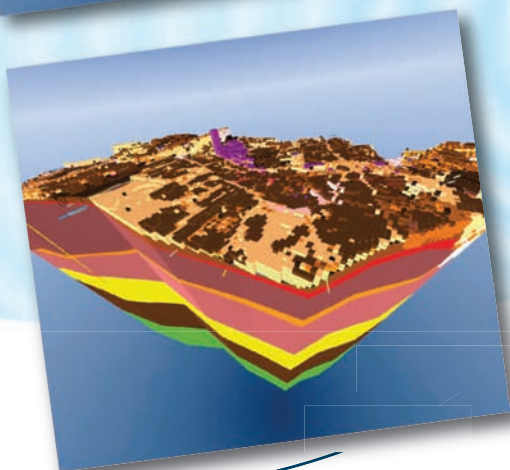
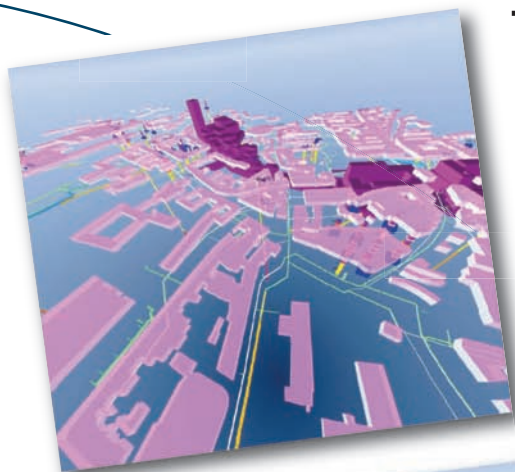


Udvikling af en 3D geologisk/ hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb

Delrapport 6

Teknisk håndtering og lagring af data og modeller

Martin Hansen, Marianne B. Wiese,
Morten Gausby og Susie Mielby



Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb

Delrapport 6
Teknisk håndtering og lagring af
bygeologiske data og modeller

Martin Hansen
Marianne B. Wiese
Morten Gausby
Susie Mielby



Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb

Delrapport 6

Teknisk håndtering og lagring af bygeologiske data og modeller

Forfattere: Martin Hansen, Marianne B. Wiese, Morten Gausby og Susie Mielby

Forside model: Tom Martlev Pallesen

Særudgivelse

Omslag: Henrik Klinge

Repro: GEUS

Oplag: 20

September 2015

Rapporten kan hentes på nettet: www.geus.dk

© De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS
Øster Voldgade 10
DK-1350 København K
Telefon: 38 14 20 00
E-post: geus@geus.dk

Projektet er baseret på midler fra Vandsektorens Teknologiuudviklingsfond (VTU) og er udført i samarbejde med Odense Kommune, VandCenter Syd, I-GIS og Alectia A/S.

Forord

Odense Kommune, VandCenter Syd og GEUS indgik i 2012 et samarbejde om at få udviklet en 3D geologisk/hydrogeologisk model af undergrunden i Odense Kommune.

Der blev som følge heraf i 2013 søgt og igangsat et 2-årigt projekt baseret på midler fra Vandsektorens Teknologiudviklingsfond (VTU) med deltagelse af Odense Kommune, VandCenter Syd, I-GIS, Alectia A/S og GEUS.

Til gennemførelsen af projektet har der været nedsat en projektgruppe og en styregruppe.

Projektgruppen har bestået af

- Susie Mielby Projektleder, hydrogeolog, GEUS
- Carsten Emil Jespersen Klimatilpasningsansvarlig, Odense Kommune
- Christian Ammitsøe Projektchef, VandCenter Syd
- Gert Laursen Hydrogeolog, klimatilpasning i Odense Kommune
- Jan Jeppesen Markeds- og udviklingschef, klimatilpasning, Alectia A/S
- Johan Linderberg Hydrogeolog, VandCenter Syd
- Knud Søndergaard Kontorchef, Odense Kommune
- Margrethe Kristensen Ekspert i GeoScene3D, GIS og data, GEUS
- Martin Hansen Sektionschef for GEUS´ databasesektion
- Niels-Peter Jensen Daglig leder af I•GIS A/S, specialist i IT/GIS
- Peter Sandersen Ekspert i geologisk modellering, GEUS

Styregruppen har bestået af

- Christian Ammitsøe Projektchef, VandCenter Syd
- Knud Søndergaard Kontorchef, Odense Kommune og
- Thomas Vangkilde-Pedersen Statsgeolog, GEUS.

