit afgegraven moet worden. De vraag is of dit bij theoretische richtlijnen blijft of dat ook technische richtlijnen worden gegeven voor bijvoorbeeld berekeningen of afgravingen. Daarnaast is het van belang om te kijken wie juridisch aansprakelijk is wanneer berekende en afgegraven hoeveelheden verschillen. Tegenwoordig wordt veelal gewerkt met “design en construct” contracten: dit zijn open contracten, waarbij de risicoverdeling expliciet wordt vastgelegd.

Voordat gewerkt gaat worden aan het verbeteren van kubeberekeningen, moet eerst bestudeerd worden of de overheid richtlijnen heeft over berekeningen, over hoe de kwaliteit van de grond kan worden vastgesteld of de manier van afgraven. Ook van belang is te weten hoe ver deze richtlijnen gaan. DWW (Dienst Weg en Waterbouw) zou hierbij van dienst kunnen zijn.

De heer Peters draagt een aantal personen aan die informatie kunnen aangeven over hoe op dit moment grondverzet wordt berekend bij de projecten:

- Boortunnel Groene Hart HSL Zuid;
- Westerscheldetunnel;
- Sophiaspoortunnel;
- Botlektunnel.

Gesprek 4

12 september 2001

Arie Takx:afdeling Natte waterbouw, Ontwerper CAD

Arie Takx heeft als één van de weinigen binnen de Bouwdienst ervaring met Land Development Desktop van Autodesk: een programma om DTMs van elkaar af te trekken en zo volumes te berekenen. Ontwerpen zijn in te brengen als breaklines van de DTMs. Nadeel is dat het veel tijd kost, maar nog meer dat men met deze programmatuur suggereert nauwkeurige volumes te kunnen berekenen, terwijl het resultaat afhankelijk is van de invoer. Deze invoer bezit in de meeste gevallen geen grote nauwkeurigheid. Het is daarom vaak beter op basis van dwarsprofielen volumes te berekenen. Dat is eenvoudiger en ook vaak de meest nauwkeurige informatie die men heeft. Het heeft dan geen zin complexere modellen te genereren. Wanneer grondverzet wordt uitgerekend door mensen die niet op de hoogte zijn van de feitelijke situatie, kan dit tot fouten in berekeningen leiden.

De volumes in LDD zijn op 4 verschillende methodes te bepalen, die alle tot een ander resultaat leiden. In de praktijk blijkt dat ook de aannemers vaak met andere getallen komen. Het is moeilijk te achterhalen wie er dan gelijk heeft. De Bouwdienst laat de berekeningen in de ontwerpfase veelal aan de aannemer over. In de voorbereidingsfase worden ter ondersteuning van de plannen vaak wel volumeberekeningen door de Bouwdienst zelf uitgevoerd.

Gesprek 5

10 september 2001

Gert van der Manen: Projectbureau HSL

Bij het HSL projectbureau is een inventarisatie gedaan naar software waarmee grondverzet berekend kan worden. Programma's om 3D CAD modellen met 3D modellen van de ondergrond te combineren bestaan. Bij de HSL is onderzocht om deze programma's eventueel in te zetten voor kunstwerken in de ondiepe ondergrond. De diepe ondergrond, zoals bij de boortunnel, vertoont in de breedte (15 m) op de beschouwde schaal zo weinig variatie, dat een geo-technisch lengteprofiel (en een milieukundig lengteprofiel) voldoende bleek te zijn. Er zit 50 meter tussen de boringen.

De 3D programma's bleken echter te ingewikkeld, omdat de invoer van gegevens complex is voor gebruikers. Daarom is de volgende oplossing gebruikt. Er zijn 3 horizontale lagen in kaart gebracht (3 kaarten):

- tot 0.5 meter;
- klei/veen;
- pleistoceen zand.

Bij de kwaliteit van de ondergrond wordt er sinds twee jaar niet alleen gekeken naar de klasse (0 tot 4), maar ook naar de relatieve kwaliteit (t.o.v. de omgeving waar het gestort gaat worden).

