



Region Nordjylland

Opfølgende kortlægning af molerforekomst nord for Erslev, Mors

Rapport

12-11-2019

Region Nordjylland

Opfølgende kortlægning af molerforekomst nord for Erslev, Mors

Rapport

Kunde	Region Nordjylland
Rådgiver	Orbicon WSP Jens Juuls Vej 16 8260 Viby J.
Projektnummer	1321700271
Dokument ID	Rapport
Projektleder	Mette Danielsen
Kvalitetssikret af	Mette Danielsen
Udarbejdet af	Jens Demant Bernth
Godkendt af	Ole Peter Sørensen
Version	2
Udgivet	12-11-2019

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	6
1.1	Formål	7
2.	Datagrundlag	7
3.	Sammenstilling af eksisterende data og viden	7
3.1	Kortlægningsområdets geologi	7
3.2	Råstofgeologiske undersøgelser i Erslev kortlægningsområde	12
3.2.1	Undersøgelsesboringer	12
3.2.2	Prøvegravninger og tidligere råstofgravning	14
3.2.3	Svovlindhold i Øvre og Nedre Molerserie	15
3.2.4	Silicoflagellatindhold i moleret	17
3.2.5	Geofysisk SkyTEM kortlægning	18
3.2.6	Grundvandsforhold	20
3.3	Tidligere afgrænsning af forekomst og beregning af mængder	24
3.3.1	Overjord	24
3.3.2	Moler	24
4.	Supplerende borearbejde	25
4.1	Udpegning af borelokaliteter	25
4.2	Borearbejde	26
5.	Supplerende laboratorieundersøgelser	28
5.1	Biostratigrafisk undersøgelse af dinoflagellatcyster	28
5.2	Biostratigrafisk undersøgelse af silicoflagellatindhold	29
5.3	Svovlanalyser	29
5.4	Røntgenfluorescensanalyser (XRF)	29
5.5	Vandabsorptionsanalyser	30
5.6	Samlet overblik over laboratorieanalyser 2016 og 2018	30
6.	Resultater	33
6.1	Boringsdata	33
6.1.1	Beskrivelse og geologisk tolkning af boreprøver	33
6.1.2	Vurdering af grundvandsspejl	34

6.2	Laboratorieanalyser	35
6.2.1	Dinoflagellatcyster	35
6.2.2	Silicoflagellater	35
6.2.3	Svovl	37
6.2.4	Røntgenfluorescens (XRF)	40
6.2.5	Vandabsorption	41
7.	Råstofgeologisk tolkning	41
7.1	Geologisk tolkning af området	41
7.2	Overjord – arealmæssig afgrænsning og mængde	47
7.3	Moler – arealmæssig afgrænsning og mængde	49
7.4	Redoxgrænse og oxideret moler	51
7.5	Grundvandsforhold	55
7.6	Usikkerhedsvurdering	59
8.	Konklusion	59
9.	Referencer	61

Bilagsfortegnelse

Bilag 1

Borejournaler

Bilag 2

Resultat af analyser af dinoflagellatcyster

Bilag 3

Resultat af silicoflagellatanalyser

Bilag 4

Resultat af svovlanalyser

Bilag 5

Resultat af røntgenfluorescensanalyser (XRF-analyser)

Bilag 6

Resultat af vandabsorptionsanalyser

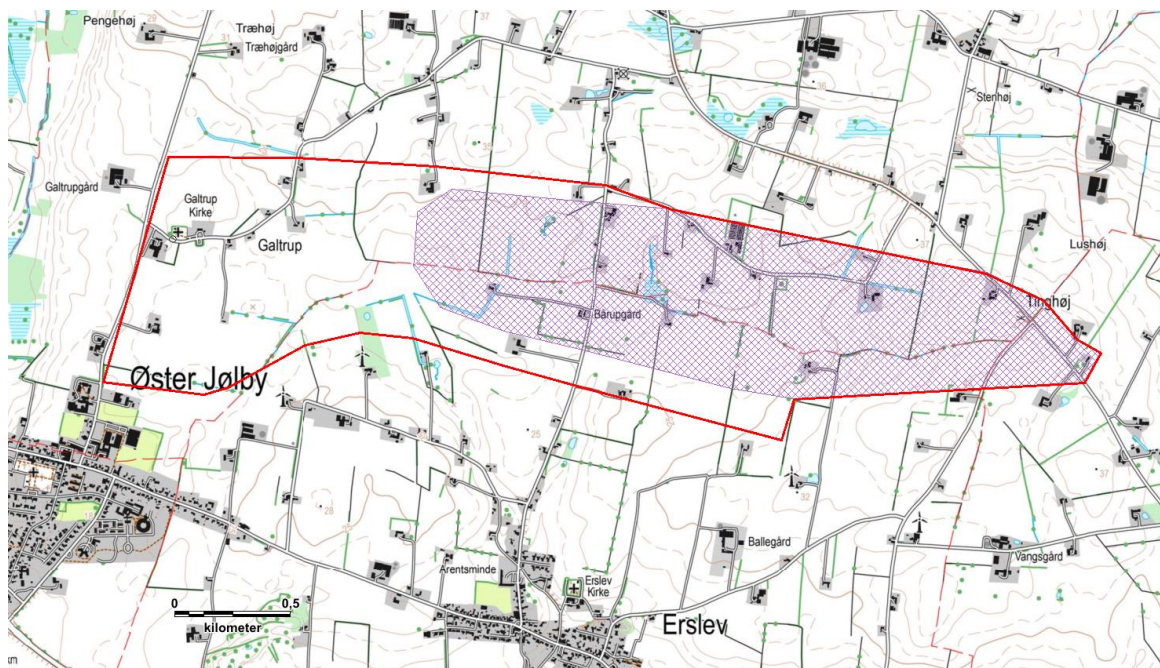
Bilag 7

Boringsoplysninger DGU nr. 37.108 og 37.716

1. Indledning

I 2016 anmodede Region Nordjylland Orbicon A/S om bistand til en råstofgeologisk kortlægning af molerforekomsten i et område på ca. 310 ha nord for Erslev med henblik på at vurdere, om området kunne udlægges som råstofinteresseområde i Region Nordjyllands Råstofplan 2016. Kortlægningsområdet fremgår af figur 1.1.

Resultaterne af kortlægningen (Orbicon, 2016) viste tilstrækkelig dokumentation for, at der i en del af området findes en terrænnær forekomst af Øvre og Nedre Molerserie, som er den råstofmæssigt interessante del af moleret, og på baggrund heraf samt en overordnet vurdering af øvrige arealinteresser har Region Nordjylland udlagt et interesseområde i Råstofplan 2016 på 169 ha. Råstofinteresseområdet fremgår af figur 1.1.



Figur 1.1. Oversigtskort med kortlægningsområdet afgrænset med rød stregfarve og råstofinteresseområde Erslev fra Råstofplan 2016 med lilla skravering.

Kortlægningen viste imidlertid også, at den geologiske variation er meget stor i området, og Region Nordjylland har efterfølgende vurderet, at der er behov for at tilvejebringe et mere detaljeret data- og vidensgrundlag således, at der foreligger en solid dokumentation for forekomstens udbredelse og størrelse, når området på et tidspunkt skal udlægges som råstofgraveområde i Råstofplanen.

Der blev derfor i 2017 påbegyndt et opfølgende kortlægningsarbejde i råstofinteresseområdet med supplerende borer og laboratorieundersøgelser. Et arbejde, som afsluttes med denne rapport, hvor alle relevante tilgængelige data fra de første kortlægninger i 1980'erne og 1990'erne, førømtalte kortlægning fra 2016 og den seneste supplerende kortlægning fra 2017-19 danner grundlag for en samlet detaljeret beskrivelse og vurdering af områdets geologiske opbygning og molerforekomstens og overjordens udbredelse og volumen.

En del af den supplerende kortlægning er udført i samarbejde med molervirksomheden Imerys Industrial Minerals Denmark (tidligere Damolin) og dennes rådgiver Stig Asbjørn Schack Pedersen fra firmaet Geotecto.

I rapportens kapitel 2 præsenteres det eksisterende datagrundlag, og i kapitel 2 gives en sammenstilling af eksisterende data og viden. I kapitlerne 4-5 beskrives de gennemførte kortlægningsaktiviteter, mens kortlægningens resultater præsenteres i kapitel 6. Kapitel 7 omfatter en råstofgeologisk vurdering af kortlægningsområdet. Endelig indeholder kapitel 8 en konklusion og kapitel 9 en referenceliste. Enkelte afsnit eller dele heraf er direkte gengivet fra Orbicon (2016).

1.1 Formål

Den supplerende kortlægning i interesseområde Erslev og samlede rapportering af viden om molerforekomsten ved Erslev har til formål foruden at tilvejebringe et detaljeret vidensgrundlag, at udgøre det faglige fundament for beslutning om, hvorvidt området skal udlægges som råstofgraveområde i en kommende ny Råstofplan.

Mere specifikt er den supplerende kortlægnings og rapportens formål at

- Tilvejebringe mere detaljeret viden om den geologiske opbygning og herunder især beliggenhed af den brydeværdige del af moleret (Øvre og Nedre Molerserie)
- Analysere molerets kvalitet som råstof, herunder, hvis muligt, at kortlægge redoxgrænsen
- Foretage arealmæssig afgrænsning og beregne volumen af overjord over molerforekomsten
- Foretage arealmæssig afgrænsning og beregning af volumen af moler inden for den brydeværdige del af molerserien
- Vurdere grundvandsforholdene

2. Datagrundlag

Der er foretaget en gennemgang af eksisterende data og litteratur, herunder data fra databaser ved GEUS:

- Rapporter fra rapportdatabasen (2016)
- Boringer fra Jupiterdatabasen (2019)
- Geofysik fra GERDAdatabasen (2019)
 - SkyTEM

I referencelisten i kapitel 9 ses de væsentligste rapporter, publikationer og litteratur, som er anvendt enten direkte eller som baggrundsstof i forbindelse med kortlægningen og udarbejdelsen af nærværende rapport.

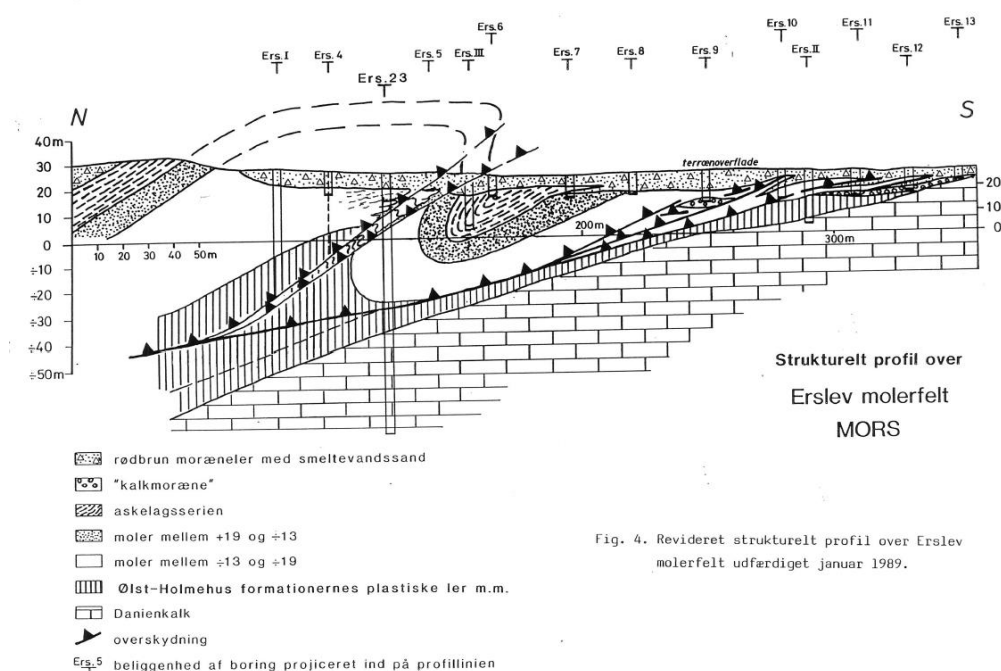
3. Sammenstilling af eksisterende data og viden

3.1 Kortlægningsområdets geologi

Kortlægningsområdet er beliggende i et geologisk komplekst område, der dels er præget af salttektonik i undergrunden, dels af glacialtektonik forårsaget af overskridende gletschere fra flere retninger i Weichselperioden. Området er beliggende på nordsiden af den underliggende Erslev saltstruktur, hvis saltbevægelser har skubbet kridt og kalkaflejringer op til overfladen. I Weichsel

blev området overskredet af den Norske Is fra nordlig retning og efterfølgende af den såkaldte Nordøst Is. Disse isoverskridelser har bevirket, at moleret og de overlejrende kvartære aflejringer er stærkt præget af foldninger og overskydninger. Foldeaksen for disse foldninger er kortlagt til at forløbe med en overordnet vest-østlig retning, som det ses på nordsiden af Erslev saltstruktur, svarende til 115 grader (DGU, 1986), se figur 3.1.

Molerforekomsten nord for Erslev findes nær terræn i et relativt smalt omtrent vest-øst gående bælte langs den nordlige flanke af Erslev saltstruktur. Moler er en sedimentær aflejring, der består af ca. 60-70 % diatomeer, der er encellede, marine kiselskallede alger, som lever i de øvre vandmasser i havet. De resterende 30-40 % består af ler, især smectit, og vulkanske askelag. Moler har en meget lav vægtfylde med en porøsitet på ca. 70 % (Pedersen *et al.*, 2011).



Figur 3.1 Geologisk forståelsesprofil (DGU, 1989).

