

Geologien i motorvejsstrækningen ved Silkeborg

Profilbeskrivelser og opdatering af geologisk model fase 2

Peter Roll Jakobsen, Jacob Baarstrøm Kidmose & Erik Skovbjerg Rasmussen

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER
FOR DANMARK OG GRØNLAND,
KLIMA-, ENERGI- OG BYGNINGSMINISTERIET



GEUS

Geologien i motorvejsstrækningen ved Silkeborg

Profilbeskrivelser og opdatering af geologisk model fase 2

Peter Roll Jakobsen, Jacob Baarstrøm Kidmose & Erik Skovbjerg Rasmussen

Indhold

1.	Indledning	3
1.1	Formål	3
1.1.1	Feltarbejde.....	3
2.	Områdets geologi	5
3.	Beskrivelse af lokaliteter	7
3.1	Terrassen	8
3.1.1	Lokalitet 10	8
3.1.2	Lokalitet 11	8
3.1.3	Lokalitet 1	11
3.1.4	Lokalitet 2	12
3.1.5	Lokalitet 3	13
3.1.6	Lokalitet 4	14
3.2	Glaciale aflejringer.....	15
3.2.1	Lokalitet 8	15
3.3	Miocæne aflejringer.....	16
3.3.1	Lokalitet 5	16
3.3.2	Lokalitet 6	17
3.3.3	Lokalitet 9	18
3.3.4	Lokalitet 7	19
4.	Sammenfatning og Geologisk model	24
5.	Hydrogeologiske implikationer	25
5.1	Præ-kvartæret og overgangen til de kvartære aflejringer.....	25
5.2	Kvartæret og terrassefladen.....	26
6.	Referencer	28

1. Indledning

1.1 Formål

Projektet er et delprojekt af samarbejdet mellem Vejdirektoratet og GEUS, der omhandler hydrologisk modellering af grundvands og overfladevands forhold igennem den nordlige del af Silkeborg, hvor Vejdirektoratet skal anlægge en ny motorvej. Motorvejen og tilhørende konstruktion vil blive nedsænket i forhold til terrænet på nogle strækninger, og det vurderes, at grundvandsforholdene er kritiske både for designet af anlægget og for arbejdet i anlægsfasen. Motorvejsstrækningen igennem Silkeborg krydser et geologisk komplekst område hvor specielt et kraftigt topografisk relief definerer overgange mellem ældre Miocæne lag og yngre glaciale og postglaciale aflejringer.

Formålet med denne undersøgelse er at undersøge og beskrive de geologiske enheder der er midlertidigt blottet under anlægsarbejdet til motorvejen rundt om Silkeborg, som er kendt fra boringsoplysninger og det geologiske kort over området, for at kunne bekræfte og eventuelt forbedre den opstillede hydrologiske model for området..

1.1.1 Feltarbejde

I forbindelse med projektet er der lavet feltarbejde, hvor der er opmålt sedimentologiske logs udvalgte steder, for at beskrive og dokumentere sedimenterne i de forskellige enheder der bliver gennemskåret af motorvejsarbejdet. Desuden er der taget billeder af de midlertidigt blottede profiler.

Udgravningerne er besøgt i 2 omgange. Den 30. og 31. november 2013 er lokaliteterne 1 til 8 beskrevet, opmålt og fotograferet, og 21. og 22. maj 2014 lokaliteterne 9 til 11 (figur 1). Ved feltarbejdet blev de midlertidigt blottede profiler i forbindelse med udgravningerne til motorvejen ved Silkeborg besigtiget, og profiler opmålt.

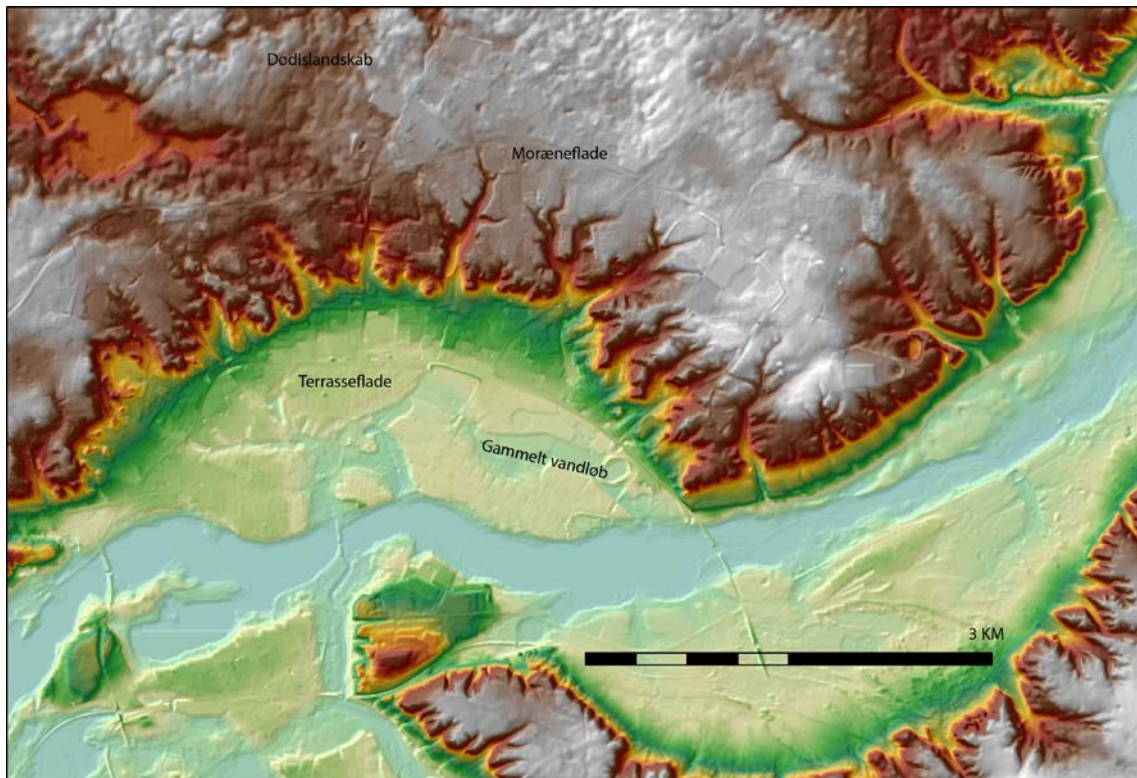
Desuden har Erik Rasmussen lavet en detailopmåling af de miocæne aflejringer, der var blottet ved Tværvæg.