Bij de bepaling van de hoeveelheid af te graven grond is de planning erg belangrijk (kwaliteit en kwantiteit). Wanneer komt welke kwaliteit grond vrij en hoeveel?

Er wordt steeds meer gewerkt met 'design en construct' contracten waardoor de financiële consequenties voor de Bouwdienst veel minder groot zijn wanneer niet de juiste hoeveelheden zijn berekend.

Gesprek 6

8 oktober 2001

Janneke Lourens: Waterbouw en Milieu

Mevrouw Janneke Lourens is betrokken bij de voorbereiding van het beleid voor saneringen en voor onderhoudswerken voor waterbodems (natte grondverontreinigingen). Voor deze projecten wordt zowel vooraf als achteraf bepaald hoeveel grond en met welke kwaliteit/vervuilingsgraad wordt afgevoerd. Een belangrijke foutenbron hierin is het begrippenkader waarmee wordt gewerkt. De hoeveelheid grond wordt namelijk uitgedrukt in twee maten: tonnen of kuub. Het is niet altijd duidelijk welke maat wordt gebruikt. Daarnaast is er verschil in de in situ en ex situ hoeveelheid (beun).

Met behulp van de (geschatte) dichtheid wordt de hoeveelheid droge stof bepaald op basis van het gewicht. Omdat de juiste dichtheid moeilijk te bepalen is, is ook het volume van de grond niet altijd goed te bepalen. Voor saneringen worden de meest recente methoden gebruikt voor het bepalen van de hoeveelheid af te graven grond: door middel van geo-statistiek en vlakkenverdeling op basis van kenmerken in het veld. Voor onderhoudswerkzaamheden is de volumebepaling vaak ook een ervaringsgetal (hoeveel grond komt er vrij bij het onderhoud).

Belangrijk voor de beleidsvoorbereiding is hoeveel grond zou moeten worden ontgraven/gebaggerd en wat hiervan de mogelijke bestemming is afhankelijk van kwaliteit en samenstelling (zand/slib)?

Omdat deze getallen niet altijd even nauwkeurig zijn en omdat er weinig aandacht is voor fouten in deze getallen, is het beleid dat hierop gebaseerd is niet altijd even hard in te zetten/uit te stippelen. Een nauwkeurige volumebepaling zou daarom de beleidsvoorbereiding beter ondersteunen. Daarnaast is een nauwkeurige volumebepaling ook belangrijk bij de evaluatie van werken.

Één applicatie waarmee volumes grond beter kunnen worden bepaald is volgens mevrouw Lourens daarom ook niet reëel. Het probleem ligt voor een groot deel bij de beschikbaarheid en de kwaliteit van de gegevens.

Waar wel behoefte aan is, is een gestandaardiseerd protocol waarin richtlijnen worden gegeven op welke wijze de hoeveelheid grond moet worden bepaald (natte/droge grond, ex/in situ, tonnen/kuub) en gerapporteerd. Meer aandacht voor fouten zou ook een belangrijke kwaliteitsverbetering voor de beleidsvoorbereiding betekenen.

Voor meer informatie over de gedetailleerde volumebepalingen bij saneringen wordt aan bevolen om meer medewerkers bij WAU specifiek over dit onderwerp te benaderen.

Gesprek 7

8 oktober 2001

Anske van der Laan: Waterbodemsaneringen

De heer Anske van der Laan is betrokken bij de uitvoeringskant van baggerwerken. Zijn werkzaamheden waar het nauwkeuriger bepalen van hoeveelheden grond gewenst is, is het berekenen van hoeveelheden baggerspecie (in kuub) voor in bestekken. Op dit moment wordt dat gedaan door boringen uit te voeren die de hoogte van de waterbodem meten. Deze x,y,z gegevens worden aangeleverd aan de GIS afdeling die hier een DTM van maakt. Vervolgens wordt op basis van het DTM van de ondergrond en de geplande geometrie van de waterbodem bepaald hoeveel grond afgegraven moet worden. Daarnaast zijn er boringen met gegevens over de kwaliteit van de ondergrond (uitgesplitst naar diepte). Op grond hiervan wordt een gebiedsindeling gemaakt die de verontreinigingsklasse weergeeft. Deze verontreinigingskaart wordt gecombineerd met het model van de af te graven grond en op basis hiervan is te bepalen hoeveel grond van elk gebiedje afgegraven moet worden. Het probleem is het door GIS vervaardigde ontgravingsmodel om te zetten naar Autocad. Dat is namelijk het formaat waarmee aannemers werken. Vaak moeten digitale lijnen aangeleverd worden die aangeven hoe diep ontgraven moet worden. Deze lijntjes zijn grenzen van vlakken. Deze vlakken worden verondersteld homogeen te zijn.