Molerforekomsterne på Mors udgør en del af det såkaldte "Molerområde", der omfatter den østlige del af Thy, den sydlige del af Hanherred, Nordmors, Fur, den nordligste del af Salling og den vestlige del af Himmerland (Pedersen *et al.*, 2011).

I hele Molerområdet ses generelt følgende lagserie, som fremgår af figur 3.2:

		Danske Nordsø		DK, Nordsø	Mors, Thy og Fur		Jylland, Vestfyn Storebælt, NV Sjælland		Referencer
Nedre Eocæn	Ypresien	Horda Fm		Askeserien*	Røsnæs Ler Formation				Ravn (1906) Heilmann-Clausen <i>et al.</i> (1985) Schiøler <i>et al.</i> (2007)
		Balder Fm			Knudshoved Led	Ingen aflejringer		Heilmann-Clausen (1982) Heilmann-Clausen <i>et al.</i> (1985) Knox (1997) Schiøler <i>et al.</i> (2007)	
	Spartanien*	Sele Fm			Fur Fm	Silstrup Led	Værum Led	Ølst Fm	Pedersen & Surlyk (1983) Heilmann-Clausen <i>et al.</i> (1985) Schiøler <i>et al.</i> (2007)
					Knudeklint Led		Haslund Led		
					Stolleklint Ler*				
Øvre Paleocæn	Thanetien	Lista Fm	Bue Led	Glaukonitisk silt * Østerrende Ler*				Nielsen & Heilmann-Clausen (1986) Schiøler <i>et al.</i> (2007)	
			Ve Led	Holmehus Formation				Heilmann-Clausen <i>et al.</i> (1985) Schiøler <i>et al.</i> (2007)	

*Uformel enhed

Figur 3.2. Lithostratigrafisk oversigt over Øvre Paleocæn og Nedre Eocæn i det danske område (Pedersen *et al.*, 2011).

Kalkaflejringer fra Danien overlejres af finkornede, lerede aflejringer fra Øvre Paleocæn, der i Molerområdet udgøres af Holmehus Formationen og Østerrende Ler.

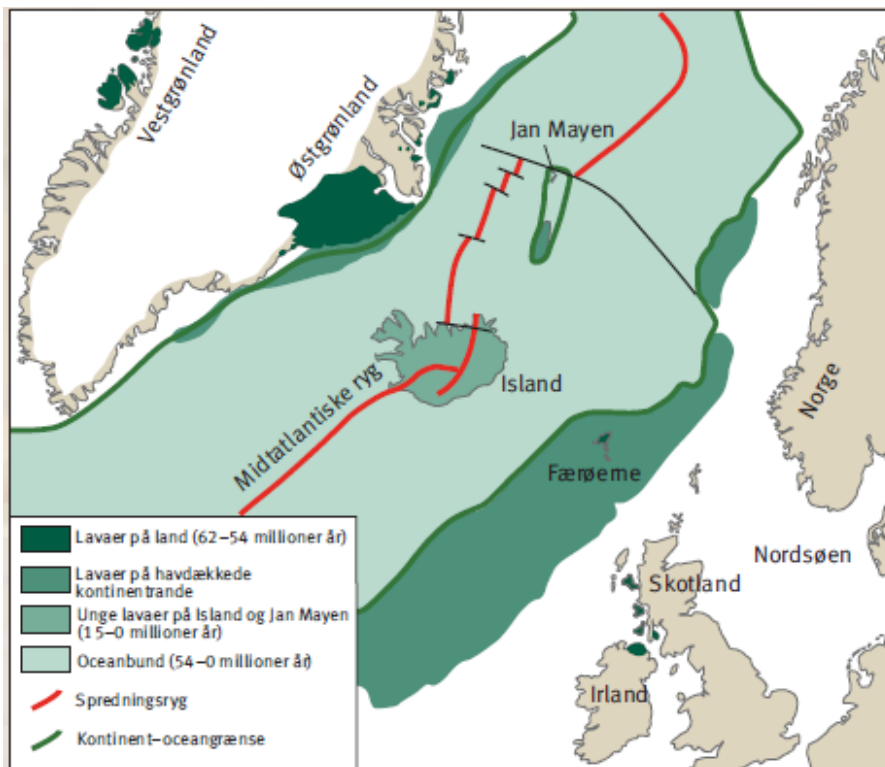
Herover følger Nedre Eocæn, hvor der nederst er aflejret Stolleklint Ler, som er en mørkegrå til næsten sort, kalkfri, lamineret ler, som indeholder askelagene fra -39 til -34. Stolleklint Ler er mindst 10 m tykt.

Over Stolleklint Ler følger Fur Formationen, også kaldet askeserien. Fur Formationen er i Danmark overvejende begrænset til den vestlige del af Limfjorden fra Ertebølle i øst over Fur og Mors til Silstrup i Thy. Dog er der fundet lag af diatomit i olieefterforskningsboringer i den danske del af Nordsøen og op langs den norske vestkyst (Thomsen & Danielsen, 1995).

Fur Formationen er en ca. 60 m tyk leret diatomit (moler) med mellemløjrede askelag, der er nummeret fra -33 til +140. I det øvrige Danmark afløses Fur Formationen af Ølst Formationen, som er en leret aflejring med askelag, se figur 3.2.

Askelagene i disse aflejringer stammer fra vulkanisme i Nordatlanten - de nederste askelag fra udbrud på den nordvesteuropæiske sokkel, dernæst fra vulkanisme ved Østgrønland, efterfulgt af de første trin i dannelsen af Island og de sidste fra åbningen af Nordatlanten, se figur 3.3.

Askelagene benyttes som vigtige stratigrafiske ledehorisonter.



Figur 3.3. Den Midatlantiske Spredningsryg (rød linje), som markerer åbningen af Nordatlanten og dermed den vulkanisme, som askelagene stammer fra. (Geocenter Danmark, 2012).

Moleret kan inddeles i tre sedimentære facies bestående af lamineret moler, svagt lamineret moler og strukturløst moler. De tre forskellige facies viser et varierende iltindhold ved havbunden.

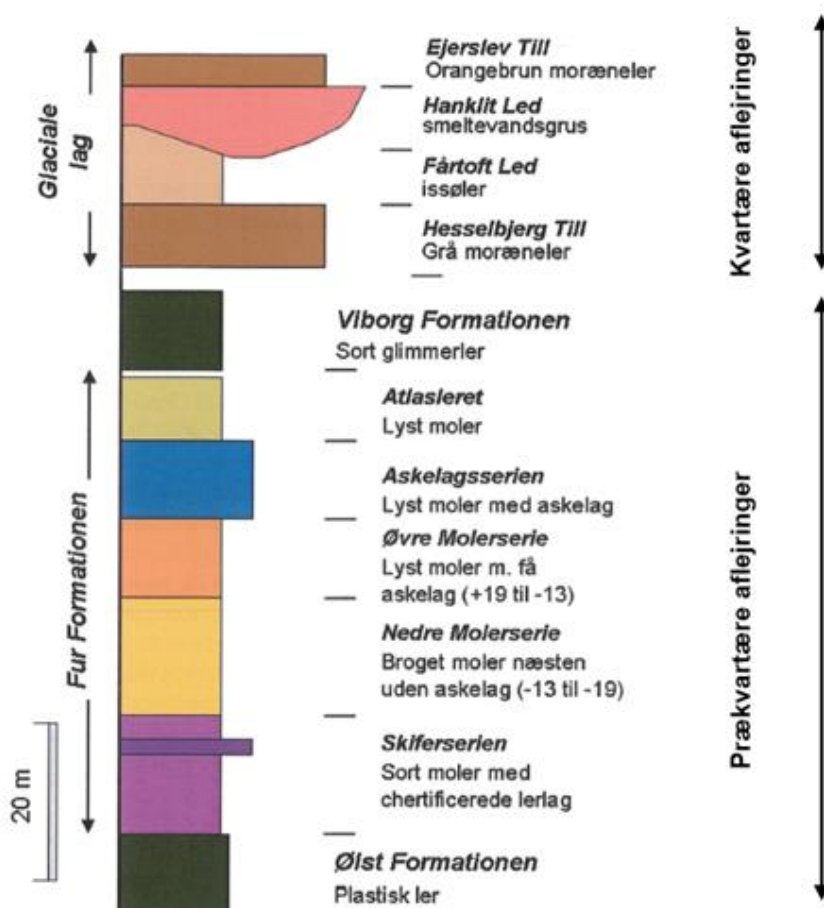
Stedvist er diatomiten cementeret med calcit, hvorved der er dannet cementsten, der består af linseformede konkretioner eller sammenhængende lag med en tykkelse på maksimalt 0,5 m. Cementstenene er hovedsageligt dannet i lamineret moler og findes hovedsageligt i bestemte niveauer, hvorfor de kan benyttes til at identificere stratigrafiske niveauer. Der er fem stratigrafiske niveauer, der kan karakteriseres ved cementstenene:

- Mellem askelag -11 og +1 (lamineret eller svagt lamineret moler)
- Under +19 (lamineret moler)
- Mellem +22 og +35 (lamineret moler)
- Omkring +101 og +102 (svagt lamineret moler)
- Nær +135 (lamineret eller svagt lamineret moler)

Fur Formationen og Stolleklint Leret indeholder tilsammen 180 askelag, som er nummereret fra -39 til +140. Askelagene varierer i tykkelse fra 2 mm til 19 cm. Enkelte af askelagene som +14, +16, +30 og +90 kan kendes ved, at de består af to på hinanden følgende askelag, såkaldte dobbeltlag. De 3 mest grovkornede askelag, +101, +114 og +118, indeholder specielle sedimentære strukturer (tallerken- og søjlestrukturer). Disse strukturer ses ikke i det tykke og finkornede, grå askelag +19. Askelagene er nærmere beskrevet i bl.a. Bøggild (1918).

Råstofmæssigt opdeles Fur Formationen i seks enheder ud fra en råstofmæssig anvendelighed (Marker *et al.*, 2008), se figur 3.4. Fra øverst til nederst består disse enheder af:

- Atlasleret – lyst moler med askelagene +118 til over +140
- Askelagsserien – lyst moler med hovedparten af askelagene fra +19 til +118
- Øvre molerserie – lyst moler med askelag -13 til +19
- Nedre molerserie – broget moler kun med askelag -19 til -13
- Skifererien – består af mørkegråt til sort hærdnet moler, som forvitrer rustbrunt og stedvist splinter som flint (under -19).



Figur 3.4. Sammenstilling af den geologiske lagserie på den nordlige del af Mors. Der er primært fokuseret på moleret og de overlejrende lag (Marker et al., 2008).

Over Aflejringerne fra Fur Formationen er der beskrevet sort glimmerler fra den Oligocæne Viborg Formation på det nordlige Mors. Ved Erslev er dette ler ikke påvist. Her findes Eocænt grønt plastisk ler fra Lillebælt Ler Formationen på den nordlige grænse til molerfeltet (Heilmann-Clausen, 2018).

Atlasleret øverst i Fur Formationen er ca. 8 meter tykt, men er som oftest borteroderet. Atlasleret er ikke fundet ved Erslev.

Askelagsserien er ca. 10 meter tyk og indeholder ca. 100 askelag, hvorfor denne del af Fur Formationen er let genkendelig. Kun den nederste del af Askelagsserien benyttes som råstof, og den øvrige del betragtes som overjord, dvs. ikke anvendeligt materiale.

Øvre Molerserie er ca. 10 meter tyk og findes mellem askelagene -13 og +19. Der findes op til 3 niveauer med cementsten mellem askelagene. Askelag +19 er et let genkendeligt askelag, der er næsten 20 cm tykt og har en karakteristisk lysegrå farve. Moleret mellem askelagene -11 til +1 udgør den bedste del af "brydningsserien", som består af Nedre og Øvre Molerserie.

Nedre Molerserie er op til 16 meter tyk og findes imellem askelagene -19 og -13. Denne del af lagserien består af diatoméholdigt ler og kun ét tydeligt askelag, -17, som kan kendes ved en orange-gul farve. Nedre Molerserie er en del af "brydningsserien".

Skiferserien består af sort, svovlholdigt ler og indeholder 4 hårde, forkislede lag beliggende lidt under askelag -19, som forekommer på overgangen fra Skiferserien til Nedre Molerserie. Skiferserien fungerer som et vandstandsende lag for grundvandet og bør derfor ikke gennembrydes ved molerindvinding. Enheden er ikke en del af "brydningsserien".

3.2 Råstofgeologiske undersøgelser i Erslev kortlægningsområde

Tilbage i 1980'erne er der foretaget flere undersøgelser af molerforekomsten nord for Erslev. Undersøgelserne er blandt andet rapporteret af GEUS i tre interne rapporter (DGU, 1986; DGU, 1988 og DGU, 1989). I 2016 blev der, som tidligere nævnt, udført en kortlægning af molerforekomsten i forbindelse med Region Nordjyllands råstofplanlægning (Orbicon, 2016).

3.2.1 Undersøgelsesboringer

Som forundersøgelse til "Molerrapporten" (Miljøministeriet m.fl., 1985) udførte GEUS i 1984 tre relativt dybe råstofundersøgelsesboringer, ERS I, II og III (DGU nr. 37.920, 37.921 og 37.1057) vest for Bårupvej, der gennemskærer området (DGU, 1986). I 1986 blev der for Skamol A/S udført 10 korte boringer, ERS 4-13 (DGU nr. 37.941-37.950) langs med Bårupvej (DGU, 1988). Det er disse 13 boringer, som profilet på figur 3.1, er baseret på.