Figur 1. Oversigt over de beskrevne lokaliteter. De grønne prikker markerer lokaliteter besøgt 30. og 31. november 2013, og de røde prikker markerer lokaliteter besøgt 21. og 22. maj 2014. Erik Skovbjerg besøgte lokaliteten ved den nordligste røde prik i slutningen af maj.

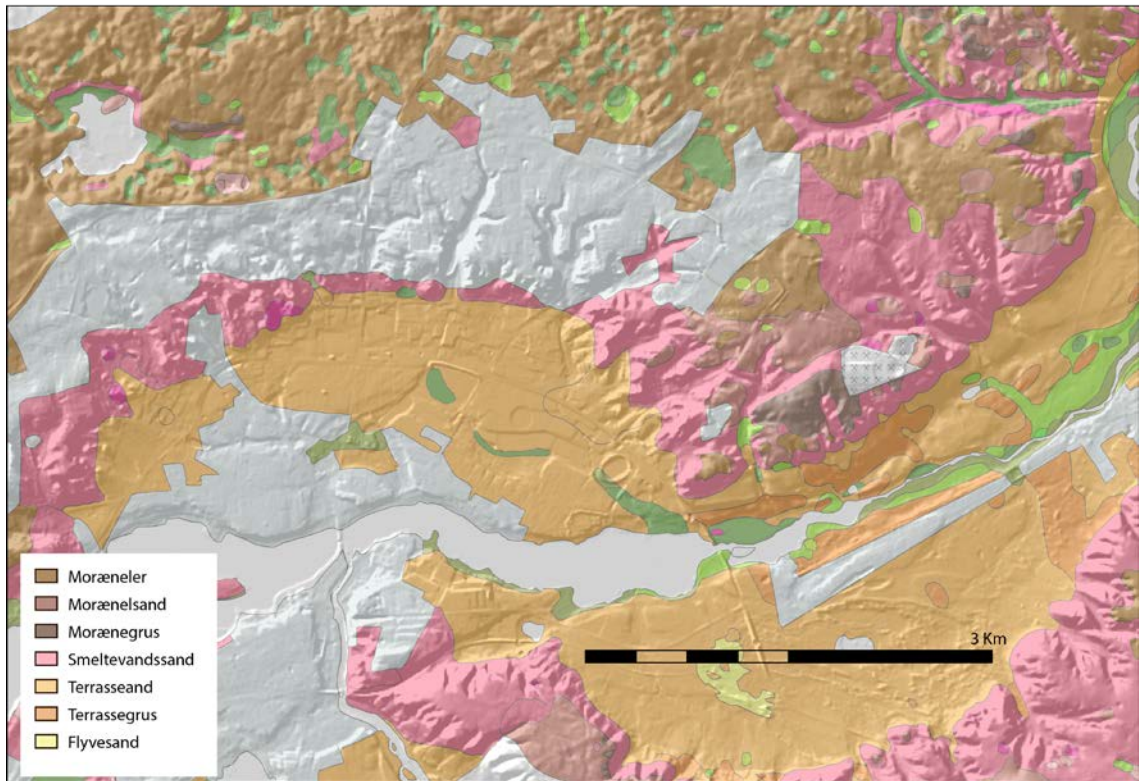
2. Områdets geologi

Landskabet i og omkring Silkeborg er i høj grad præget af Gudenå dalen, der skærer sig dybt ned i den glaciale flade der ligger ca. i kote 60 til 70 m (figur 2). Nord for Silkeborg kan den glaciale flade morfologisk deles op i en bundmoræneflade og et dødislandskab. Store dele af den glaciale flade er et dødislandskab, der er et uroligt terræn med afløbsløse lavninger. I Silkeborg er Gudenå dalen ca. 40 m dyb. På siderne af Gudenå dalen er der eroderet skarptskårne raviner ind i dalsiderne.



Figur 2. Højdemodel baseret på LiDAR data, Den glaciale flade (grålige farver) ligger i kote ca. 70 m, og terrassefladen (lysgrøn) i kote ca. 28 m

Den glaciale flade består overvejende af moræneler (figur 3) (Jakobsen et al. 1996). I de afløbsløse lavninger i dødislandskabet er der oftest aflejret tørv, der således ligger spredt som små enheder. I dalsider af Gudenåen er der smeltevandssand. Grænsen mellem smeltevandssand og moræneler ligger ca. i kote 55 m. Terrassefladen i bunden af Gudenå dalen består primært af terrassesand og stedvis terrassegrus. I aflange bugtende lavninger på fladen, der er afsnørede, tidligere vandløb, er der aflejret tørv. Tørv er også aflejret langs den nuværende Gudenå.



Figur 3. Geologisk kort over Silkeborg og nærmeste omegn.

De prækvartære aflejringer har hidtil kun været kendt fra borer. I Silkeborgområdet består prækvartæroverfladen af miocæne aflejringer. Det er skiftende lag af glimmerler, glimmersilt og kvartssand.

3. Beskrivelse af lokaliteter

Lokaliteterne er nummereret kronologisk, men vil blive beskrevet samlet for hver geologisk enhed. Beliggenheden er vist på figur 4.



Figur 4. Udgravningerne er besøgt i 2 omgange. Den 30. og 31. november 2013 er lokaliteterne 1 til 8 beskrevet, opmålt og fotograferet, og 21. og 22. maj 2014 lokaliteterne 9 til 11.