Rationalet ved samarbejdet

Håndteringen af det urbane vandmiljø kræver viden om overfladehydrologi, afløbssystemer, geologi og grundvandsforhold. En forudsætning herfor er opbygning af en detaljeret overfladenær model i tre dimensioner med systematisk anvendelse af eksisterende og nye data.

På kommuneniveau foreligger der ikke en tradition for systematisk opsamling og opdatering af geologiske/hydrogeologiske kortlægninger. De eksisterende kortlægningsresultater udgør fragmenter af en helhed, og der foreligger ofte flere geologiske/hydrogeografiske modeller. Disse kan være udført med forskellige formål, med års mellemrum og på baggrund

af forskellige datasæt. Det er derfor nødvendigt at tage stilling til, hvilke af de tidligere modeltolkninger der kan anvendes, og om der er behov for indsamling af nye data.

Oftestarter man forfra med modelopbygning, når ny viden eller behov opstår, og det er et stort og tidskrævende arbejde, hver gang der skal tilvejebringes et nyt grundlag for beslutninger.

Et bedre kendskab til byens geologi og en forbedret anvendelse af data vil medføre et forbedret beslutningsgrundlag til brug for bl.a. tilpasning til fremtidens klima. Derved vil klimatilpasningen kunne gennemføres med større effekt og væsentlige besparelser i forhold til de efterfølgende rigtigt omkostningstunge beslutninger, når planlægningen i sidste ende skal omsættes til bygværker, kloaker, veje, faskiner mv.

En behovsorienteret, systematisk vedligeholdelse og udbygning af en grundlæggende geologisk/hydrogeologisk model vil for en kommune eller et forsyningsselskab betyde hurtigere, bedre og mere robuste beslutninger.

En fælles 3D geologisk/hydrogeologisk model/GIS-system til håndtering af kortlægningsresultaterne vil desuden kunne udgøre fundamentet for en mere ensartet arbejdsgang, og at kommunens forskellige forvaltninger har adgang til det samme, opdaterede beslutningsgrundlag – hele tiden.

Internationalt samarbejde

Danmark står ikke alene med behovet for viden og modellering af undergrunden under byerne. GEUS og Odense Kommune har parallelt med dette projekt deltaget i et EU COST-projekt, hvis formål det er, at opbygge viden på et internationalt plan ("SUB-URBAN: A European network to improve the understanding and use of the subsurface beneath our cities"), og VTU-projektet og SUB-URBAN har på forbilledlig vis understøttet hinanden.

Parløbet mellem de to projekter har været til gavn for både deltagelsen i COST-projektet og VTU-projektet.

Formidling af resultater

Projektet er undervejs formidlet ved en lang række præsentationer på konferencer, faglige møder og ved møder med potentielle brugere.

Foruden den etablerede 3D model udgør det opbyggede modelkoncept med tilhørende anbefalinger et nyttigt foregangseksempel til brug for opstilling af andre kommende kommunemodeller for andre offentlige myndigheder.

Der er gjort en lang række forskellige erfaringer, udviklet metoder og samlet relevant viden for modelleringen af undergrunden undervejs i projektet. Denne viden er opsamlet i en række delrapporter, der alle har samme overordnede projekttitel.

Delrapporterne har følgende undertitler:

- **3D-modellen som basis for håndtering af det urbane vandkredsløb**
- **Indsamling og vurdering af data**
- **Geotekniske data til planlægning og administration**
- **3D geologisk/hydrostratigrafisk modellering**
- **Interaktiv modellering af antropogene lag**
- **Teknisk håndtering og lagring af bygeologiske data og modeller**

Hver af delrapporterne afsluttes med en række anbefalinger, som er opsamlet i en syntese-rapport med følgende titel

- **Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb**

Nærværende rapport udgør en af rapporterne i den ovennævnte rapportserie.