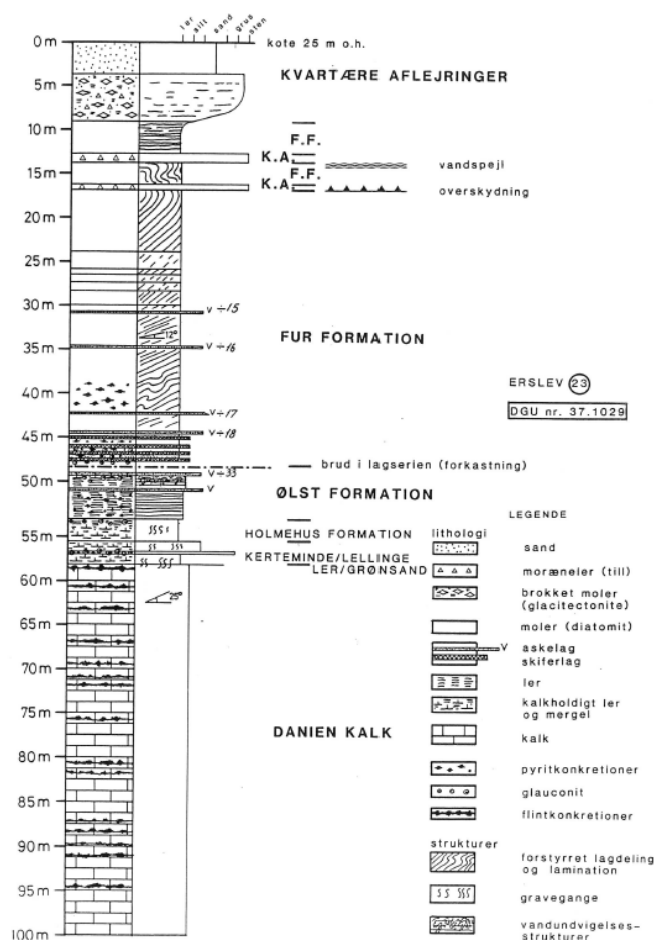
I 1987 blev der udført yderligere 9 snegleboringer og 4 skylleboringer. Enkelte af disse boringer ligger tæt ved siden af hinanden, og er derfor indberettet som én boring til GEUS. Boringerne er nummereret ERS 14-21, 21a og 22 (DGU nr. 37.1015-37.1024). I 3 af de 9 boringer blev der truffet moler (DGU, 1988):

- Erslev 18 (37.1019) – Nedre del af askelagsserien – 3 askelag; dvs. over Øvre Molerserie
- Erslev 19 (37.1020) – askelag +19 blev truffet, dvs. Øvre Molerserie
- Erslev 22 (37.1024) – Nedre Molerserie – ingen askelag.

Endelig blev der i 1989 udført en 100 meter dyb undersøgelsesboring, ERS 23 (DGU nr. 37.1029), der er boret ca. 40 meter ned i den underlejrende kalk (DGU, 1989). Kalkoverfladen træffes i denne boring ca. 58 meter under terræn.

Alle 23 molerefterforskningsboringer udført i perioden 1984-1989 er vist på figur 3.6.

Ud fra identifikationen og nummereringen af askelagene -15 til -18 optræder kun den nedre del af Fur Formationen i Erslev 23 boringen (37.1029), bl.a. svarende til den Nedre Molerserie. De øverste 10 meter af Fur Formationen består af overskydninger, hvorved der forekommer moler og kvartære aflejringer sammen, se figur 3.6. Moleret består af brunligt, lamineret moler (DGU, 1989).



Figur 3.5. Lagserien i Erslev 23 boringen, DGU nr. 37.1029 (DGU, 1989).

I DGU (1989) anbefales der udført 4 borer til 25 meter langs kalkoverfladens hældning i hvert hjørne af området. Det er imidlertid ikke fuldstændig klart, hvor det præcis menes, at borerne anbefales placeret. På baggrund af den geofysiske SkyTEM kortlægning, som blev udført i 2016 (se afsnit 3.2.5), og sammenhængen med den eksisterende forståelse af områdets geologiske opbygning, som skitseret på figur 3.1 og i øvrigt beskrevet i kapitel 3, blev SkyTEM kortlægningen søgt verificeret med i alt ni supplerende undersøgelsesboringer i 2016. Den overordnede tolkning af borerne er summeret i tabel 3.1 og deres lokalisering fremgår af figur 3.6.

DGU nr.	Lokalt boreningsnummer	Geologi [meter under terræn]	Tolket del af Fur Formationen	Redoxgrænse [dybde i m u.t.]
37.1570	B3	0-13 kvartære aflejringer	-	Dybere end 13 m
37.1571	B7	0-12 kvartære aflejringer 12-23 moler	Øvre og Nedre Molerserie*	0 m og måske omkring 10-12 m
37.1572	B10	0-16 kvartære aflejringer 16-20 moler	Nedre Molerserie	0 m
37.1573	B4	0-20 kvartære aflejringer	-	0 m
37.1574	B6	0-2 kvartære aflejringer 2-20 moler	Nedre Molerserie og Skiferserien*	17 m (?)
37.1575	B5	0-6 kvartære aflejringer 6-15 moler	Nedre Molerserie*	13,5 m
37.1576	B14	0-10 kvartære aflejringer 10-15 moler	Askelagsserien	0 m
37.1577	B12	0-9 kvartære aflejringer 9-19 moler	Nedre Molerserie	4 m og 8,1 m
37.1578	B15	0-9 kvartære aflejringer 9-11 moler	Øvre Molerserie*	Ca. 11 m ?

Tabel 3.1. Oprids af beskrivelse og tolkning af boreprøver fra 2016. * Tolkning er revideret i 2019, se afsnit 7.1.

3.2.2 Prøvegravninger og tidligere råstofgravning

I 1986 blev der udført 10 undersøgelsesgravninger i området nord for Erslev. Beliggenheden af de udførte prøvegravninger fremgår af figur 3.6.

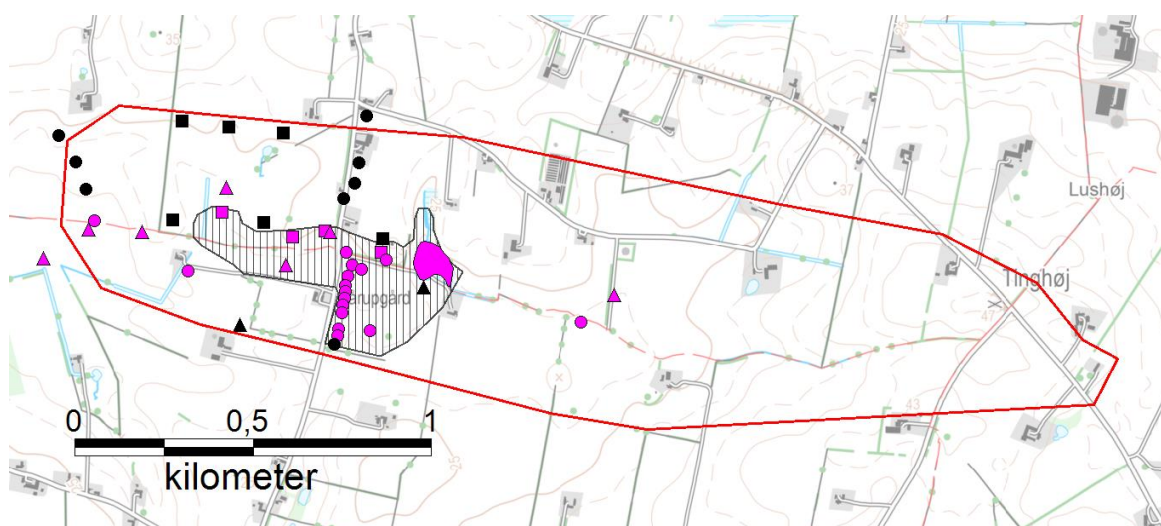
Prøvegravningerne er alle beskrevet i DGU (1986). Prøvegravningerne er gravet til ca. 5 m:

- I prøvegravning 1 blev der kun truffet kvartære aflejringer.
- Prøvegravning 2 ligger kotemæssigt ca. 5 m lavere end Prøvegravning 1. Der blev truffet brokket moler fra 1 meter under terræn under kvartære aflejringer, og bl.a. askelag +19 kunne erkendes; dvs. Øvre Molerserie.
- I Prøvegravning 3 blev der truffet brokket moler ca. 1 meter under terræn under kvartære aflejringer, og nederst kunne askelag +19 erkendes, svarende til Øvre Molerserie.
- Prøvegravning 4 ligner Prøvegravning 3 med brokket moler ca. 1 meter under terræn under kvartære aflejringer, og askelag +19 kunne erkendes, svarende til Øvre Molerserie.
- I Prøvegravning 5 blev der kun truffet kvartære aflejringer.

- I Prøvegravning 6 blev der under ca. 0,5 meter under terræn kvartære aflejringer truffet brokket moler med cementsten og askelag.
- I prøvegravning 7 blev der kun truffet kvartære aflejringer.
- I prøvegravning 8 blev der kun truffet kvartære aflejringer.
- I prøvegravning 9 blev der kun truffet kvartære aflejringer.
- I prøvegravning 10 blev der kun truffet kvartære aflejringer.

Der er således kun truffet moler i de sydlige prøvegravninger 2, 3, 4 og 6, generelt svarende til Øvre Molerserie, idet askelag +19 er erkendt.

I den centrale del af kortlægningsområdet har der tidligere været gravet moler. Hvor dybt, der er gravet, vides ikke. Udbredelsen af den gamle molergrav er også vist som en pink polygon på figur 3.6. Endelig viser figur 3.6 også det område, som i DGU (1986) er vist som "opmålt forekomst af moler".



Figur 3.6. Tidligere udførte molerefterforskningsboringer vist med cirkler (DGU 1986; DGU 1988 og DGU 1989) og trekanter (Orbicon, 2016). Prøvegravninger digitaliseret efter (DGU, 1986) vist med kvadrater. Tidligere molergrav digitaliseret ud fra luftfotos vist med pink polygon. Pink farve angiver i hvilke boringer og grave, der blev truffet moler. Sort farve angiver, at der ikke er truffet moler. Sortskraveret område angiver opmålt forekomst af moler digitaliseret efter DGU (1986).

Alt i alt er der frem til og med 2016 udført i alt 32 boringer og 10 prøvegravninger i forbindelse med undersøgelse af molerforekomsten nord for Erslev.

3.2.3 Svovlindhold i Øvre og Nedre Molerserie

Da diatomeerne, som moleret består af, blev aflejret på havbunden, gik de i forrådnelse på grund af manglende ilt. Ved forrådnelsesprocessen blev der dannet svovlbrinte, som bandt sig til jern, der var opløst i havvandet, og mineralet pyrit blev dannet. Det reducerede moler indeholder mineralet pyrit. Når iltholdigt regnvand siver ned, opløses pyritten, hvorved det syreholdige vand

bleger moleret til en hvidlig farve. Jernet udfældes som rust i moleret, mens gule udfældninger er mineralet jarosit, der dannes ved forvitring af pyrit.

Reduceret (uforvitret) moler er sort eller gråsort i våd tilstand og gråt eller gråsort i tør tilstand, mens oxideret (forvitret) moler er hvidligt eller lysegråt - i våd tilstand lidt mørkere end i tør. Farveforskellen er mest tydelig i nyudtagne borekerner, hvor moleret stadig er vådt eller fugtigt. Grænsen mellem reduceret og oxideret moler kaldes redoxgrænsen. I mange tilfælde vil redoxgrænsen være beliggende omkring eller nogle få meter under grundvandsspejlet. Redoxgrænsen kan være skarp, men den kan også brede sig over flere meter, og der kan være flere grænser ned gennem lagserien, afhængig af grundvandets transport- og strømningsveje.

Udover at der er en tydelig sammenhæng mellem molerets farve og dets indhold af svovl, kan der således også være en omtrentlig sammenhæng med beliggenheden af grundvandsspejlet.

Det moler, der indvindes i dag, og som er indvundet gennem tiderne andre steder på Mors, er og har næsten udelukkende været oxideret moler. Der er således altid blevet indvundet over grundvandsspejlet.

Der er en række udfordringer, hvis moler skal indvindes under grundvandsspejlet og redoxgrænsen. Et højt svovlindhold i moleret kan gøre forarbejdning af moleret til færdige produkter udfordrende, idet der ved brænding af moleret frigives svovlgasser, som kan forurene miljøet. Et lavt svovlindhold i moleret forringer normalt ikke molerets kvalitet, men da der selv ved et lavt svovlindhold kan forekomme uønsket svovllugt ved opfugtning af færdige molerprodukter, er det sandsynligt, at et stort svovlindhold vil forringe molerets kvalitet som råstof. Der er ikke foretaget produktionsprøver med reduceret moler, hvorfor dette kun er en begrundet formodning. Derudover vurderes der også at være praktiske udfordringer ved at indvinde moler under grundvandsspejlet. Endelig kan der også ske en opkoncentration af arsen og nikkel i moleret omkring redoxgrænsen. Stofferne stammer fra nedbrydningen af pyrit og omsættes ikke ved forarbejdningen af moleret. Særligt arsen vil for nogle molerprodukters vedkommende være et problem, da aftagere af visse produkttyper sætter skrappe krav til arsenindholdet. I andre produkttyper er arsenindholdet dog underordnet. Indvinding af reduceret moler og moler beliggende omkring redoxgrænsen vil således kunne begrænse muligheden for at producere og afsætte visse produkttyper.

Det er derfor relevant at analysere udvalgte boreprøver for svovlindhold for derigennem at estimere beliggenheden af redoxgrænsen og derigennem igen vurdere, niveauet for redoxgrænsen også kan være det omtrentlige niveau for grundvandsspejlet.