3.1 Terrassen

3.1.1 Lokalitet 10

Lokalitet 9 er et jordbundsprofil der skærer sig ned i terrassefladen og de lagdelte sand og gruslag (figur 5). Over jordbunden er der fyld. Den nedskårne overflade er den yderste del af en ravine der skærer sig ned i dalsiden og terrassefladen.



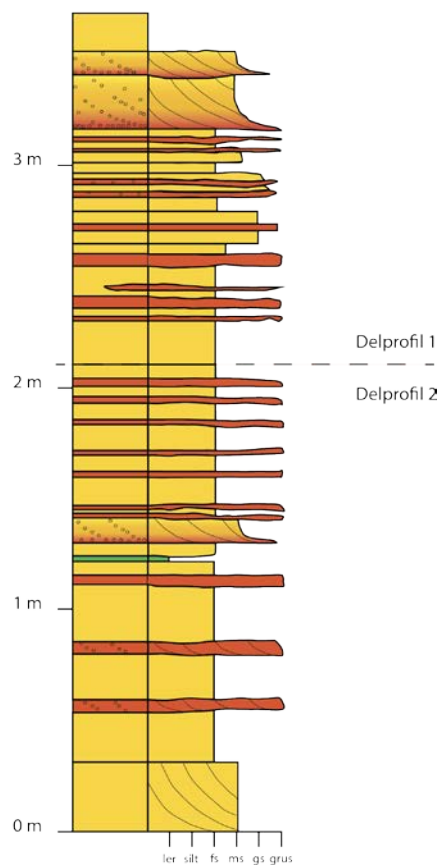
Figur 5. Den fossile jordbund (podsol) der skærer sig ned i terrasseaflejringerne af lagdelt sand og grus. Pilene markerer jordbundslaget, der fremstår lyst.

3.1.2 Lokalitet 11

Lokalitet 10 ligger på den østlige del af terrassefladen. Her er der opmålt to delprofiler, der kotemæssigt dog ligger i forlængelse af hinanden (figur 6). Aflejringerne består af skiftende lag af sand og grus, med et enkelt lille lerlag (figur 7 og 8). Sandet er overvejende finkornet men bliver mellem til grovkornet i toppen. Gruslagene er 5 til 10 cm tykke og de forekommer lidt hyppigere mod toppen. Der er således en opad grovene tendens i sedimenterne.



Figur 6. Foto af beliggenheden af profil 1 og 2 ved lokalitet 11. Delprofil 1 er opmålt fra øverste til det mellemste afgravningsniveau, og delprofil 2 er opmålt fra det mellemste til det nederste afgravningsniveau.



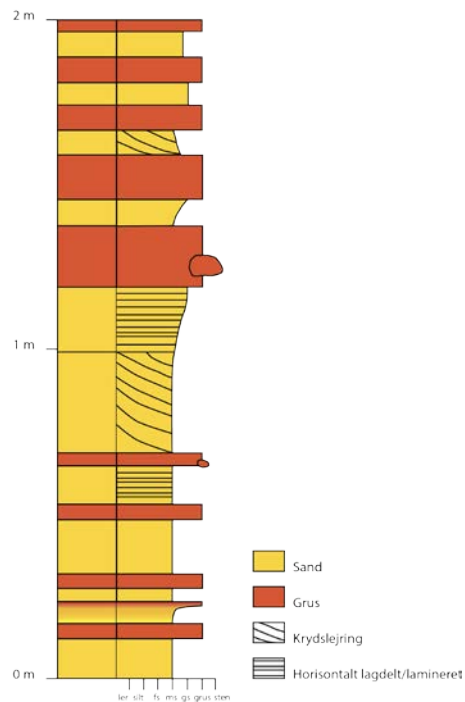
Figur 7. Sedimentologisk log af aflejringerne ved lokalitet 11.



Figur 8. Foto af de to delprofiler ved lokalitet 11.

3.1.3 Lokaltet 1

Lokaltet 1 ligger på terrassefladen, ved Vejdirektoratets kontorer. Aflejringerne består af skiftende lag af sand og grus (figur 9 og 10). Sandet er overvejende mellemkornet sand stedvist med spredte gruskorn. Sandet er overvejende strukturløst, og enkelte af sandlagene har krydslejring. Gruslagene er sandede og usorteret. Nogle af lagene indeholder også sten op til 20 cm i diameter. Det indikerer at materialet ikke er transporteret langt, men er eroderet ud af dalsiderne på Gudenå dalen. Aflejringerne bliver grovere opad, men der er grusede sedimenter i alle niveauer.



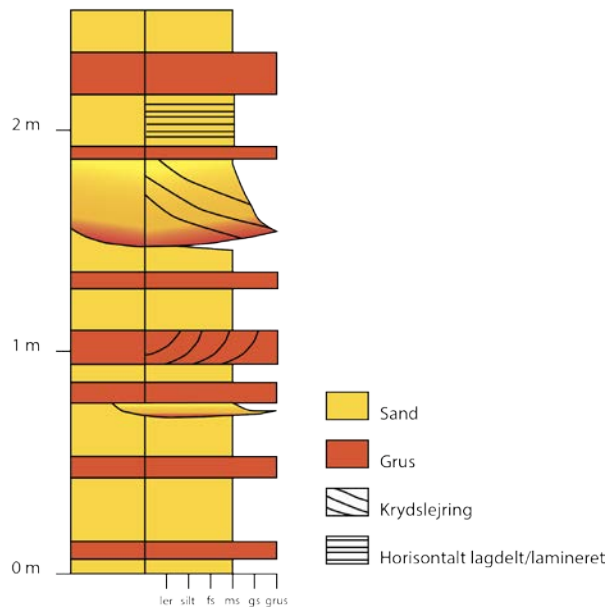
Figur 9. Sedimentologisk log af aflejringerne ved lokalitet 1. Aflejringerne består af sand og grus, og kornstørrelsen er grovere opad.



Figur 10. Foto af lokalitet 1. Lagdelt sand og grus, med store sten i nogle af gruslagene.