Indhold

1.	Indledning	11
2.	Geoteknisk information	11
2.1	Lagring af Geoteknisk information i Jupiter	11
2.2	Håndtering af geotekniske data nu og fremover.....	15
3.	Urbane modeller	16
3.1	Lagring af urbane modeller	16
3.2	Visualisering af lagrede urbane modeller	17
3.3	Visualisering af grid i 3D	17
3.4	Visualisering af temaer i 2D	18
3.5	Håndtering af urbane modeller.....	18
4.	Resultater	19
5.	Anbefalinger	20
6.	Referencer	21

1. Indledning

I denne rapport præsenteres det arbejde og de overvejelser der er gjort i projektet omkring lagring af geotekniske parametre samt visualisering og lagring af urbane modeller.

Rapporten skal ses som en teknisk dokumentation for dataopsamlingen i VTU-projektet, som støtte til det videre arbejde med modelleringen og i forbindelse med anvendelsen af resultaterne heraf.

2. Geoteknisk information

Ved projektets start havde der ikke tidligere været lagret geotekniske parametre i Jupiter databasen. Derfor blev det i projektbeskrivelsen forudsat etablering af en facilitet, der kunne lagre de geotekniske parametre, som projektet forventede at modtage.

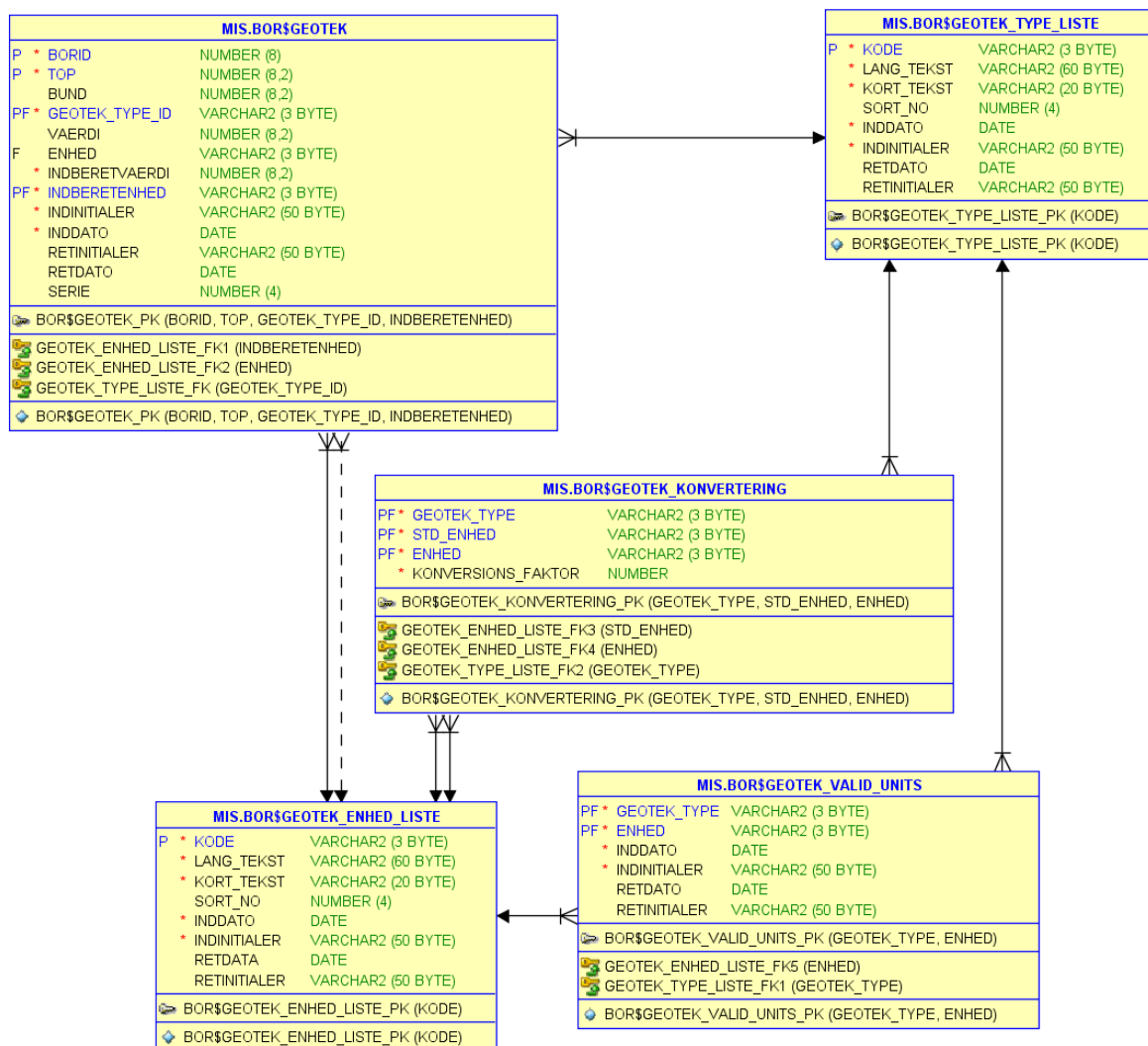
Selve boringsoplysningerne fra de geotekniske borerer passede allerede ind i den eksisterende struktur i Jupiter (hvor der i forvejen findes en del geotekniske borerer). Det var kun de geotekniske parametre, som f.eks. vingeforsøg, der ikke kunne lagres i Jupiter. I forbindelse med dette projekt, er Jupiter blevet udvidet med en række tabeller til at lagre de geotekniske oplysninger.