I 2016 blev der udvalgt 15 prøver til svovlanalyse fra de 7 nye boringer, hvori der var moler. Resultaterne er vist i tabel 3.2 og er indarbejdet i den samlede tolkning, se afsnit 7. Lave værdier svarer til oxideret moler og høje værdier til reduceret moler.

DGU nr.	Lokalt borsingsnummer	Dybde [m]	Svovlindhold [mg / kg TS]
37.1571	B7	12-12,4	< 25
37.1571	B7	17-18	28000
37.1571	B7	21,5-22	20000
37.1572	B10	18-19	28000
37.1574	B6	2-3	< 25
37.1574	B6	8-9	< 25
37.1574	B6	15-16	< 25
37.1575	B5	6-7	<25
37.1575	B5	10-11	450
37.1575	B5	14-15	5500
37.1576	B14	14-15	10000
37.1577	B12	10-11	29000
37.1577	B12	13-14	1700
37.1577	B12	18-19	4200
37.1578	B15	10-11	140

Tabel 3.2. Resultater af svovlanalyser fra boreprøver fra 2016.

3.2.4 Silicoflagellatindhold i moleret

Moler indeholder mikroskopiske skeletter af encellede marine alger, såkaldte silicoflagellater. Til forskellige tider har der været forskellige varianter af silicoflagellater til stede i molerhavet. Ved at undersøge forekomsten af de forskellige varianter af silicoflagellater er det muligt ud fra Perch-Nielsen (1976) at vurdere hvilken del af Fur Formationen, som moleret i en given prøve stammer fra.

I 2016 blev der udtaget 5 prøver fra 4 borer. Af prøverne blev der lavet såkaldte smear slides, hvor en lille portion af moleret lægges på en lille glasplade således, at prøven kan betragtes i mikroskop.

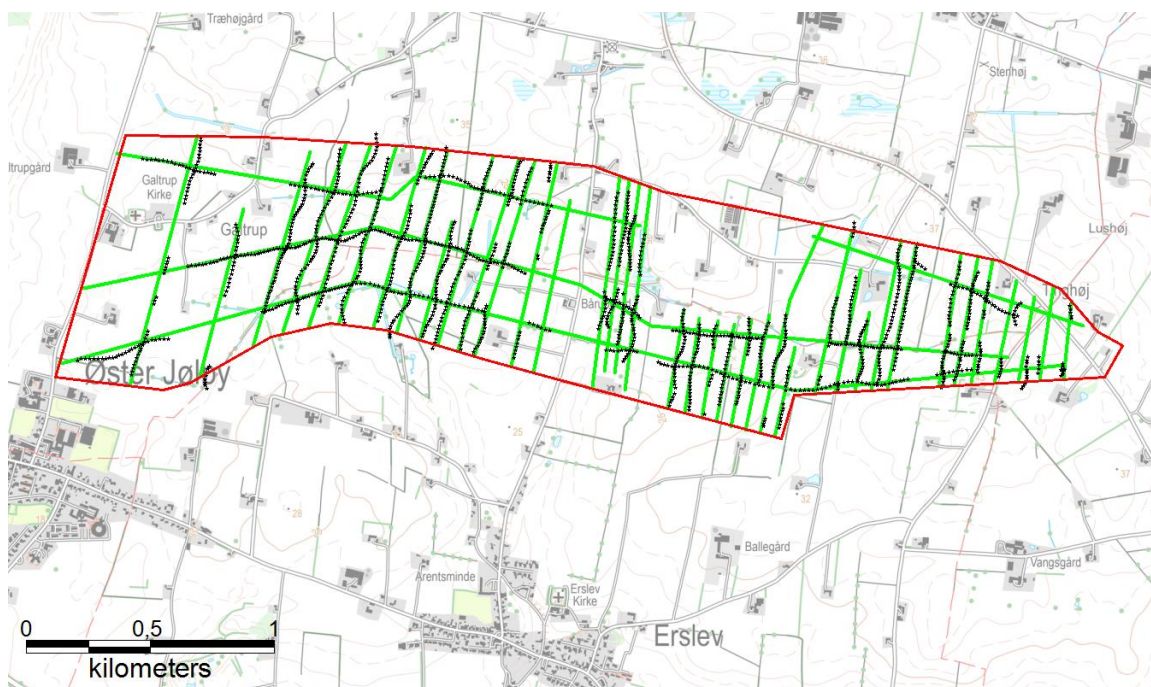
På baggrund af en visuel bedømmelse i mikroskop af silicoflagellatindholdet i molerprøverne blev det vurderet hvilken silicoflagellat subzone de enkelte prøver tilhører, og dermed hvordan de stratigrafisk kan indplaceres i Fur Formationen. Resultaterne er vist i tabel 3.3., og det fremgår heraf, at af de fire prøver, hvor silicoflagellat subzonen kunne bestemmes, tilhører de tre Øvre eller Nedre Molerserie svarende til askelagsinterval +19 til -17, og den fjerde gør formentlig også. Resultaterne er indarbejdet i den samlede tolkning, se afsnit 7.

DGU nr.	Lokalt boringsnummer	Dybde [m u.t.]	Vurderet askelagsinterval*	Vurderet del af Fur Formationen
37.1574	B6	18-19	+19 til -17	Øvre eller Nedre Molerserie
37.1575	B5	14-15	+19 til -17	Øvre eller Nedre Molerserie
37.1576	B14	13-14	-	-
37.1577	B12	10-11	+19 til -17	Øvre eller Nedre Molerserie
37.1577	B12	18-19	+19 til -17 eller lige derunder	Øvre eller Nedre Molerserie eller lige derunder

Tabel 3.3. Resultater af silicoflagellatanalyser fra boreprøver fra 2016. *I henhold til Perch-Nielsen (1976).

3.2.5 Geofysisk SkyTEM kortlægning

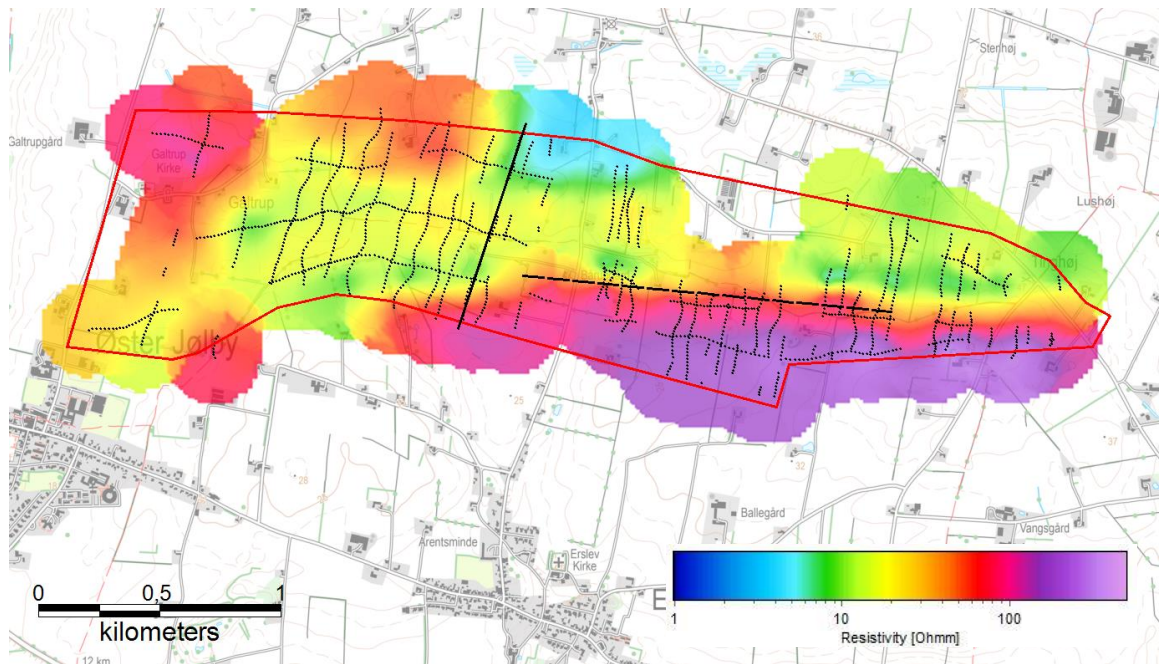
I juni 2016 blev der foretaget en geofysisk kortlægning med SkyTEM metoden, hvor data indsamles med helikopter. På figur 3.7 ses dels de planlagte flyvelinjer samt placeringen af de SkyTEM-sonderinger, som efter gennemgang for indflydelse fra støjkilder og koblinger, er valgt at tage med i den geofysiske tolkning. Der måtte holdes en respektafstand til en minkfarm, hvorfor der ikke er indsamlet data omkring denne i den centrale del af området.



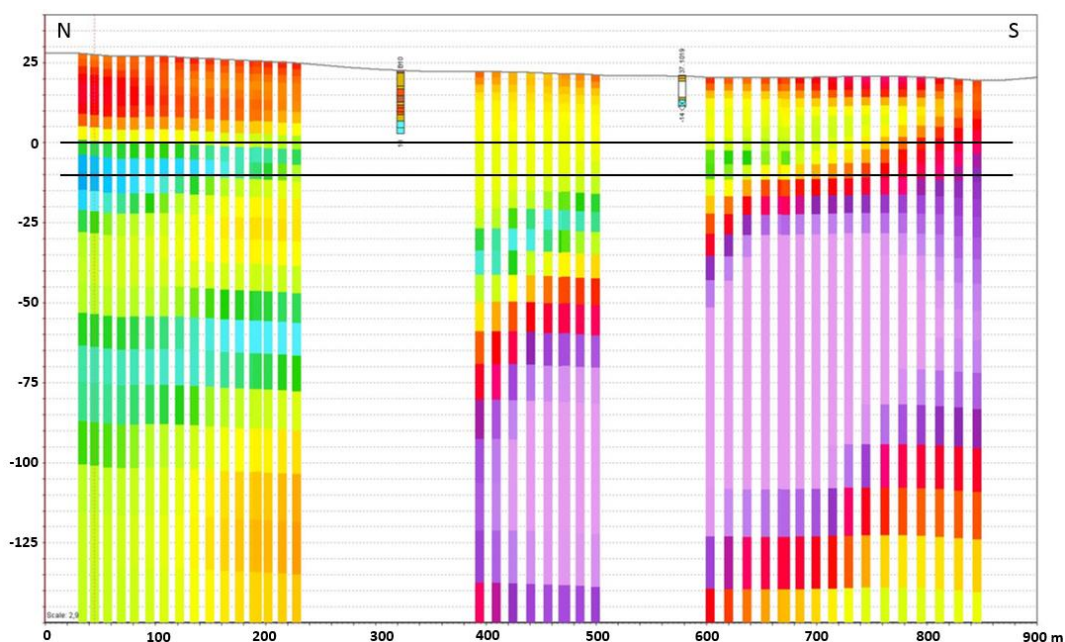
Figur 3.7. Planlagte flyvelinjer (grønne linjer) og indsamlede, brugbare data (sorte prikker).

De processerede data er inverteret med SCI (Spatial Constraint Inversion) metoden, hvor der er anvendt en 30 lags "smooth" model med faste laggrænser logaritmisk fordelt mellem 0 og 300 meters dybde.

Med SkyTEM kortlægningen er kortlægningsområdets overordnede geologiske opbygning blevet kortlagt. På figur 3.8 og 3.9 ses henholdsvis et middelmodstandskort og et profilsnit fra nord mod syd gennem kortlægningsområdet. De varierende modstandsforhold viser med høj modstand den nordlige del af den opdomede kalk ved Erslev saltstruktur mod syd, og nord herfor først paleocænt ler (Ølst og Holmehus Formationerne) med lave modstande under 10 ohmm, og nord herfor Fur Formationen med modstand omkring 20 ohmm og nord derfor igen eocænt ler med lave modstande under ca. 10 ohmm. Kortlægningen viser således nordflanken af saltstrukturen med de gradvis yngre lag under det kvartære dække.



Figur 3.8. Middelmodstandskort baseret på SkyTEM i koteintervallet 0 til -10 meter. Placeringen af SkyTEM sonderingerne, dvs. datagrundlaget, ses som små sorte prikker. Farverne viser resistiviteten (elektrisk modstand) i enheden ohmm. Den sorte linje centralt i området angiver placeringen af profilet på figur 3.9. Den sorte stiplede linje angiver kalkoverfladens strygning.



Figur 3.9. Profilsnit med SkyTEM sonderinger gennem den centrale del af kortlægningsområdet. Sorte linjer viser det koteinterval, som er vist på figur 3.8. Se farveskala på figur 3.8. Der findes to borer langs profilet. Disse ses i de områder, hvor der ikke er SkyTEM sonderinger. Den blå farve i bunden af disse viser forekomst af moler, mens der herover findes kvartære aflejringer.

De kvartære aflejringer varierer i modstand fra ca. 30 ohmm for de lerede aflejringer til over 100 ohmm for de sandede aflejringer. Der synes at være en tendens til, at grænsen mellem de kvartære leraflejringer og de underlejrende dele af Fur Formationen kan sættes ved ca. 20 ohmm. Denne tolkning er foretaget ved at sammenholde modstandsforholdene med geologiske data fra borer i området.

Med SkyTEM kortlægningen er det til en vis grad muligt at skelne Fur Formationen fra de over- og underliggende formationer. Det synes dog ikke muligt at opløse geologien i en sådan detalje, at Skiferserien og Askelagsserien kan skelnes fra Øvre og Nedre Molerserie.

Kalkoverfladens strygning i området er detaljeret kortlagt med SkyTEM kortlægningen. Øst for Bårupvej og ca. 250 meter vest for Bårupvej, som er den vej, der gennemskærer kortlægningsområdet fra syd mod nord, vurderes strygningen at være 90-100 grader, se figur 3.8 Vest herfor stryger kalkoverfladen ca. 70 grader og bøjer derefter gradvis om til en mere nord-syd orienteret strygning.