3.1.4 Lokaltet 2

Aflejringerne består af lagdelt sand og grus (figur 11). Sandet er overvejende mellemkornet. Gruslagene er usorterede, sandede med enkelte sten. Lagdelingen bliver stedvis skåret af kanaler, der oftest har grus i bunden (figur 12).



Figur 11. Sedimentologisk log af aflejringerne ved lokalitet 2.



Figur 12. Foto af udsnit af lokalitet 2. Lagdelt sand og grus der stedvis skæres af kanaler med grus i bunden.

3.1.5 Lokalitet 3

Lagdelt sand og grus (figur 13). Opbygning og sammensætning er meget lig lokalitet 1 og 2, med skiftende lag af sand og grus. Øverst på billedet af lokaliteten kan redoxgrænsen ses som et farveskift fra rødbrun til gråbrun.



Figur 13. Foto af lokalitet 3. Aflejringerne består af sand og grus. Her ses redox grænsen ved farveskiftet ved spaden.

3.1.6 Lokaltet 4

Lagdelt terrassesand og –grus overlejret af sandet og gruset diamikt (figur 14). Sandet er overvejende mellemkornet sand. Diamikten er sandet, med sand i alle kornstørrelser, stærkt gruset, med sten og den er usortet og strukturløs. Diamikten er nedskylds sand og grus fra den store ravine der skærer sig ind i dalsiden ved Dyrehaven.



Figur 14. Foto af lokalitet 4. Øverst ses en mørkebrun sandet og gruset diamikt. Den overlejrer lagdelt sand og grus med lagdelt og krydslejret sand.

3.2 Glaciale aflejringer

3.2.1 Lokalitet 8

De glaciale aflejringer var gennemgravet ved Høje Kejlstrup, dels i Gudenå dalens sider og længere ind i plateauet, der her ligger i kote ca. 57 m.

Øverst i profilet er der moræneler (figur 15). Herunder er der ca. 6 m smeltevandssand. Smeltevandssandet er stærkt præget af de Miocæne aflejringer, og er mange steder ren kvartssand.



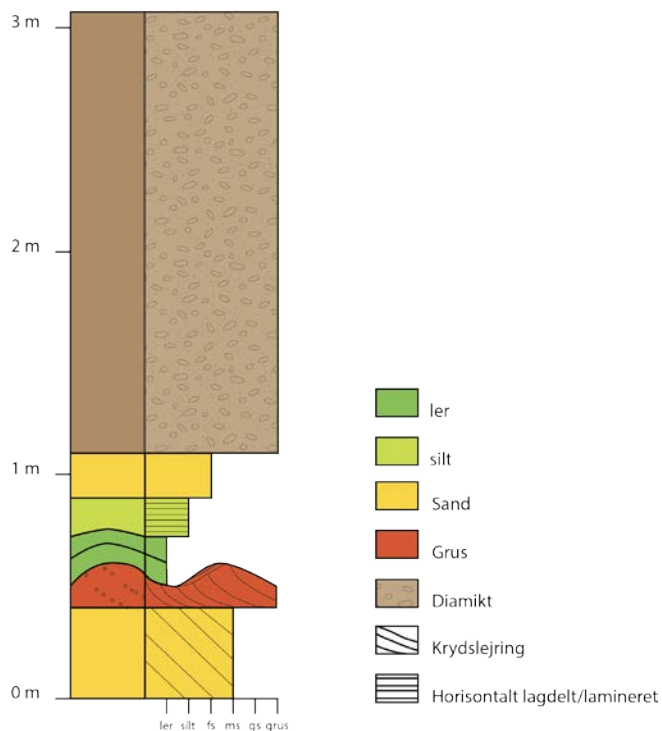
Figur 15. Den sedimentære lagfølge ved lokalitet 8, ved Høje Kejlstrup. Toppen af de blottede miocæne aflejringer markeres ved det sorte glimmerholdige lerlag, der også danner toppen af miocænet ved lokalitet 7.

3.3 Miocæne aflejringer

3.3.1 Lokalitet 5

Lokalitet 5 ligger lige ved foden af Gudenåens dalside. Her ses den sandede og grusede diamikt, der overlejrer miocæne aflejringer (figur 16 og 17). De miocæne aflejringer består af vekslende lag af ler, silt, sand og grus.

Nederst er der et sandlag med planar krydslejringer. Over dette lag følger et fintsorteret gruslag med krydslejringer. Lagets overside er formet som bølgeribber. Dette gruslag draperes af et brunt og et sort lerlag, der begge er glimmerholdige. Herefter følger et glimmerholdigt lagdelt siltlag, der igen overlejres af et glimmerholdigt sandlag. Øverst er der aflejret en senglacial diamikt.



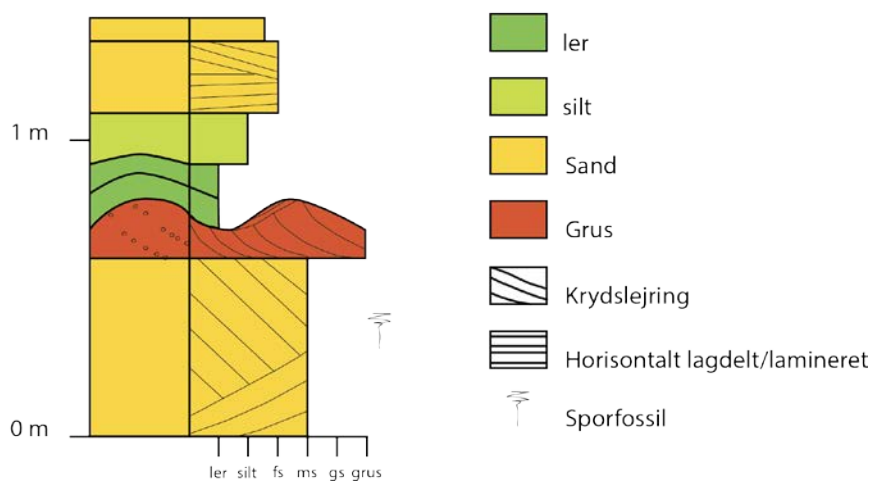
Figur 16. Sedimentologisk log af lokalitet 5.