Een project dat uitgevoerd is op deze manier gaf een afwijking van hooguit 10 % te zien. Dat is acceptabel gezien de nauwkeurigheid van de ontgraving (maximaal een halve meter). Bovendien is achteraf moeilijk vast te stellen wat waar is: de berekende of de gemeten hoeveelheid. Tussen deze twee bepalingen zit vaak een aantal maanden. Aannemers willen in de bestekken graag nauwkeurige getallen terug zien. De hoeveelheid in het genoemde bestek werd op de 100 kubieke meter nauwkeurig omschreven, terwijl het ging om hoeveelheden van 38.000 m³.

Belangrijk bij het berekenen van hoeveelheden is de vraag: hoe nauwkeurig wil men het eigenlijk weten? Uit navraag bij experts bleek dat een aanname van een ontgravingsnauwkeurigheid van 0.5 meter in de z-richting reëel is. Daarnaast is er ook nog een afwijking in de x,y richting. Nauwkeuriger bepalen van hoeveelheden is dan misschien ook niet zinvol.

Gewenst is een model van de ondergrond waarbij de verschillende grondsoorten en het liefst ook nog de verontreinigingsklassen in 3D zijn gemodelleerd. Samen met de aannemer kan dan het model worden bekeken en kunnen verschillende scenario's worden bestudeerd, waarna een optimaal ontgravingsplan ontworpen kan worden.

Gesprek 8

12 november 2001

Patric Deenen: Tunnelbouw

Tot 5 jaar terug bestond er nog geen vaste procedure binnen de afdeling Tunnelbouw om grondverzet (per grondsoort) te bepalen. De methodiek die toen doorgaans werd toegepast bestond eruit een 2D lengteprofiel in (logische) mootjes te verdelen en dan per mootje het volume te berekenen dat vrij zou komen op basis van het geo-technisch lengteprofiel en (2D)-tekeningen van de tunnel. Nadeel van deze methode was echter dat de resultaten voor een deel afhankelijk waren van de persoon die de volumebepaling uitvoerde (bijvoorbeeld de keuze van de mootjes). Bovendien zorgden wijzigingen in de tunnelconstructie voor complexe situaties, omdat bij wijzigingen niet de gehele volumebepaling werd overgedaan, maar hier en daar het nodige werd gewijzigd. Vooral wijziging op wijziging zorgde voor onoverzichtelijke situaties.

In de discussie met aannemers over de te ontgraven hoeveelheden waren deze in een aantal gevallen moeilijke reproduceerbaarheid van de grondhoeveelheden een nadeel. Daarom is vijf jaar geleden besloten de applicatie BDgrond te ontwikkelen. In deze applicatie wordt op basis van het gedigitaliseerde geo-technische lengteprofiel afkomstig uit een CAD pakket de af te graven hoeveelheid per grondsoort bepaald. Een deel van deze applicatie is geprogrammeerd in Visual Basic. Ook deze methode maakt weer gebruik van het in mootjes opdelen van het lengteprofiel en van lineaire extrapolaties in de lengte- en dwarsrichting. Het geo-technisch profiel wordt door externen (Fugro of GeoDelft) gegenereerd op basis van boringen en sonderingen met een dichtheid van 25 meter in de x- en y-richting. Indien de situatie daarom vraagt, wordt er gebruik gemaakt van twee naast elkaar liggende lengteprofielen, zoals wanneer er bijvoorbeeld veel variatie in het bodemprofiel in de breedterichting voorkomt, of wanneer de tunnel erg breed is. Omdat de keuzes in de applicatie zijn ingebouwd, leiden berekeningen steeds tot dezelfde, uniforme resultaten. Bovendien duren de berekeningen i.p.v. twee dagen nu twee uur. Wijzigingen zijn nu ook eenvoudiger en overzichtelijker door te voeren, omdat het gehele profiel bij wijzigingen opnieuw doorgerekend wordt. BDgrond wordt waarschijnlijk niet binnen andere afdelingen gebruikt, omdat iedere afdeling zijn eigen cultuur wat software en methodiek betreft heeft en tot nu toe geen behoefte blijkt te hebben aan een dergelijke applicatie. Het kan natuurlijk ook zijn dat zij onbekend zijn met de applicatie.