2.1 Lagring af Geoteknisk information i Jupiter

Ved indlæsning af nye data skal de forskellige typer af geotekniske målinger være i kodelisten "Bor\$Geotek_type_liste" i en af de enheder, der defineres i tabellen "Bor\$Geotek_valid_units" (se Figur 1).

I forbindelse med indlæsningen skal det samtidigt tjekkes, om den enhed som målingen foretages i er lovlig for målemetoden. Dette sker ved opslag i tabellen "Bor\$geotek_enhed_liste". Dette sikrer at en måling kun kan indlæses i enheder der er relevante for målingen, f.eks. ville en længde skulle kunne indlæses i meter, centimeter eller millimeter, men ikke i gram eller kilogram.

Ved indlæsning omregnes "Indberetvaerdi" til "vaerdi", således at de forskellige typer af målinger altid lages i samme enhed. Begge værdier gemmes. Omregningen sker ved opslag i tabellen "Bor\$geotek_konvertering" hvor i de forskellige omregningsfaktorer gemmes. Dette sikrer, at der for hver målemetode findes et sæt af værdier i samme enhed.



Figur 1. Diagram, der viser opbygningen af de tabeller, der indeholder geotekniske parametre

I det følgende ses den implementerede datastruktur for de geotekniske parametre.

Bor\$Geotek:

En tabel med alle analyser.

Felt	Type	Null	Beskrivelse / FK
Borid	Number(8,0)	not null	Fk Borehole.boreholeno
Top	Number(8,2)	not null	Top of measurement
Bund	Number(8,2)		Bottom of measurement – if not point
Geotek_Type_Id	Varchar2(3 byte)	not null	Fk GeotechType
Serie	Number(4,0)		Målinger med samme værdi er forbundet.
Vaerdi	Number(8,2)		Beregnet felt: Værdien af målingen, for denne type, beregnet til stardardenheden.
Enhed	Varchar2(3 byte)		Beregnet felt Målingens stardardenhed.
Indberetvaerdi	Number(8,2)	not null	Værdien af målingen.
Indberetenhed	Varchar2(3 byte)	not null	FK mod Geotek_enhed_liste
Indinitialer	Varchar2(50 byte)		
Inddato	Date		
Retinitialer	Varchar2(50 byte)		
Retdato	Date		

Bor\$Geotek_Type_Liste

– Inkluderes i PCJupiterXL Code & CodeType - GeotechType:

Kodeliste over alle lovlige geotekniske målemetoder.

Felt	Type	Null	Beskrivelse / FK
Kode	Varchar2(3 byte)	not null	Autoinc
Lang_Tekst	Varchar2(60 byte)	not null	
Kort_Tekst	Varchar2(20 byte)	not null	
Sort_No	Number(4,0)		
Inddato	Date	not null	
Indinitialer	Varchar2(50 byte)	not null	
Retdato	Date		
Retinitialer	Varchar2(50 byte)		

Bor\$Geotek_enhed_liste

- Inkluderes i PCJupiterXL Code & CodeType - GeotechUnit

Kodeliste over alle lovlige geotekniske enheder.