Figur 17. Foto af lokalitet 5.

3.3.2 Lokalitet 6

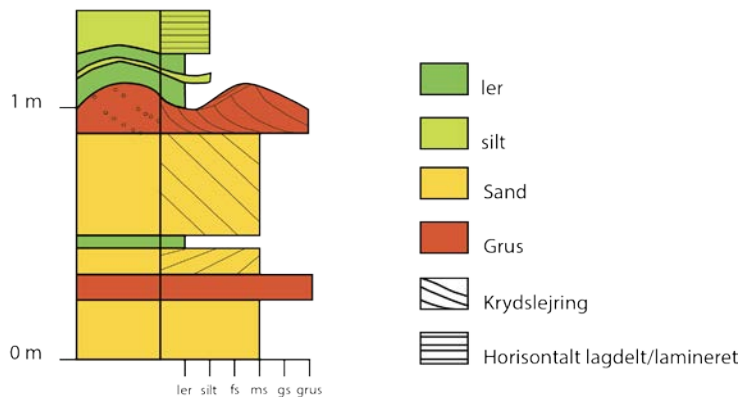
Lokalitet 6 ligger på højde med lokalitet 5 i motorvejens trace, blot på den nordlige side af udgravningen. Blotningen går lidt dybere, men ellers ses samme miocæne succession som på lokalitet 5 (figur 18 og 19). I det nederste sandlag ser man her en gravegang, der viser at aflejringerne er marine. Det diamikte senglaciale lag er ikke blottet her.



Figur 18. Sedimentologisk log af lokalitet 6

3.3.3 Lokalitet 9

Ved lokalitet 9 er samme sekvens blottet som ved lokalitet 5 og 6, blot er der her et mindre lerlag og gruslag nederst i sekvensen (figur 19 og 20).



Figur 19. Sedimentologisk log af lokalitet 9.

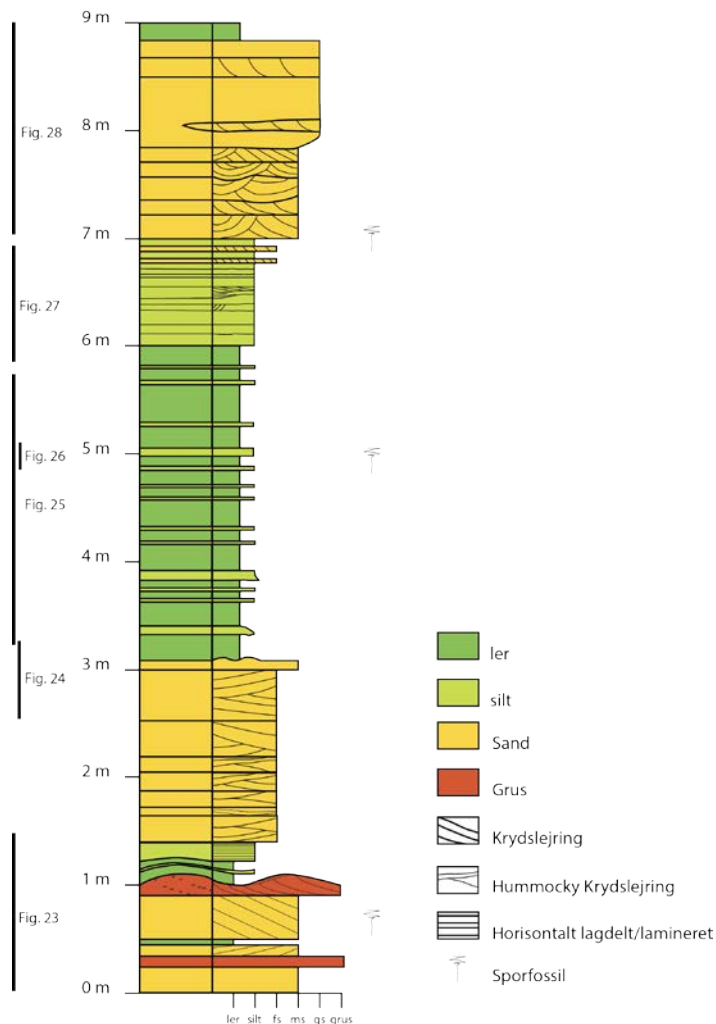


Figur 20. Foto af lokalitet 9.