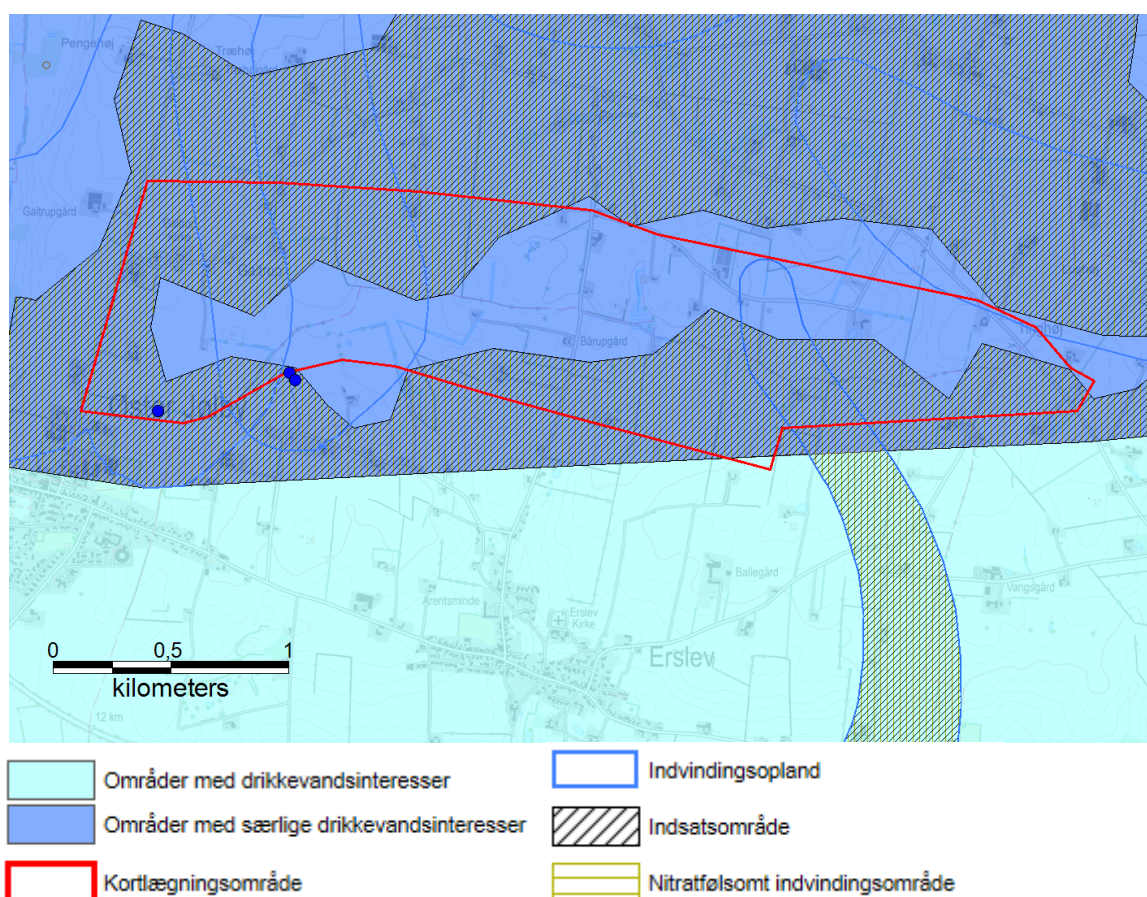
3.2.6 Grundvandsforhold

Erslev molerfelt og det i 2016 kortlagte område er beliggende i den sydlige del af et område med særlige drikkevandsinteresser (OSD). Hovedparten af det i 2016 kortlagte område er endvidere udpeget som nitratfølsomt indvindingsområde (NFI) og indsatsområde (IO) i forbindelse med Miljøministeriets grundvandskortlægning. Hele den vestlige tredjedel af kortlægningsområdet fra 2016 er beliggende i indvindingsoplandet til henholdsvis I/S Erslev Vandværk og Øster Jølby Vandværk. Dette er en medvirkende årsag til, at råstofinteresseområde Erslev i Råstofplan 2016 ikke strækker sig længere mod vest. Derudover strækker også indvindingsoplandet til Lyngbro Vandværk sig ind i kortlægningsområdets østlige del fra syd. De forskellige områdebetegnelser fremgår af figur 3.10.

I/S Erslev Vandværk har to borer, Den ene, DGU nr. 37.1055, indvinder fra moler. Molerlaget er 17 meter tykt og overlejres af 15 meter moræneler. Den anden, DGU nr. 37.1052, indvinder også fra moler på grænsen til den underlejrende kalk. Molerlaget er her 19 meter tykt og overlejres af 12 meter moræneler.

Øster Jølby Vandværk har fire borer, hvoraf den ene, DGU nr. 37.906, er beliggende i 2016 kortlægningsområdet. Den indvinder fra kalken, som ligger under 45 meter moler og 10 meter moræneler. Vandværkets tre øvrige borer ligger ca. 600 meter vest for denne boring og dermed uden for molerområdet. Begge vandværkers borer ligger på 2016 kortlægningsområdets sydlige grænse mod vest.

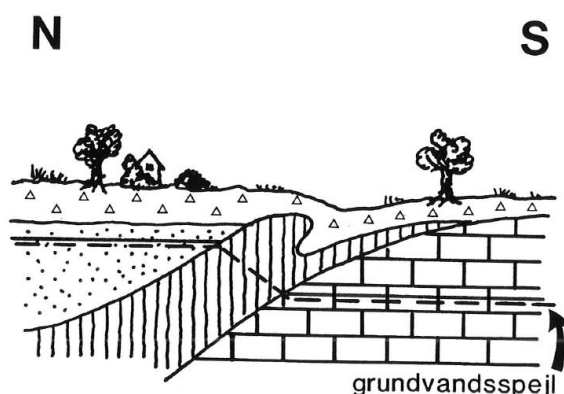
Lyngbro Vandværk har to borer, DGU nre. 37.657 og 37.1009, som er beliggende ca. 1,8 km syd for 2016 kortlægningsområdet. Indvindingsoplandet er beregnet ud fra en tidligere tilladt indvindingsmængde på 200.000 m³/år. Vandværket indvandt over 100.000 m³/år frem til og med 2016, men i 2017 og 2018 har det kun indvundet henholdsvis 6.143 og 7.593 m³/år. Det betyder, at indvindingsoplandet reelt ikke strækker sig op til molerområdet. Indvindingsoplandet er dog stadig officielt udpeget.



Figur 3.10. Kortlægningsområdet fra 2016, OSD, NFI, IO og indvindingsoplande til almene vandforsyninger. De tre blå prikker viser vandværksboringer.

Ifølge et notat fra Viborg Amt (Viborg Amt, 1986) ligger grundvandsspejlet i molerområdet ca. 15-20 meter under terræn. Af notatet fremgår det endvidere, at der ved indvinding under grundvandsspejlet kan blive udfordringer af graveteknisk art.

I DGU (1988) er der foretaget en hydrogeologisk undersøgelse af området. Som resultat heraf er den på figur 3.11 viste principskitse af områdets grundvandsreservoirer udarbejdet. Skitsen viser, at grundvandsforholdene i rapporten er fortolket således, at det opfoldede moler (lodret skravering) danner bund og væg i det kvartære grundvandsmagasin (priksignatur). Derudover findes der et grundvandsspejl i kalken.



Figur 3.11. Tolkning af grundvandsspejl fra DGU (1988).

I Orbicon (2016) blev der foretaget en opdateret vurdering af grundvandsforholdene i området bl.a. under inddragelse af tilgængelige pejledata fra eksisterende borer i området og fra to af de nye borer, der blev udført i 2016. Vurderingen er gengivet i det følgende.

I den sydlige og vestlige halvdel af kortlægningsområdet ligger grundvandsspejlet mellem kote ca. 18 og ca. 20 meter svarende til ca. 1,5 til 4 meter under terræn. Disse datapunkter er fra kvartære sandlag, som i den nordlige del af området i lighed med DGU (1988) vurderes at udgøre et mere eller mindre sammenhængende sekundært grundvandsmagasin. I den sydlige del af området er der derimod formentlig tale om flere mindre, sekundære grundvandsmagasiner ("sandlommer").

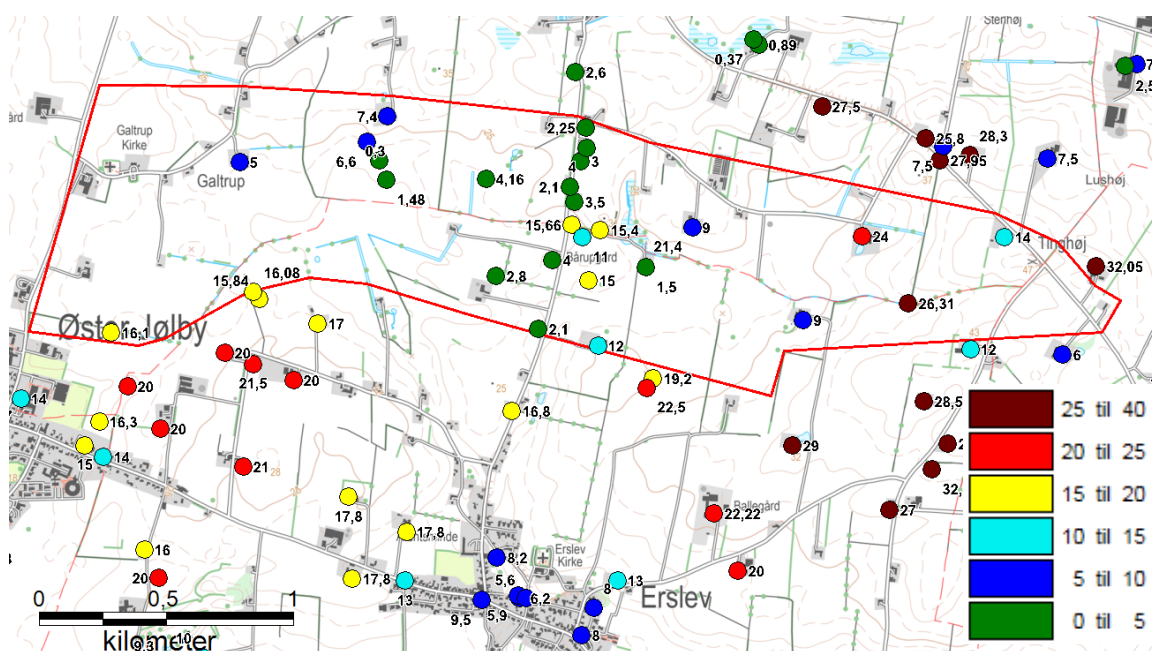
Enkelte af vandspejlsmålingerne centralt i kortlægningsområdet er fra dybereliggende grundvandsmagasiner (en fra kalk og tre fra moler), hvor vandspejlet står dybere end i Kvartæret. Nogle steder er moleret helt vandmættet og andre steder ligger de øverste meter af moleret over vandspejlet. I området, hvor moleret ligger nærmest terræn og dermed har mindst overjordsdække, findes grundvandet ca. 10-15 meter under terræn. Det er påvist i 37.920 (ERS I), hvor der er ca. 12,4 m Nedre MolerSerie over grundvandsspejlet, 37.921 (ERS II), hvor der er ca. 7,5 m over grundvandsspejlet, heraf ca. 3 m Nedre MolerSerie og i 37.1057 (ERS III), hvor der er ca. 6 m Askelagsserie over grundvandsspejlet. I den vestlige del af kortlægningsområdet er der i boring 37.906, som er en vandværksboring, ca. 6 meter moler over grundvandsspejlet.

I de dele af området, hvor der ikke findes et øvre, sekundært grundvandsspejl, kan der således forekomme ikke vandmættet moler. Der vil formentlig også kunne forekomme ikke vandmættet moler under et område med et sekundært grundvandsmagasin i en sandlomme, som ikke har hydraulisk kontakt til moleret. Ud fra potentialet i de nævnte borer med pejlinger i moler, som

ligger mellem kote ca. 6 og 12 meter, vurderes der generelt ikke at være mere end 5 meter ikke vandmættet moler. Hvor moleret er overlejret af et tykkere kvartært dække, er der formentlig kun nogle få meter eller slet intet moler, der ikke er vandmættet.

Vandspejlet i kalken varierer fra frit umiddelbart syd for kortlægningsområdet, hvor kalken findes få meter under terræn, til spændt i kortlægningsområdet, hvor kalken i boring DGU nr. 37.1029 findes 58 m u.t. og potentialet 15,6 meter under terræn, hvilket svarer til nogle få meter under det vandtryk, der er i moleret, netop her.

På figur 3.12 er det illustreret, hvor potentialet for de tre grundvandsmagasiner i kortlægningsområdet vurderes at ligge i den centrale del af kortlægningsområdet. Potentialet for det kvartære sand/grus ligger omkring kote 20 (lidt højere i den nordlig del af området og lidt lavere i den sydlige del af området). I moleret findes potentialet omkring kote 10, mens det i kalken findes omkring kote 6,8. Betinget af de strukturgeologiske forhold er der således stor variation i, hvor dybt grundvandet træffes – og dette gør sig gældende inden for ganske korte afstande. I forhold til den gamle illustration på figur 3.11 skal den stiplede linje i moleret ligge vandret omtrent midt mellem niveauerne i sandet og kalken.