Ervaring heeft uitgewezen dat de resultaten verkregen met BDgrond acceptabel zijn (werkelijke hoeveelheden liggen ruim binnen de 10% marge van de berekende hoeveelheden). Geconcludeerd kan worden dat BDgrond naar tevredenheid werkt bij de afdeling Tunnelbouw om de hoeveelheden grond te bepalen, mede omdat heel nauwkeurige bepalingen binnen deze afdeling vooralsnog niet nodig zijn. Daar zou de opkomende vervuilingproblematiek verandering in kunnen brengen, omdat het in de toekomst wenselijk zou kunnen zijn om volumes vervuilde grond nauwkeuriger te bepalen. In dat geval kan het financieel gezien de moeite waard zijn om veel inspanning te investeren in het creëren van een volumebepaling in 3D. De 2D benadering van BDgrond is tot nu toe ook voldoende gebleken, omdat aannemers hetzelfde detailniveau voor hun volumebepalingen gebruiken. Een geavanceerde methode bij de Bouwdienst is minder zinvol wanneer er aan de kant van de aannemer wordt vastgehouden aan de momenteel gebruikelijke volumebepalingmethode. Discussies blijven er dan toch.

Een 3D model van de ondergrond zou voor de afdeling Tunnelbouw wel verbetering opleveren. Maar dan niet wat betreft de volumebepaling van grond, maar om een beter inzicht te verkrijgen over door welke grondlagen en waar de tunnelbak precies doorsneden wordt. Momenteel wordt binnen de afdeling de 3D benadering gebruikt t.b.v. constructietekeningen

en later ook voor visualisatiedoeleinden. Gebruik wordt gemaakt van Solid Modeller ProEngineering. Het 3D parametrisch construeren zorgt er voor dat wijzigingen snel doorgevoerd kunnen worden en dat lengte- en dwarsprofielen van het ontwerp eenvoudig kunnen worden geconstrueerd. Omdat de ervaring is dat bestanden erg zwaar worden is het vermoedelijk geen optie deze modellen te gebruiken als ontgravingsmodellen.

Voor wat betreft de wens van de Bouwdienst om nauwkeuriger hoeveelheden grond te kunnen bepalen, moet ook de veranderende taak van de Bouwdienst gezien worden. De Bouwdienst zal in de toekomst namelijk steeds verder in het voortraject ingezet worden en daar is minder behoefte aan nauwkeurige informatie. De vraag rijst dan al snel waarom een nauwkeurige manier van volumebepaling te bewerkstelligen als op constructieniveau steeds globaler zal worden gewerkt.

Een opmerking die de heer Deenen maakte t.a.v. 3D bepaling van af te graven hoeveelheid grond dient zeker vermeld te worden.

Als daar al behoefte aan is: wie zet uiteindelijk de noodzakelijke meetwaarden in een of ander 3D model. Ervaring met reeds uitgevoerde tunnels heeft uitgewezen dat juist op plaatsen waar tunnels in het algemeen gebouwd worden, het bodemprofiel zeer grillig is (zeker in het westen van het land). Dit heeft o.a. te maken met het feit dat de rivier waar de tunnel onderdoor gaat lange tijd heeft gemeanderd. Een vrij algemeen bodemprofiel is voor het betreffende gebied vaak wel verkrijgbaar. Echter, vanuit constructief oogpunt is een nauwkeuriger inzicht in het verloop van het bodemprofiel noodzakelijk. Dit wordt momenteel verkregen door het doen van sonderingen en grondboringen door bedrijven als Fugro en Grondmechanica Delft. Het zou handig zijn om de gegevens die deze bedrijven produceren, eventueel te verwerken in 3D grondmodellen.