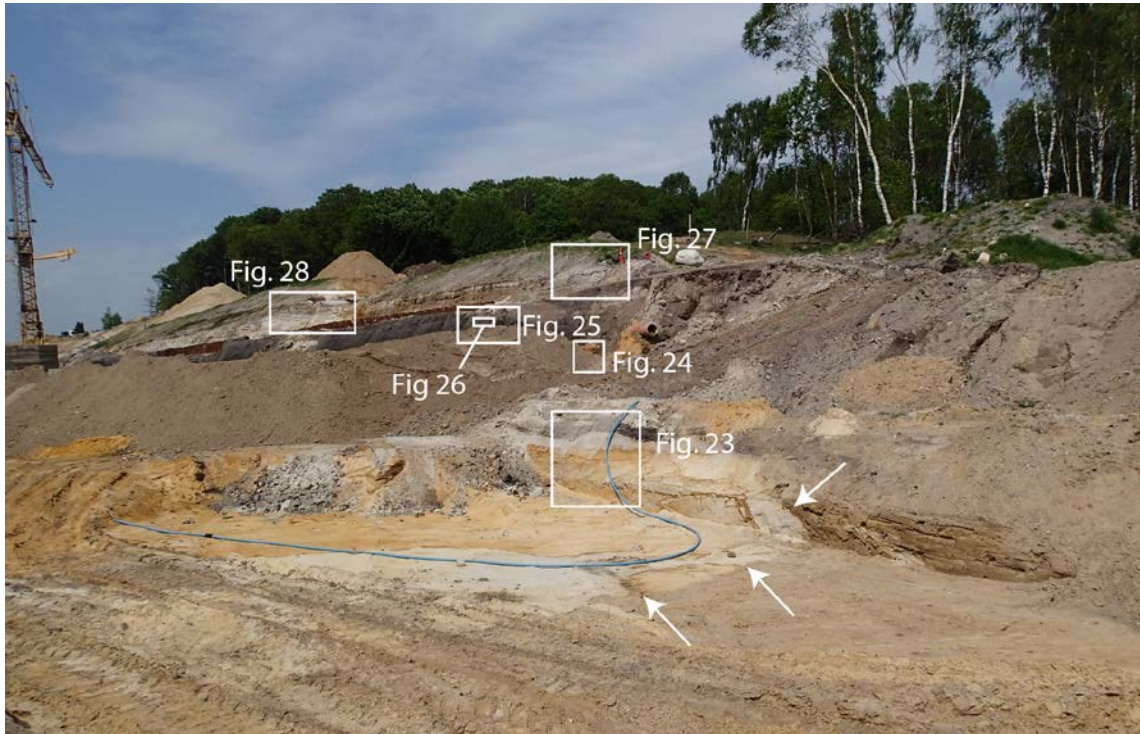
3.3.4 Lokaltet 7

Ved lokalitet 7 er der 9 m miocæne aflejringer blottet (figur 21) i 5 delprofiler (figur 22). Fotos af de enkelte dellokaliteter er vist i figurerne 23 til 28. Nederst er der mellemkornet sand med krydslejringer, hvor der er set sporfossiler, der viser at det er marine aflejringer. Over de sandede lag er der et lag gruset storskala bølgeribber, der draperes af lerlag og et lamineret siltlag. Det overlejres igen af et finkornet sandlag med hummocky krydslejringer der toppes af et mellemkornet sandlag. Hummocky krydslejringer er svagt bølgende lag, der krydser hinanden og de dannes som stormsandslag i havet på stor dybde. Herover kommer 3 m sort siltet ler, stedvist med sporfossiler. En prøve af leret er undersøgt paleostratigrafisk, og viser at det er af Aquitanian alder, der hører til nedre Miocæn, og at leret hører til Vejle Fjord Formationen. Herover følger et 1 m tykt siltlag der øverst har finsandede indslag. Herover følger mellemkornet sand der øverst bliver grovkornet, mest stukturløst, men også med krydslejringsenheder. Det øverste lag er et 20 cm tykt sort lerlag.

Der er således 3 opad grovne sekvenser; den nederste 1 m, fra 1 til 3 m og fra 3 m til 8,8 m.



Figur 21. Sedimentologisk log af lokalitet 7. Lokaltet 7 er sammenstykket af blottede dele af lagpakken i flere niveauer (se Figur 23). De nederste 3 m er sammensat med informationer fra lokaliteterne 5, 6 og 9, så hele den blottede miocæne sekvens er repræsenteret i denne log.



Figur 22. Oversigtsbillede over lokalitet 7. De fire dellokaliteter er indrammet og vist i figurerne 24 til 27. Pilene markerer erosionssnittet i de miocæne aflejringer, med det diamikte sand og grus til højre.



Figur 23. Den nederste del af de blottede miocæne aflejringer. Nederst mellemkornet sand med store krydslejringer. I sandet er der en fossil gravegang der viser at aflejringerne er marine. Herover et mindre sandlag med krydslejringer, og over det følger det grusede lag med storskala bølgeribber. Bølgeribberne draperes af en sort siltet glimmerler.



Figur 24. Finkornet sand med hummocky krydslejring lige under det sorte siltede lerlag. Strukturerne dannes i marine aflejringer på dybt vand i stormsituationer.



Figur 25. Det tykke sorte, siltede lerlag med mindre sandlag og linser. Laget er mikropaleontologisk dateret til Aquitanian, og hører til Vejle Fjord Formationen.



Figur 26. Detalje fra figur 25. Et siltet lag med hummocky krydslejring, hvilket indikerer et marint aflejringsmiljø.



Figur 27. Over det sorte lerlag følger 1 m lagdelt brungråt silt, med hummocky krydslejring, hvilket ligeledes indikerer et marint aflejringsmiljø.



Figur 28. Det øverste miocæne lag er krydslejret kvartssand, der er overlejret af et 20 cm tykt sort, siltet lerlag. Oven over det er der miocænt præget smeltevandssand.

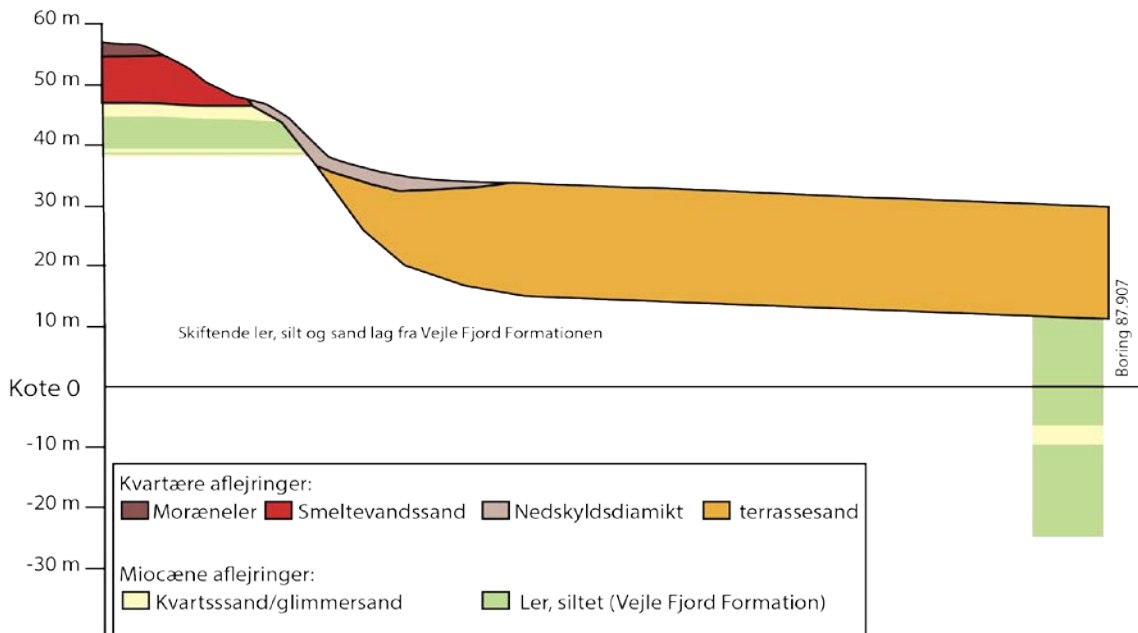
Det 3 m tykke sorte siltede lerlag er hydraulisk meget kompakt og i udgravningen kunne man se at vandet løb af oven på dette lag (figur 29).