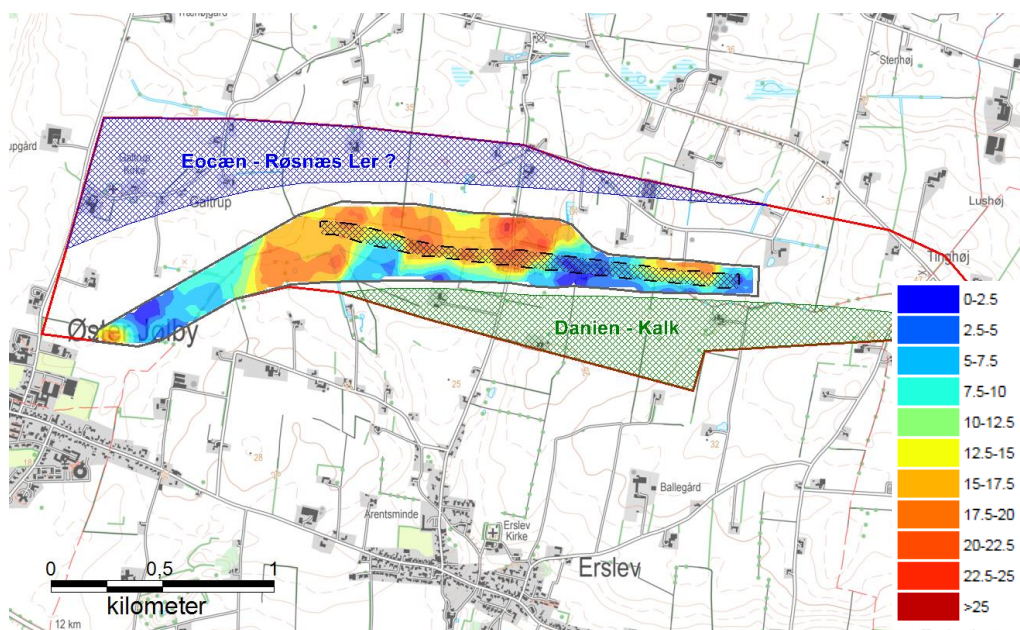


Figur 3.12. Vandspejlet i meter under terræn. Bemærk, at figuren ikke tager højde for, at pejlingerne kan være fra grundvandsmagasiner i forskellige dybder. Jf. teksten, så er de grønne og blå datapunkter fra kvartære, sekundære magasiner, og de gule og røde datapunkter fra moler eller kalk.

I kapitel 7.5 er der foretaget en opdateret vurdering af grundvandsforholdene i området under inddragelse af den senest gennemførte kortlægnings resultater.

grænse på 30 meter under terræn, for det moler, der blev taget med i beregningen. Resultatet ses på figur 3.14. Askelagsserien er vurderet at være ca. 5 meter tyk, hvor den ligger umiddelbart under de kvartære aflejringer. Denne tykkelse skal således fratrækkes overjordstykkelser vist på figur 3.13.

Voluminet af moler er beregnet inden for den grå polygon på figur 3.14 til ca. 8,2 mio. m³.

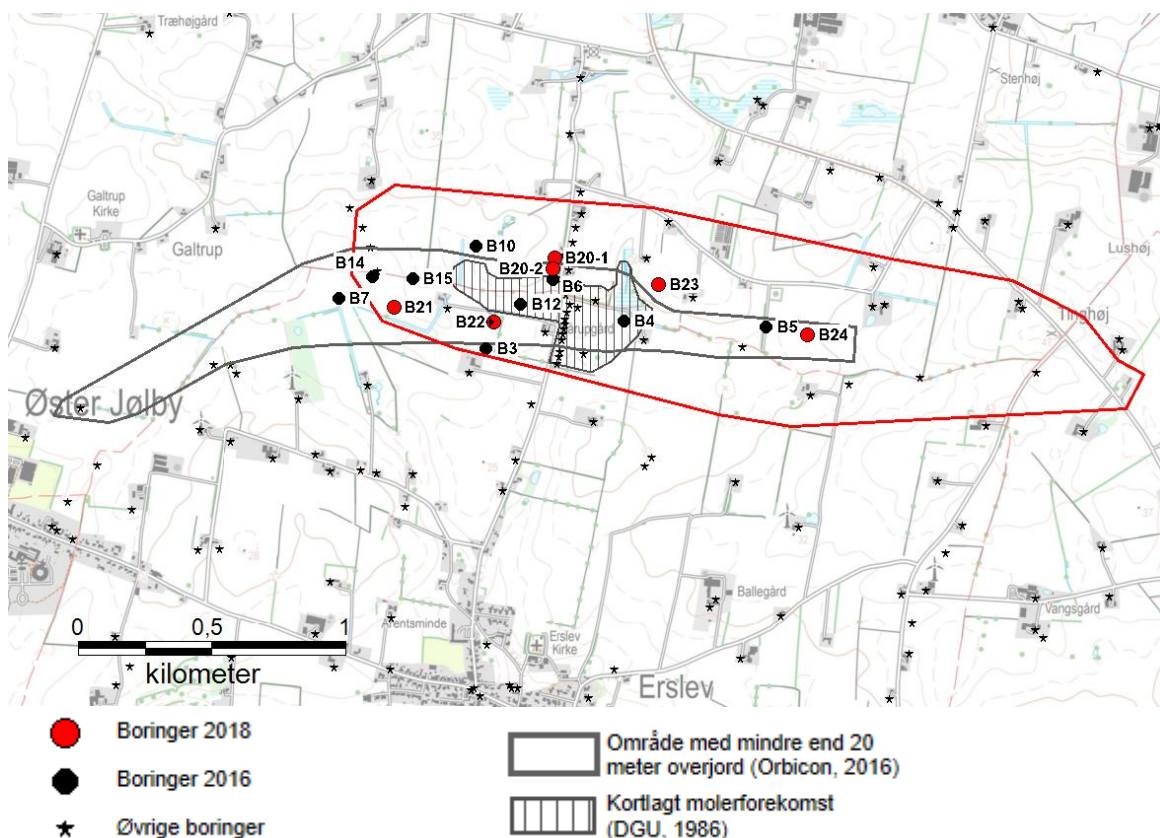


Figur 3.14. Modelleret tykkelse af Øvre og Nedre Molerserie ("brydeværdig moler") vist i intervaller på 2,5 m. Røde og orange farver viser således de største molertykkelser, mens de blå farver viser de mindste molertykkelser. På figuren ses endvidere udbredelse af Askelagsserien samt prækvartæroverfladens tolkede lithologi i kortlægningsområdet.

4. Supplerende borearbejde

4.1 Udpegning af borelokaliteter

Som opfølgning på undersøgelserne i 2016 blev der i 2018 udvalgt i alt 6 nye borelokaliteter i den centrale og vestlige del af råstofinteresseområdet Erslev. Disse fremgår med røde prikker på figur 4.1.



Figur 4.1. Udførte undersøgelsesboringer fra 2016 og 2018 angivet med lokalt boringsnummer samt øvrige boringer. Derudover ses omtrentlig afgrænsning af molerforekomstområde fra DGU (1986) og omtrentlig afgrænsning af, hvor overjorden er mindre end 20 meter tyk over Øvre og Nedre Molerserie fra Orbicon (2016). Råstofinteresseområde Erslev er angivet med rød polygon.

4.2 Borearbejde

De fleste af de planlagte råstofboringer ligger langt ude på marker, og det var derfor planen, at de skulle udføres i en periode med længerevarende frost i begyndelse af 2018, så markskade kunne undgås. Vintervejret var generelt lunt, og det var kun i februar, der var en periode med dagsfrost. Her blev B21 udført. B21 blev stoppet ved 14 meter, da moleret var meget hårdt at bore i. De øvrige boringer måtte vente til markerne var tørret op. De blev udført i perioden 31. maj til 6. august 2018 med flere afbrydelser undervejs. Borekampagnen var generelt ramt af en række udfordringer, og boringerne blev ikke så dybe som på forhånd forventet. Borejournaler fremgår af bilag 1.

Den første boring, der blev udført i maj 2018, var B22. I B22 kom der kalkstykker ved 15 meter, og der begyndte at komme vand, se figur 4.2B. Da moleret samtidig var meget hårdt at bore i, blev boringen stoppet.

Den næste boring, der blev udført, var B20-1. Et vandførende sandlag gjorde, at flere borekerner blev tabt. Der blev ikke truffet moler, men plastisk ler, se figur 4.2A, hvorfor boringen blev stoppet og flyttet 40 meter mod syd. Her blev B20-2 udført. Omkring 21 meter nede var der lag af cementsten, som ikke kunne gennembøres. Boregrejet satte sig fast i cementstenen, og der måtte foretages overboring for at redde grejet.

Efter et længere ophold i borearbejdet blev B24 udført. Omkring 14 meter kom der hårde lag, formentlig cementsten, så for at undgå at boregrejet igen satte sig fast, blev boringen stoppet. B23 blev herefter udført, og allerede ved 10 meter kom der cementsten, som stoppede det videre borearbejde, se figur 4.2C.



Figur 4.2. A: Plastisk ler fra B20-1, 11-12 meter under terræn Foto: Jens Demant Bernth. B: Kalkstykker i våd, sort moler fra B22, 15 meter under terræn Foto: PC Brøndboring. C: Cementsten fra B24, ca. 10 meter under terræn Foto: PC Brøndboring.

I tabel 4.1 ses den anvendte boremetode samt boringernes dybde. Der blev i alt boret 86 meter.

DGU nr.	Lokalt boringsnummer	Boremetode	Boreddybde [m]
37.1590	B20-1	Uforet hulsnegl med rammekerne	13
37.1598	B20-2	Uforet hulsnegl med rammekerne	21
37.1591	B21	Uforet hulsnegl med rammekerne	14
37.1592	B22	Uforet hulsnegl med rammekerne	15
37.1593	B23	Uforet hulsnegl med rammekerne	10
37.1594	B24	Uforet hulsnegl med rammekerne	13

Tabel 4.1. Råstofundersøgelsesboringer udført i 2018, samt boremetode og boreddybde.

5. Supplerende laboratorieundersøgelser

5.1 Biostratigrafisk undersøgelse af dinoflagellatcyster

Dinoflagellater er en algegruppe, som omfatter 4500 arter, hvoraf en stor del er fossile. De fleste dinoflagellater er encellede og har en størrelse på 10-100 µm. Nogle arter danner cyster, som er meget modstandsdygtige og derfor kan bevares fossilt. Fossile dinoflagellater – eller dinoflagellatcyster – findes næsten udelukkende i marine aflejringer. De findes i et utal af former og benyttes derfor til aldersbestemmelse af marine aflejringer – biostratigrafi (Heilmann-Clausen og Thomsen, 2019).

I 2016 blev der i boring B10 (37.1572) fundet en to meter tyk, grøn morænelerlignende enhed direkte oven på moleret. Moræneleret har oparbejdet underliggende grønt plastisk ler, som ganske få meter nord for boringen ligger oven på moleret. Med henblik på at bestemme, om det plastiske ler er fra Holmehus Formationen, dvs. ældre end moleret, eller fra Røsnæs Ler Formationen, dvs. yngre end moleret, blev en prøve af det grønne ler undersøgt for indhold af dinoflagellatcyster af Claus Heilmann-Clausen i 2016. Desværre viste undersøgelsen ikke noget entydigt resultat, hvorfor undersøgelsen ikke blev inddraget i Orbicon (2016).

I boring B20-1 (37.1590) blev der i 2018 gennemboret 1,5 meter meget fed, grøn plastisk ler (se bilag 1 og figur 4.2A). Af dette ler blev der udtaget en prøve til undersøgelse for indhold af dinoflagellatcyster. Prøven er analyseret af Claus Heilmann-Clausen, og på baggrund af denne analyse er det nu fundet relevant at medtage undersøgelsen fra 2016 i denne rapportering.

I tabel 5.1 ses de to prøvedybder, hvorfra der er udtaget prøver til analyser for indhold af dinoflagellatcyster.

DGU nr.	Lokalt boringsnummer	Prøvedybde [m]
37.1572	B10	15-16
37.1590	B20-1	12,5

Tabel 5.1. Prøver udtaget til analyse af dinoflagellatcyster.

5.2 Biostratigrafisk undersøgelse af silicoflagellatindhold

I forlængelse af undersøgelserne af silicoflagellater i 2016, som er omtalt i afsnit 3.2.4, er der udvalgt yderligere 7 prøver fra 4 af borerne fra 2016 samt 10 prøver fra 4 af de nye borer fra 2018. Prøverne er udvalgt for at opnå en mere sikker vurdering af, hvor i Fur Formationen prøverne stratigrafisk skal indplaceres. Analyserne er foretaget i Orbicons laboratorium af laborant og specialist i taksonomisk bestemmelse af alger Heidi Bredgaard Svensson. De udvalgte prøver fremgår af tabel 5.2.

DGU nr.	Lokalt boringsnummer	Prøvedybde [m]
37.1574	B6	3,5; 17,5
37.1571	B7	13,0; 15,3; 18,7
37.1572	B10	17,0
37.1578	B15	9,5
37.1598	B20-2	2,7; 5,5; 9,2; 12,0; 20,5
37.1591	B21	2,5; 13,5
37.1592	B22	8,5; 14,5
37.1594	B24	10,5

Tabel 5.2. Prøver udtaget til analyse af silicoflagellatindhold.

5.3 Svovlanalyser

Der er udvalgt 8 prøver fra 4 af de nye borer. De udvalgte prøver fremgår af tabel 5.3. Prøvedybderne er valgt ud fra molerets farve med det sigte dels naturligvis at undersøge svovlmængden i moleret, dels at fastlægge niveauet for redoxgrænsen.

DGU nr.	Lokalt boringsnummer	Prøvedybde [m]
37.1598	B20-2	5,5; 14,7; 20,5
37.1591	B21	4,1; 12,5
37.1592	B22	8,6; 13,6
37.1594	B24	11,4

Tabel 5.3. Prøver udtaget til svovlanalyse.