Felt	Type	Null	Beskrivelse / FK
Kode	Varchar2(3 byte)	not null	Autoinc
Lang_Tekst	Varchar2(60 byte)	not null	
Kort_Tekst	Varchar2(20 byte)	not null	
Sort_No	Number(4,0)		
Inddato	Date	not null	
Indinitialer	Varchar2(50 byte)	not null	
Retdata	Date		
Retinitialer	Varchar2(50 byte)		

Bor\$Geotek_Valid_Units:

Liste, der viser hvilke enheder, der er lovlige for de forskellige geotekniske målemetoder. Kan en metode indrapporteres i flere enheder, skal der være en post for hver enhed med samme GeotechType.

Felt	Type	Null	Beskrivelse / FK
Geotek_type	Varchar2(3 byte)	not null	FK geotek_type_liste
Enhed	Varchar2(3 byte)	not null	FK geotek_enhed_liste
Inddato	Date	not null	
Indinitialer	Varchar2(50 byte)	not null	
Retdato	Date		
Retinitialer	Varchar2(50 byte)		

Bor\$Geotek_Konvertering:

Liste der viser hvordan en målemetode omregnes til den for metoden foretrukne enhed.

Felt	Type	Null	Beskrivelse / FK
Geotek_type	Varchar2(3 byte)	not null	FK geotek_type_liste
Std_enhed	Varchar2(3 byte)	not null	FK geotek_enhed_liste
Enhed	Varchar2(3 byte)	not null	FK geotek_enhed_liste
Konversions_faktor	Number	not null	Den faktor som Unit skal ganges med for at få StdUnit

For at omregne meter til standardenheden centimeter, skal der indlæses "type", "cm", "m", "0.1".

2.2 Håndtering af geotekniske data nu og fremover

Selv om databasen blev udvidet til at håndtere geotekniske parametre til dette projekt, så lykkedes det aldrig at få fat i nogle data, der kunne indlæses. Den ovenstående datamodel blev derfor aldrig afprøvet i praksis.

Da de mest udbredte borer i byområder er geotekniske og da de geotekniske parametre spiller en vigtig rolle i byområder, er der arbejdet videre med lagring af geotekniske parametre.

Igennem de seneste måneder har GEUS forhandlet med en offentlig institution om muligheden for denne institution at bruge Jupiter til at lagre geotekniske borer, og stille det som et krav i forbindelse med fremtidige opgaver, at de borer der udføres som en del af opgaven, skal indberettes til Jupiter. Der er pt. ved at blive skrevet kontrakt, og går det som håbet, vil det senere i år være muligt for rådgivere at indlæse borer i Jupiter, herunder boringsteknik, boringsopbygning, geologi, vandkemi, jordkemi og luftkemi fra borerne samt også geotekniske parametre og en pdf-borerapport af boringen. Denne løsning vil bygge videre på PCJupiterXL datamodellen og de webservices, som GEUS har udviklet for Danmarks Miljøportal. Løsningen bliver derfor også tilgængelig for alle aktører i Danmark, og de data der indberettes vil alle blive offentligt tilgængelige.

3. Urbane modeller

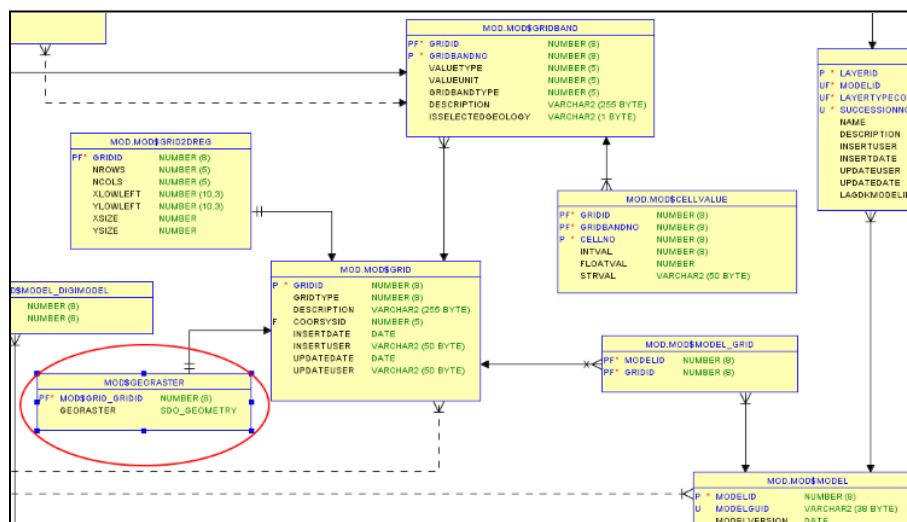
GEUS har siden 2006 haft en Modeldatabase til lagring af geologiske / hydrostratigrafiske modeller. Denne database lagrer de forskellige geologiske oplysninger i regulære grid. Denne model kan i princippet godt lagre modeller i stil med den voxel-model, der er udviklet i projektet, se Delrapport 4 - 3D geologisk/hydrostratigrafisk modellering i Odense (Sandersen m.fl., 2015) og Delrapport 5 - Interaktiv modellering af antropogene lag (se Pallesen & Jensen, 2015).