Figur 29. Det tykke lerlag er kompakt og virker vandstandsende.

4. Sammenfatning og Geologisk model

De opmålte profiler langs motorvejstraceen er sammen med boringsoplysninger sammenstillet til en konceptuel geologisk model (figur 30). Her ses miocæne aflejringer der er nederoderet og overlejret af kvartære aflejringer af forskellig alder.



Figur 30. Konceptuel geologisk model for undersøgelsesområdet.

De miocæne aflejringer er marine aflejringer der hører til Vejle Fjord formationen. De var blottede i den nederste del af Gudenå Dalens stejle sider, og den øverste del af miocænet kunne følges ind i udgravningerne ved Høje Kejlstrup (figur 15). Vejle Fjord Formationen består overvejende af siltet ler og leret silt, med sandede indslag (Skovbjerg et al. 2010). I boring 87. 907 der ligger nede på terrassefladen, har man under terrassesand truffet miocænt glimmerler med indslag af glimmersand og kvartssand til en dybde af 52 m (kote - 25 m) hørende til Vejle Fjord Formationen. Herunder findes oligocænt ler og eocænt Søvind Mergel. Alt i alt er der således ca. 65 m aflejringer af Vejle Fjord Formationen, hvoraf de øverste 9 m var blottet i motorvejstraceet.

De kvartære aflejringer over de miocæne aflejringer var i blotningerne ca. 6 m smeltevandssand fra kote ca. 45 m. Smeltevandssandet er, især i de nederste dele stærkt præget af miocæne aflejringer. Over smeltevandssandet er der ses moræneler, der i profilerne startede i kote ca. 55 m.

I Guden Å dalens bund er der en terrasseflade der består af sand og grus. Terrassesandet har generelt en tendens til at være opad grovende. Tættest på dalens flanker er aflejringerne grovest, og der forekommer sten i gruslagene. Ud mod dalens flanke, ved udmundingen af en af de store raviner, ligger et lag stærkt usortet diamikt med kornstørrelser fra silt til sten. Det er nedskyldsmateriale fra den uderoderede ravine.

5. Hydrogeologiske implikationer

Det følgende afsnit opsummerer væsentlige og nyligt tilvejebragte geologiske data, der kan forbedre den hydrogeologiske model for fokusområdet. De dokumenterede geologiske forhold ved undersøgte lokaliteter langs motorvejstraceet beskriver ikke nødvendigvis de generelle forhold for overgangen mellem miocæn, glacial og post-glacial tid, da kun en lille del af overgangen er blottet og observerbar. Imidlertid vil det være rimeligt at anvende nogle af de observerede stratigrafiske forhold generelt for undersøgelsens fokusområde og ikke kun hvor motorvejstraceret skærer den geologiske overgang. Der er naturligvis usikkerhed forbundet med en sådan ekstrapolation af tværsnitsdata til flade tolkning for hydrogeologisk modellering. Eksempelvis vil det være rimeligt at antage, at den op til 4 meters tykke miocæne, siltede lerbænk, vist i figur 21 og affotograferet i figur 25, er udbredt ved samme kote i hele fokusområdet. Tilmed vil det være rimeligt, at angive uniform kote for den lerede bundmoræne indenfor lokalområdet.

5.1 Præ-kvartæret og overgangen til de kvartære aflejringer

Overgangen mellem de miocæne aflejringer, sammenfattet i figur 30, er væsentlig for den hydrogeologiske tolkning af fokusområdets geologi og beskrivelsen af denne var en konkret årsag til nærværende undersøgelse. Den øvre del af de miocæne aflejringer er interessante i den forbindelse. Stratigrafisk tilhører denne del af miocænet Vejle Fjord formationen, der karakteriseres af mestendels finkornede sedimente af ler og silt, men med indslag af kvartssand. Det observerede ved motorvejs traceet og i enkelte borer, svarer til hvad der generelt vides om Vejle Fjord Fm. De hydrogeologiske forhold for denne enhed, med vekslede horisontale lag af silt, ler og sand fordrer store forskelle i den hydrauliske ledningsevne. Eksempelvis forventes høje hydrauliske ledningsevner internt, horisontalt og vertikalt i de sandede, op til 1,8 m store, indslag vist i figur 21, lokalitet 7. Den vertikale hydrauliske kontakt mellem henholdsvis den øvre sandlinse (7-8,8m) og den nedre sandlinse må derimod anses for at være lav som følge af den ca. 4 meter tykke mellemliggende lerbænk. Således kan den samlede vertikale ledningsevne over det blottede profil variere markant fra den horisontale ledningsevne. De enkelte centimeter store gruslag, der også ses på profilet, kan potentielt være meget vandledende.