Gesprek 9

13 november 2001

Walter Nieman: NIC (Natte infrastructuur en constructie)

De afdeling NIC houdt zich bezig met sluizen, stuwen en aquaducten: kunstwerken die hooguit een kilometer lang zijn. Het berekenen van grondverzet vormt binnen deze afdeling slechts een tiende deel van de werkelijke projecten en Kuberingen vinden daarom slecht 3 a 4 keer per jaar plaats. Kuberingen worden handmatig uitgevoerd op basis van (bovenaanzicht) tekeningen met gegevens over de ondergrond (afkomstig van Fugro of GeoDelft) en dwarsprofielen van de constructie. De tekeningen van de ondergrond zijn vervaardigd op basis van sonderingen op een raster van 25 bij 25 meter. Vroeger was het voldoende één volume te bepalen voor de grond die vrij kwam, tegenwoordig is het nodig om of per grondsoort voor eventueel hergebruik (klei, zand, veen) of per vervuilingklasse te bepalen hoeveel grond er vrij komt.

Uit ervaring is gebleken dat de handmatige methode wat berekende hoeveelheden betreft werkbare getallen oplevert: de heer Nieman kan zich in ieder geval geen voorbeeld herinneren waar deze getallen tot grote verschillen leidden met wat er in werkelijkheid werd aangetroffen. Het berekenen van het volume grondverzet kan enige weken in beslag nemen. Omdat deze berekeningen niet vaak op de afdeling worden uitgevoerd is dat tot nu toe geen probleem. Wel een probleem is het overzichtelijk houden van de berekeningen bij aanvullingen of wijzigingen, omdat dan niet de hele berekening opnieuw wordt gedaan maar hier en daar wat wordt aangepast.

De afdeling heeft ook ooit gekeken naar de applicatie BDgrond, die bij de afdeling Tunnelbouw in gebruik is. Deze applicatie had echter zoveel aanpassingen nodig voor de specifieke problematiek van de afdeling NIC (andere lengte- en breedteverhoudingen, het kunstwerk is niet over de gehele lengte even breed) dat dit niet tot tijdsinstaat zou leiden.

Een proef om volumes in GIS te laten berekenen leidde tot de conclusie dat het uitbesteden van deze werkzaamheden aan de GIS afdeling te duur is. Bovendien is het gewenst iemand van de eigen afdeling, die materiedeskundig is, het kuberen te laten uitvoeren.

De heer Nieman heeft in januari 2001 een rapportje geschreven “Terreinmodellen en grondverzet” waarin hij concludeerde dat het voor de afdeling NIC tijdsinstaat maar ook kwaliteitsinstaat zou opleveren wanneer NIC zou beschikken over een applicatie voor het bepalen van hoeveelheden grondverzet. De applicatie zou moeten bestaan uit een black box, die een datamodel van de ondergrond genereert. Hierna moet het ontgravingsmodel, dat in CAD ontworpen is, kunnen worden gecombineerd met het model van de ondergrond. De gebruiker zou daarbij moeten kunnen kiezen uit een aantal opties, zoals wel of geen onderscheid in vervuilingklassen, welke grondsoorten en dergelijke. De black box moet ontworpen worden met behulp van een deskundige van de afdeling NIC. Op deze manier kan de volumeberekening op de afdeling zelf worden uitgevoerd en worden de resultaten tegelijkertijd nauwkeuriger en aantoonbaar (reproduceerbaar). Omdat de berekeningen sneller gaan, kunnen bovendien ook varianten sneller doorerekend worden. Belangrijk hierbij is naast de berekende volumes ook de nauwkeurigheid van de resultaten te verkrijgen. Natuurlijk ook met het beoogde detailniveau in het achterhoofd: welke nauwkeurigheid is nu eigenlijk nodig?