5.4 Røntgenfluorescensanalyser (XRF)

Røntgenfluorescens er en spektroskopisk metode til kvantitativ bestemmelse af indholdet af forskellige grundstoffer. Det primære formål med at foretage røntgenfluorescensanalyser er at bestemme molerets indhold af silicium, aluminium og svovl, da dette er væsentlige parametre for vurdering af molerets kvalitet som råstof. Ved analysen opnås også information om andre grundstoffer, som dog ikke er fundet relevante at omtale yderligere i denne rapport.

På vegne af Imerys Industrial Minerals Denmark A/S har Stig A. Schack Pedersen udtaget 13 prøver fra udvalgte dybder i to af de nye borer, se tabel 5.4. Prøverne er analyseret med røntgenfluorescens (XRF) af Skamol A/S.

DGU nr.	Lokalt boringsnummer	Prøvedybde [m]
37.1598	B20-2	10,2; 10,8; 11,5; 12,5; 13,5; 14,5; 15,8; 16,2; 16,8; 18,5; 19,5; 20,5*
37.1591	B21	8,5

Tabel 5.4. Prøver udtaget til røntgenfluorescensanalyse. Prøven ved 20,5 m er i Pedersen (2018) noteret som 21,5 m, hvilket er en fejl, idet boringen kun er 21 meter dyb.

5.5 Vandabsorptionsanalyser

Molerets absorptionsevne er en vigtig parameter for industriens vurdering af molerets kvalitet som råstof. Et stort lerindhold i moleret vil nedsætte absorptionsevnen og dermed kvaliteten af råstoffet.

På vegne af Imerys Industrial Minerals Denmark A/S har Stig A. Schack Pedersen udtaget i alt 21 prøver til vandabsorptionsanalyser på Imerys' eget laboratorium, se tabel 5.5. 17 af prøverne blev udtaget i forbindelse med den første fase af kortlægningen i 2016, og de resterende 4 prøver blev udtaget i forbindelse den opfølgende kortlægning i 2018-2019.

DGU nr.	Lokalt boringsnummer	Prøvedybde [m]
37.1575	B5	6,5; 9,5; 12,5; 14,0; 14,8
37.1574	B6	3,5; 6,5; 9,8; 10,75; 13,5; 16,5; 18,0; 19,5
37.1571	B7	21,75
37.1577	B12	15,3; 17,5; 18,5
37.1591	B21	4,0; 9,0; 13,5
37.1592	B22	11,5

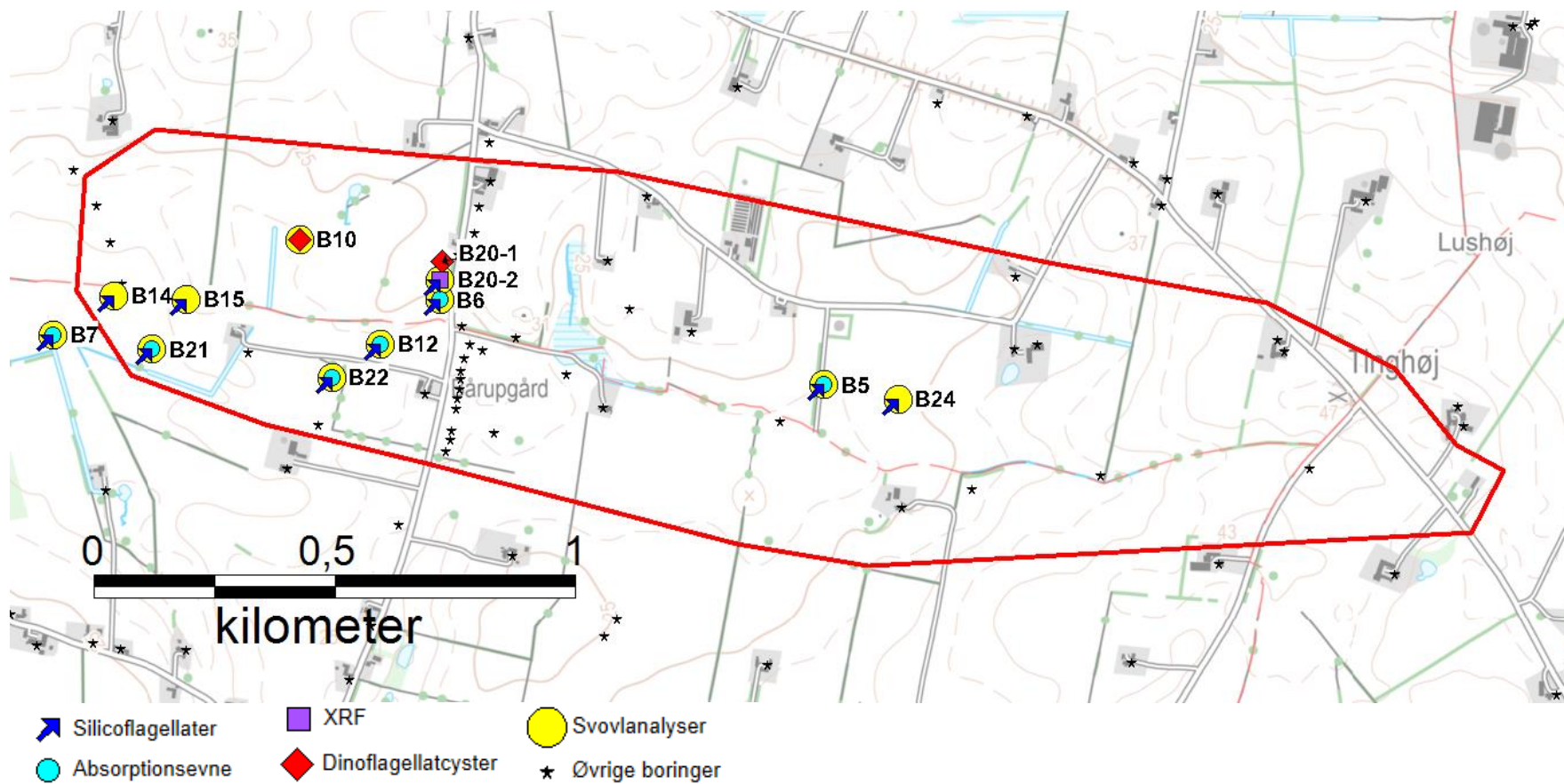
Tabel 5.5. Prøver udtaget til vandabsorptionsanalyse.

5.6 Samlet overblik over laboratorieanalyser 2016 og 2018

Af tabel 5.6 og figur 5.1 ses et samlet overblik over laboratorieanalyser udført i både 2016 og 2018. I alt 80 forskellige analyser i 11 borer.

DGU nr.	Lokalt borings-nummer	Dino-flagellat-cyster	Silico-flagellater	Svovl	XRF*	Absorptionsevne *
37.1575	B5	-	1	3	-	5
37.1574	B6	-	3	3	-	8
37.1571	B7	-	3	3	-	1
37.1572	B10	1	-	1	-	-
37.1577	B12	-	2	3	-	3
37.1576	B14	-	1	1	-	-
37.1578	B15	-	1	1	-	-
37.1590	B20-1	1	-	-	-	-
37.1598	B20-2	-	5	3	12	-
37.1591	B21	-	2	2	1	3
37.1592	B22	-	2	2	-	1
37.1594	B24	-	1	1	-	-
SUM	11	2	21	23	13	21

Tabel 5.6. Overblik over antallet af laboratorieanalyser udført i 2016 og 2018. * Stillet til rådighed af Imerys. Se borerne på figur 5.1.



Figur 5.1. Lokalisering af boringer, hvorfra der er foretaget laboratorieanalyser af udvalgte prøver i 2016 og 2018. Detaljer fremgår af tabel 5.6.

6. Resultater

6.1 Borningsdata

Efter borearbejdets afslutning blev de opborede materialer gjort klar til beskrivelse. De udtagne borekerner blev skåret op og lagt i forlængelse af hinanden for dermed at skabe det bedst mulige overblik over den geologiske opbygning og farvevariationer ned gennem lagserien. På figur 6.1 ses borekerner, der er klar til at blive åbnet og lagt op til beskrivelse.



Figur 6.1. Borekerner i Orbicons lagerhal. Foto: Jens Demant Bernth.

6.1.1 Beskrivelse og geologisk tolkning af boreprøver

Den geologiske prøvebeskrivelse blev foretaget af et hold af erfarne geologer i fællesskab på en arbejdsdag i Orbicons lagerhal 8. oktober 2018. Holdet bestod af Rikke Ellemann-Biltoft og Niels Peder Mortensen fra Region Nordjylland, Stig A. Schack Pedersen fra Geotecto, Gunver Krarup Pedersen fra GEUS samt Mette Danielsen og Jens Demant Bernth fra Orbicon. Derudover har Claus Heilmann-Clausen, tidl. Aarhus Universitet, den 17. august 2018 deltaget i en besigtigelse og efterfølgende datering af det plastiske ler i B20-1.

Der er kun foretaget en overordnet beskrivelse af de kvartære aflejringer, da disse betragtes som overjord i denne kortlægning.

Fokus i den geologiske beskrivelse og tolkning har været at bedømme, hvilken del af Fur Formationen det opborede moler tilhører. Den geologiske beskrivelse og tolkning af de 6 udførte

råstofundersøgelsesboringer er sammenfattet i tabel 6.1. I bilag 1 ses optegnede boreprofiler og prøvebeskrivelser.

DGU nr.	Lokalt boringsnummer	Geologi [meter under terræn]	Tolket del af Fur Formationen
37.1590	B20-1	0-11,4 kvartære aflejringer 11,4-13 grønt plastisk ler	- -
37.1598	B20-2	0-1,5 kvartære aflejringer 1,5-21 moler	- Øvre Molerserie
37.1591	B21	0-2 kvartære aflejringer 2-14 moler	- Øvre eller Nedre Molerserie
37.1592	B22	0-7,2 kvartære aflejringer 7,2-15 moler	- Øvre Molerserie
37.1593	B23	0-8,7 kvartære aflejringer 8,7-9 askeholdig fed ler 9-10 moler (cementsten)*	- - -
37.1594	B24	0-6,2 kvartære aflejringer 6,2-9,2 moler 9,2-10 kvartære aflejringer 10-13 moler	- Nedre Molerserie - Nedre molerserie

Tabel 6.1. Oprids af beskrivelse og tolkning af boreprøver fra 2018. * Der er muligvis moræneler herunder.

6.1.2 Vurdering af grundvandsspejl

Dybden til grundvandsspejlet blev bestemt i boring B20-1 til 3 m under terræn. Vandspejlet står her i et vandførende sandlag. Vandspejlet er ikke direkte bestemt i de øvrige nye boringer, da disse ikke er filtersatte, men følgende observationer er gjort:

I B22 begyndte der ifølge brøndboreren at komme vand omkring 15 m under terræn. Sammenholdes dette med farvebeskrivelse af borekerner og resultat af svovlanalyser i boringen, vurderes det at være mere sandsynligt, at grundvandsspejlet findes et sted mellem 8,6 og 13,6 m under terræn. Derfor arbejdes der i afsnit 7.5 med en konservativ dybde til grundvandsspejlet på 9 meter.

I B23 kom der ifølge brøndboreren vand ved 9 meter, hvilket svarer til overgangen fra de kvartære moræneleraflejringer til moleret. Det vurderes, at dette er et sandsynligt niveau for grundvandsspejlet ved B23.

B24 var ifølge brøndboreren tør hele vejen ned, hvilket betyder, at grundvandsspejlet må ligge dybere end 14 m under terræn.

6.2 Laboratorieanalyser

6.2.1 Dinoflagellatcyster

Resultaterne er beskrevet i to korte notater (Heilmann-Clausen, 2016 og Heilmann-Clausen, 2018), som er vedlagt i bilag 2. I det følgende gengives resultater og stratigrafiske overvejelser fra notaterne og til sidst sammenholdes resultaterne.

Boring B10 fra 2016:

Prøven var helt fri for organiske mikrofossiler (pollen og dinoflagellatcyster). Af stratigrafiske enheder, som kendes fra Mors og Fur, minder det undersøgte lerfragment om Holmehus Formationen (ældre end moleret) og om øvre del af Knudshoved Member, som også består af grønligt, ret fedt ler. Knudshoved Member er yngre end moleret. Holmehus Formationen indeholder generelt meget lidt eller intet organisk materiale. Nogle prøver kan således være helt fri for dinoflagellatcyster og pollen. Det gælder f. eks prøver fra Erslev-23 boringen (DGU nr. 37.1029) og skyldes formentlig en stærk primær oxidation på havbunden. Hidtil undersøgte prøver fra øvre del af Knudshoved Member indeholder velbevarede dinoflagellatcyster. På dette grundlag er det ikke sandsynligt at prøven er fra Knudshoved Member, mens det er muligt at den er fra Holmehus Formationen. Det skal dog bemærkes at denne vurdering bygger på negativ evidens. Det kan bestemt ikke udelukkes, at prøven kan stamme fra en ikke tidligere kendt litologisk enhed, som kan være yngre eller ældre end moleret.

Boring B20-1 fra 2018:

Prøven indeholder et moderat til godt bevaret, ret artsrigt dinoflagellatselskab. Der er bestemt 21 forskellige taxa, og på baggrund heraf er den ældst mulige alder bedømt til at være sen Midt Eocæn. Det er ikke sandsynligt, at alderen er yngre end Midt Eocæn, da ingen markører for yngre niveauer er fundet. Der er så vidt vides ikke tidligere identificeret sedimentter af samme alder som denne prøve i området nær lokaliteten. Ifølge Claus Heilmann-Clausen ligner prøven Lillebælt Ler Formation.