Den store mængde voxler vil dog gøre håndteringen af modellen meget tung. Der er derfor eksperimenteret med lagring af de enkelte lag som GeoRaster data i databasen.

3.1 Lagring af urbane modeller

Odense bymodel vil blive lagret i en udvidelse af GEUS' eksisterende Modeldatabase. Geologiske og hydrostratigrafiske lag gemmes som regulære grids i en ny tabel med en datatype kaldet GeoRaster. Der er endnu ikke taget stilling til formatet for voxelmodeller.

GeoRaster er kendetegnet ved, at den er velegnet til at levere delmængder af et større grid til et mindre område, idet man kan anvende spatielle søgekriterier.



Figur 2. Udsnit af Datamodel for GEUS' eksisterende modeldatabase, udvidet med ny spatiel tabel MOD.MOD\$GEORASTER

3.2 Visualisering af lagrede urbane modeller

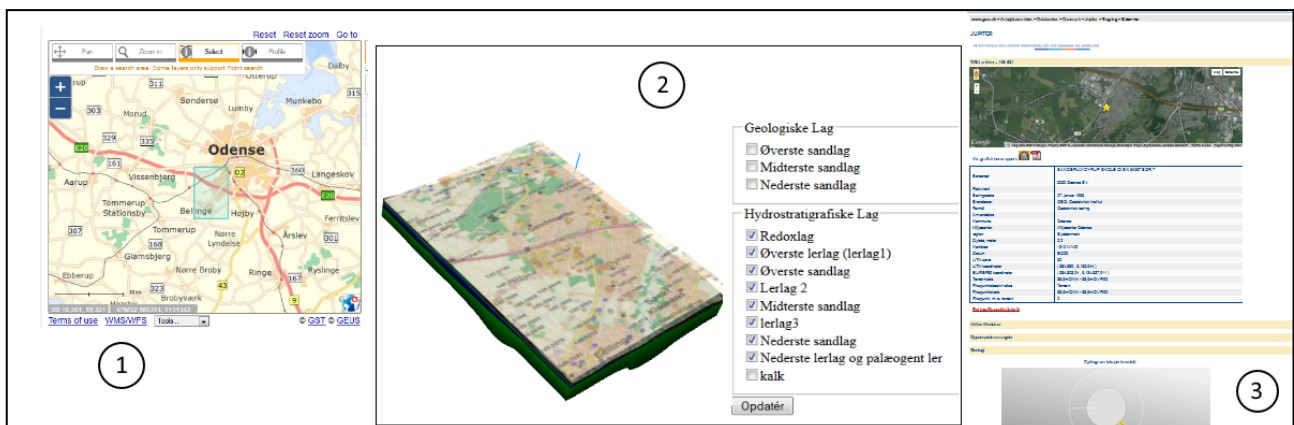
Den urbane model for Odense vises på en hjemmeside, som virker i moderne browsere, og som tillader brug af WebGL.

Brugeren kan udvælge et mindre rektangel til interaktiv visning af delmodel i 3D. Brugeren kan tænde og slukke for individuelle geologiske eller hydrostratigrafiske lag, samt zoome og vende modellen i 3D. Profiler vises i 3D modellens snitflader, dog begrænset til øst-vest og nord-syd gående retninger.

I terrænniveau kan forskellige 2D temaer vælges for visning:

- Topografisk kort plus borer
- Jordartskort 1:200.000
- Vandløb og lavtliggende områder
- Magasinafgrænsninger

På det topografiske kort vises borer som klikbare links til borerapporter (2).