Overgangen og den hydrauliske kontakt mellem terrasse sandet, der dominerer overfladegeologien i fokusområdet, og miocænet vil være påvirket af de vekslede lag af sand, silt og ler. Mens de sandede horisonter kan have hydraulisk kontakt til terrassemagasinet, vil de finkornede lag have begrænset hydraulisk kontakt til terrassemagasinet. Kontakten mellem de grovkornede prækvartære horisonter og terrassesandet vil yderligere være til stede ved de i morænefladen nedskårne små-dale, figur 2, da meget grovkornede diamikte sedimente observeres der, jf. figur 16.

Den nuværende hydrogeologiske model baserer sig på to prækvartære sandlag og to prækvartære lerlag, begge indeholdt i den nu identificerede Vejle Fjord Fm. Overordnet set, adskiller observationerne for den miocæne geologi sig ikke fra hvad den tidligere opsatte

hydrogeologiske model beskrev (se Troldborg et al 2011), men gennemgangen af blotninger af det miocæne geologi, bidrager til et klarere billede af den samlede hydrogeologiske forståelse af fokusområdet. Eksempelvis er der nu bragt klarhed over kvartær-miocæn grænsen, der ses blottet kun få meter over den tykke miocæne lerbænk. Grænsen var ved tidligere tolkning bestemt til at ligge højre oppe, i hvad der nu er bestemt som kvartært smeltevandssand. Smeltevandssandet er sandsynligvis omlejret miocæn sand. Da grænsen ikke i hydrogeologisk forstand beskriver nogen betydelig ændring (fra mellem kornet sand til mellem kornet sand), vil effekten af denne viden på de hydrologiske beregninger være overskuelig. Blotningen af de miocæne sandlag, over og under lerbænken vidner midlertidigt om potentielt vandledende, meterstore sandlag for Vejle Fjord Fm i Silkeborg området. Det observeres, at i og omkring disse sandlag findes vandstandsede lag af silt og ler. Dette forhold medføre overordnet set, at formationens vertikale hydrauliske ledningsevne er betydeligt mindre end den stedvise formodentligt høje horisontale ledningsevne i sandlagene. Implikationen af disse forhold for den hydrologiske model er lokale. De lokale magasiner vil ofte være spændte og vandførende, men formodentlig uden større vandføring grundet varierende kontakt til højere liggende grundvandsmagasiner. Under terrasse sandet ses umiddelbart, via borer, siltet og leret Vejle Fjord Fm. Ved kote -2 til 0 m (Jupiter boring 87.907) ses dog et 2 m sandlag. Dette lag, vil som de observerede sandlag ved den blottede del af formationen, være et vandledende og spændt magasin.

Der mangler dog stadig viden om forholdene for den nedre del af Vejle Fjord Fm under terrassefladen, men også ved Store Dyrehave (ved skrænten), for at kunne fastslå udbredelsen af eksempelvis det før omtalte 2 m sandlaget omkring kote 0 m. Udbredelsen af enheder af denne type kan have en betydning for den ikke overfladenære grundvandsstrømning, som f.eks. de tilsyneladende artesiske forhold ved søbredden.

5.2 Kvartæret og terrassefladen

Udover terrassefladen udgøres kvartæret hydrogeologisk af to enheder, en leret bundmoræne, figur 15, og ca. 6 m smeltevandssand mellem Top Miocæn og bundmorænen. Grundet peneplaniseringen ved isens fremstød og aflejring af bundmorænen, forventes det at denne overgang også findes i ca. samme kote i fokusområdet.

Udbredelsen af terrasse fladen er ved motorvejstraceet relativt godt beskrevet ved geotekniske borer. Denne information er allerede indlagt i den tidligere hydrogeologiske og hydrologiske grundvandsmodel. De optegnede sedimentologiske logs af det blottede terrassesand er derimod de første egentlige geologiske optegnelser som i detaljen illustrerer terrassesandets heterogenitet med fin til mellemkornede sandlag, grov sandede og grusede lag, samt horisonter med ler og silt sliger. Generelt bekræftes det, at denne hydrogeologiske enhed er potentielt meget vandførende og udgør et frit øvre grundvandsmagasin. Grundet det store topografiske relief har raviner nedskåret sig i smådale, eksempelvis Tisdalen, og de fordrer en god kontakt mellem oplandet, primært nord for terrassen og terrassemagasinet. Ud fra de geologiske observationer beskrevet i denne rapport, findes der ingen forhold som berettiger en yderligere opdeling af denne enhed. Det bemærkes, at den vertikale heterogenitet for denne enhed kan retfærdiggøre en differentieret horisontal og vertikal hydrauliske ledningsevne som også fundet af Kidmose et al. 2013 (Horisontal hy-

draulisk ledningsevne blev ved invers kalibrering bestemt til $2 \cdot 10^{-3} \text{ ms}^{-1}$, mens vertikal hydraulisk ledningsevne blev bestemt til $1 \cdot 10^{-5} \text{ ms}^{-1}$ af Kidmose et al. 2013). Ud fra de sedimentologiske logs af terrasse sandet, figur 7, 9 og 11 er det imidlertid også tydeligt, at den horisontale udstrækning af eksempelvis et gruslag er begrænset til få tital af metre som resultat af de glacio-fluviale aflejringsforhold.

6. Referencer

Jakobsen, P.R., Pedersen, S.A.S. & Petersen, K.S., 1996: Geologi og landskab ved Silkeborg. Landskabsgeologisk beskrivelse af den nordlige omegn af Silkeborg. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Rapport 1996/118.

Kidmose J, Refsgaard JC, Trolborg L, Seaby LP, and Escrivà MM. 2013. Climate change impact on groundwater levels: ensemble modelling of extreme values, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 1619-1634, doi:10.5194/hess-17-1619-2013.

Rasmussen ES, Dybkjær K, Piasecki S. 2010. Lithostratigraphy of the Upper Oligocene – Miocene succession of Denmark. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* vol 22.

Trolborg L, Refsgaard JC, Kidmose J, Escrivà MM, Nyegaard P. 2011. Grundvandmodel for motorvejsstrækning gennem Silkeborg. Statusrapport fase 1.1 og 1.2. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2011/136.