Figur 3. Valg af modelområde (1), Visning af model i 3D (2) og link til borerapport (3)

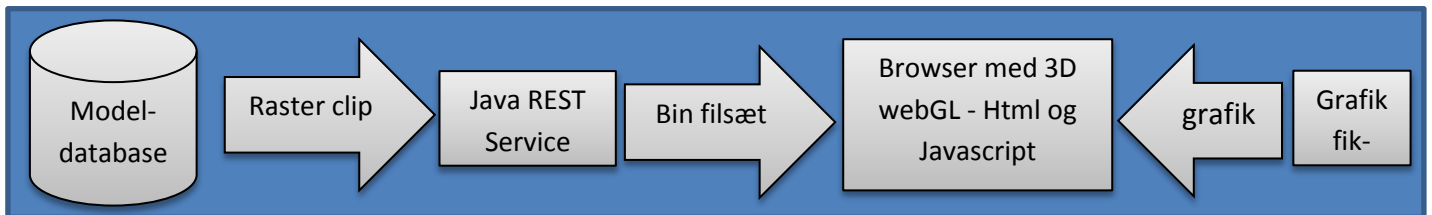
3.3 Visualisering af grid i 3D

Griddata for Odense bymodel lagres i en særlig Georaster tabel i GEUS modeldatabase. Brugeren vælger med sin browser et område til visning i 3D. Herefter rekvirerer browseren det valgte område fra en Java service, som klipper det valgte område ud for alle relevante geologiske eller hydrostratigrafiske lag, konverterer det med GDAL, der et Open Source bibliotek, der kan transformere spatielle data imellem forskellige formater, og sender data ud som *.bin filer til browseren, med en *.bin fil pr. laggrænse.

Der sendes også metadata om hvert lag med, i json/tekst format. I browseren tager et javascript program fat i 2 binære filer ad gangen, og genererer ud fra top- og bundgrænsen for et enkelt lag en lukket boks.

Javascript kommunikerer med grafikkortet på brugerens computer, og viser i browseren en geologisk model i form af en lagserie, som brugeren kan manipulere i en 3D visning.

Arkitekturen kan illustreres således:



3.4 Visualisering af temaer i 2D

Temaer for 2D data hentes fra WMS – tjenester og vises i GEUS' standard kortviser. Her sker også udvælgelse af modelområde til 3D visning, som åbner i separat faneblad, såfremt brugerens browser har kapacitet til visning af WebGL.

3.5 Håndtering af urbane modeller

Den detaljeringsgrad, der er behov for i urbane modeller, vil ofte medføre meget store datamængder målt i antal lag / celler / voxels. Den eksisterende Modeldatabase er ikke hensigtsmæssig til lagring af denne type modeller. Det er ganske sandsynligt, at der vil komme flere af denne type meget detaljerede modeller i fremtiden, hvorfor det må forventes at en fremtidig udvidelse vil være påkrævet.

4. Resultater

I projektet har det været forsøgt at fremskaffe geotekniske borer med geologi og geotekniske parametre. Det lykkedes at få fremskaffet et mindre antal borer, men uden geotekniske parametre. Borer blev indlæst i Jupiter, og databasen blev også udvidet til at kunne håndtere simple geotekniske parametre, men da der ikke kunne skaffes digitale geotekniske parametre, blev denne del aldrig testet.

Modellen udviklet under projektet er meget detaljeret og i en opløsningsgrad, der gør modellen meget tung i den eksisterende modeldatabase. Det samme gør sig gældende for webbaseret visualisering, hvor caching af modeller har vist sig nødvendig.

Udviklingen af geologiske modeller er gået hurtigt de seneste år, og de modeller der udvikles bliver mere og mere avancerede, og omfatter flere og flere data. Den nuværende data-model i Modeldatabase er udviklet for snart 10 år siden, og den trænger til en opdatering. Den nuværende model kan kun rumme modeller, der kan lagres som flader bestående af celler af samme størrelse gennem hele laget. Modellen kan kun håndtere simple geologiske folder, mens mere avancerede geologiske strukturer og forkastninger ikke kan rummes. GEUS arbejder sideløbende med dette projekt på at finde ud af, hvordan modeldatabase kan opdateres til at håndtere disse mangler og arbejder også på at skaffe midler til opgaven.

5. anbefalinger

Jupiterdata

Mange af de borer, der udføres i byområder, udføres for offentlige myndigheder, f.eks. i forbindelse med offentlige anlægsarbejder og regionernes undersøgelse af jordforurenninger. Samtidigt mangler andre offentlige myndigheder i stor udstrækning adgang til geologiske / geotekniske oplysninger i byområder, og vil være nødsaget til at bruge ressourcer på at indsamle og konvertere / digitalisere data fra andre kilder.

Da der nu findes systemer til digital indberetning af borer til Jupiter, og da denne er ved at blive udviklet til også at omfatte geotekniske parametre, anbefales en form for indberetningspligt som værende et oplagt middel til at stille data til rådighed. Indberetningspligten kunne f.eks. være på alle borer udført for offentlige myndigheder, se i øvrigt Delrapport 3 - Geotekniske data til planlægning og administration (Laursen M.fl., 2015).

En indberetning i denne stil vil medvirke til en opfølgning på hensigten i den dataansvarstale der er udarbejdet i regi af Danmarks Miljøportal og underskrevet af Miljøministeriet, Kommunernes Landsforening og Danske Regioner til andre ministerier, og sikre en større grad af datadeling de offentlig myndigheder imellem.

Modeller

Det bør tilskyndes, at de udarbejdede urbane modeller lagres i modeldatabasen, så de bliver til gavn for andre aktører.

Modeldatabasen bør opdateres med en facilitet til lagring af voxel-data.

6. Referencer

GDAL translator library for raster and vector geospatial data:

<http://www.gdal.org/>

Jupiter databasen:

<http://www.geus.dk/DK/data-maps/jupiter/Sider/data-dk.aspx>

Laursen, G., Mielby, S. & Kristensen, M., 2015:

Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb. Delrapport 3 - Geotekniske data til planlægning og administration. Udarbejdet i VTU-projektet

Modeldatabasen:

<http://data.geus.dk/geusmap/?mapname=modeldb>

Pallesen, T. M. & Jensen, N.-P., 2015:

Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb. Delrapport 5 - Interaktiv modellering af antropogene lag. Udarbejdet i VTU-projektet

Sandersen, P., Kristensen, M. & Mielby, S., 2015:

Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb. Delrapport 4 - 3D geologisk/hydrostratigrafisk modellering i Odense. Udarbejdet i VTU-projektet

UDVIKLING AF EN 3D GEOLOGISK/HYDROGEOLOGISK MODEL SOM BASIS FOR DET URBANE VANDKREDS- LØB

DELRAPPORT 6 TEKNISK HÅNDBETING OG LAGRING AF DATA OG MODELLER

Der er stigende fokus på den urbane geologi i disse år. Kommuner og vandselskaber står med nye opgaver inden for klimatilpasning, etablering af vedvarende energi, indsatsplaner mv., ligesom byomdannelser, infrastrukturprojekter og anlægsopgaver stiller krav om detaljeret viden om de geologiske forhold. Manglende viden medfører risiko for fejl i planlægning og investeringer.

Odense Kommune, VandCenter Syd og GEUS indgik derfor i 2012 et samarbejde om at få udviklet en 3D geologisk/hydrogeologisk model af undergrunden i Odense Kommune. I 2013 blev der igangsat et 2-årigt projekt baseret på midler fra Vandsektorens Teknologiuudviklingsfond (VTU) med deltagelse af Odense Kommune, VandCenter Syd, I-GIS, Alectia A/S og GEUS.

Også på landsplan er problemstillingen velkendt, og det har derfor været forudsat, at resultaterne fra dette projekt skal kunne bruges som anbefalinger til et landsdækkende modelkoncept omfattende en systematisk modelopbygning og vedligeholdelse til gavn for kommuner, vandselskaber og rådgivere.

VTU-Projektet er nu færdigt, og i denne afrapportering af projektet præsenteres forhold, der er vigtige for håndteringen af det urbane vandkredsløb, f.eks. om adgang til data (geotekniske, infrastruktur etc), hvordan en kommunal geologisk/hydrogeologisk model opbygges og vedligeholdes, hvordan de allerøverste lag (antropogenet) kan modelleres, hvordan modellerne samlet set bidrager til klimatilpasning osv.

Danmark står ikke alene med behovet for viden og modellering af undergrunden under byerne. GEUS og Odense Kommune har parallelt med dette projekt deltaget i et EU-projekt, hvis formål er at opbygge viden på et internationalt plan ("SUB-URBAN - A European network to improve the understanding and use of the subsurface beneath our cities"). Dette giver samtidig mulighed for en international vinkel i rapporteringen.