Med den sikre bestemmelse af prøven fra B20-1, som ligger kun 300 meter øst for B10, vurderes det at være meget sandsynligt, at det oparbejdede grønne ler ved og nord for B10 er fra samme ikke tidligere identificerede lithologiske enhed i området, altså noget der er samtidigt med Lillebælt Ler.

Det askeholdige ler i B23 er ikke stratigrafisk bestemt. Det ligner ikke det grønne ler i B10 eller B20-1. I forbindelse med prøvebeskrivelserne foreslog Stig A. Schack Pedersen, at det kunne være Røsnæsler med askelag, altså ler der er ældre end Lillebælt Ler, men yngre end moleret.

Lokalisering af de to borer, hvorfra der er analyseret prøver for indhold af dinoflagellatcyster, fremgår af figur 5.1.

6.2.2 Silicoflagellater

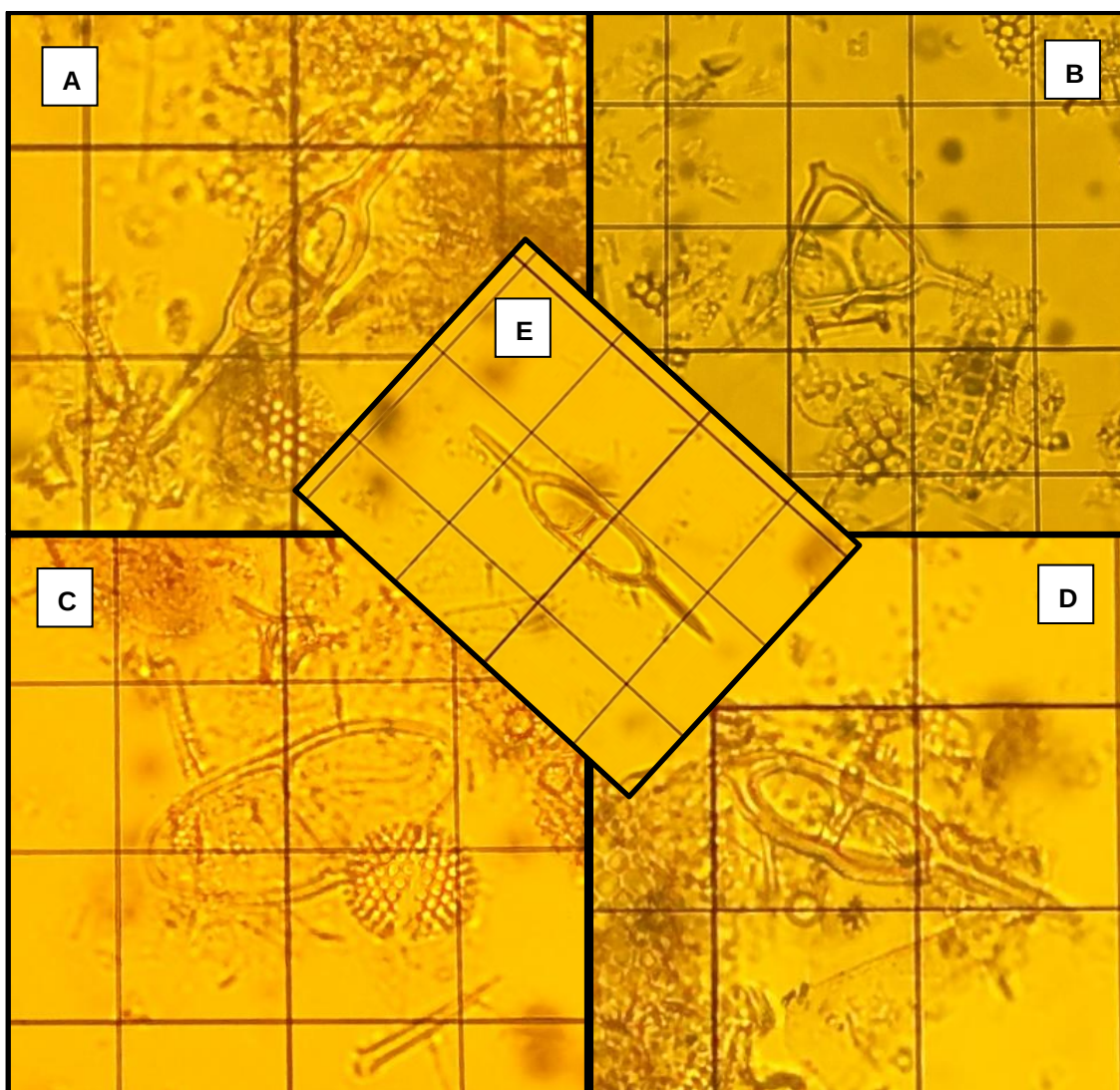
Der er foretaget en visuel bedømmelse i mikroskop af silicoflagellatindholdet i 17 molerprøver. I tabel 6.2 ses, hvilket askelagsinterval prøverne er henført til ud fra silicoflagellatindholdet samt hvordan de dermed stratigrafisk kan indplaceres i Fur Formationen. I bilag 3 ses en opgørelse

over de diagnostiske arter, der er dokumenteret i de enkelte prøver. Bilaget indeholder også resultaterne af silicoflagellatbestemmelsen af fem prøver udført af Julius Petersen i 2016.

Det fremgår af tabellen, at hovedparten af de analyserede prøver kan henføres til Øvre eller Nedre Molerserie. I den vestlige del af området ved B7 og B15 findes muligvis Askelagsserie. På figur 6.2 er vist fotos af de forskellige for moleret diagnostiske silicoflagellater.

DGU nr.	Lokalt boringsnummer	Dybde [m u.t.]	Vurderet askelagsinterval*	Vurderet del af Fur Formationen
37.1574	B6	3,5	+19 til -17	Øvre eller Nedre Molerserie
37.1574	B6	17,5	+19 til -17	Øvre eller Nedre Molerserie
37.1571	B7	13,0	Over +19?	Askelagsserien?
37.1571	B7	15,3	Over +19?	Askelagsserien?
37.1571	B7	18,7	+19 til -17	Øvre eller Nedre Molerserie
37.1572	B10	17,0	-	-
37.1578	B15	9,5	Over +19?	Askelagsserien?
37.1598	B20-2	2,7	+19 til -33?	Øvre eller Nedre Molerserie eller Skiferserie
37.1598	B20-2	5,5	+19 til -17?	Øvre eller Nedre Molerserie?
37.1598	B20-2	9,2	+19 til -17	Øvre eller Nedre Molerserie
37.1598	B20-2	12,0	+19 til -17	Øvre eller Nedre Molerserie
37.1598	B20-2	20,5	+19 til -17	Øvre eller Nedre Molerserie
37.1591	B21	2,5	+19 til -17	Øvre eller Nedre Molerserie
37.1591	B21	13,5	+19 til -17	Øvre eller Nedre Molerserie
37.1592	B22	8,5	+19 til -17	Øvre eller Nedre Molerserie
37.1592	B22	14,5	+19 til -17	Øvre eller Nedre Molerserie
37.1594	B24	10,5	+19 til -17	Øvre eller Nedre Molerserie

Tabel 6.2. Vurdering af stratigrafisk indplacering af udvalgte boreprøver i Fur Formationen ud fra indhold af silicoflagellater. *I henhold til Perch-Nielsen (1976). Prøver, der er henført til Askelagsserien, er gjort det på grund af negativ evidens, altså fravær af silicoflagellater, der diagnosticerer ældre dele af Fur Formationen. Dette er derfor usikre bestemmelser.



Figur 6.2. Fotos af smear slides taget med det anvendte Olympus mikroskop af Heidi Bredgaard Svensson. 250 gange forstørrelse. Billederne viser de fem forskellige diagnostiske silicoflagellater, for de fem silicoflagellat subzoner i moleret. **A:** *N. Danica* (B20-2 5,5 m) **B:** *D. Elongata* (B6 3,5 m); **C:** *C. Navicoloidea* (B21 2,5 m); **D:** *N. Constricta* (B22 14,5); **E:** *N. Aspera* (B24 10,5 m). Rundt om silicoflagellaterne ses molerets hovedbestanddel, diatomeer, som små cirkulære, hullede former.

Lokalisering af alle de borer, hvorfra der er analyseret prøver for indhold af silicoflagellater både i 2016 og 2018 fremgår af figur 5.1. Resultaterne fra 2016 fremgår af tabel 3.3.

6.2.3 Svovl

Resultatet af de 8 svovlanalyser, der er udført, fremgår sammen med et billede af boreprøven af tabel 6.3. I bilag 4 ses analyserapporten fra laboratoriet. Der ses stor variation i svovlindholdet i det kortlagte område, ligesom farven på boreprøverne er forskellig. De viste fotos er af tørre borekerner, idet borekernerne først er åbnet efter optørring. Det kan være vanskeligt at se redoxgrænsen i tørre prøver, se fx 37.1591, B21, 4,1 m, hvor redoxgrænsen vurderes at ligge ved ca. 4,7 m. Her ses et skift i farven fra lys grå til grå.

På figur 5.1 ses de alle de borer, hvorfra der er analyseret prøver for svovlindhold både i 2016 og 2018. Resultaterne fra 2016 fremgår af tabel 3.2.

DGU nr.	Lokalt boringsnummer	Dybde [m]	Svovlindhold [mg / kg TS]
37.1598	B20-2	5,5	4000



37.1598	B20-2	14,7	2000
---------	-------	------	------



37.1598	B20-2	20,5	29000
---------	-------	------	-------



37.1591	B21	4,1	520
---------	-----	-----	-----



DGU nr.	Lokalt boringsnummer	Dybde [m]	Svovlindhold [mg / kg TS]
37.1591	B21	12,5	29000



37.1592	B22	8,6	920
---------	-----	-----	-----



37.1592	B22	13,6	27000
---------	-----	------	-------



37.1594	B24	11,4	140
---------	-----	------	-----



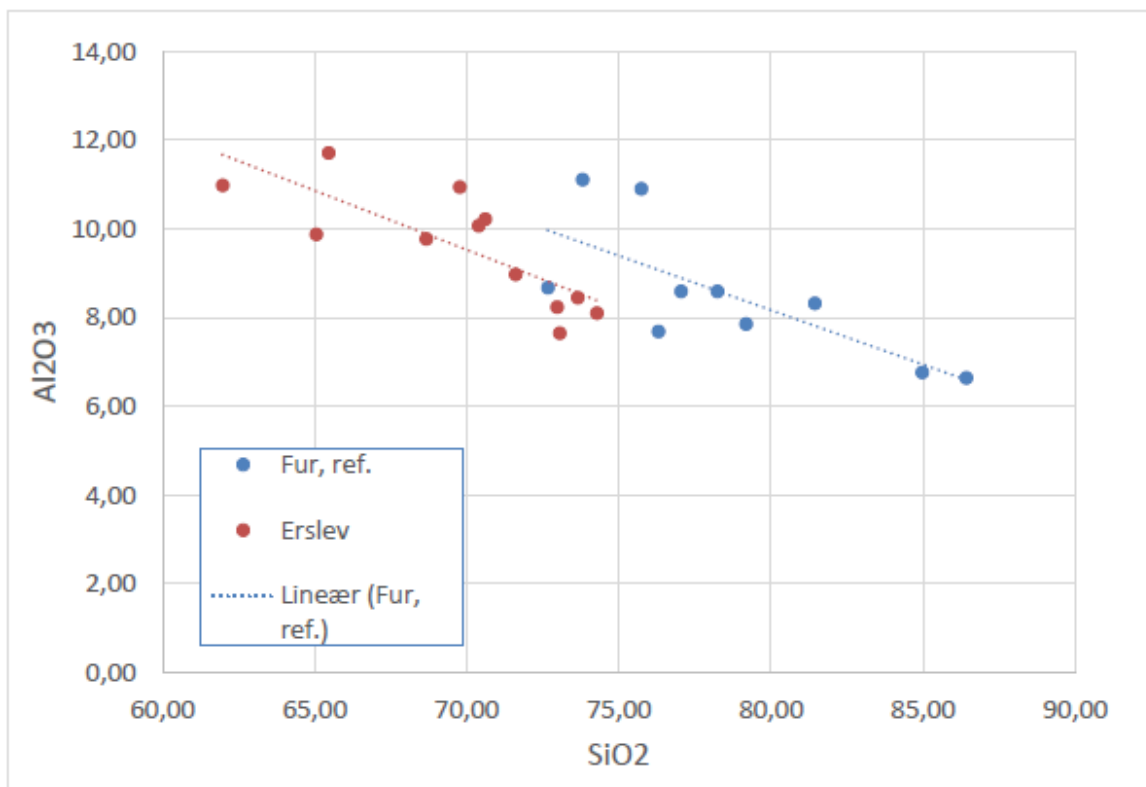
Tabel 6.3. Resultat af svovlanalyser fra 2018 samt billede af tør borekerne fra samme dybdeinterval, som prøven til svovlanalyse er udtaget. Svovlindholdet er angivet som indhold af total svovl i mg pr. kg tørstof.

6.2.4 Røntgenfluorescens (XRF)

Resultaterne er rapporteret i Pedersen (2018) og velvilligt stillet til rådighed for inddragelse i nærværende rapport. Rapporten er vedlagt i bilag 5. I det følgende gengives udvalgte resultater.

De vigtigste grundstoffer, der karakteriserer moleret, er silicium (Si) og aluminium (Al). Den indbyrdes mængde af disse grundstoffer viser molerets sammensætning ved henholdsvis at repræsentere diatomeskallernes opal (siliciumindhold) og lermineralindholdet (aluminium). Et stort indhold af diatome-opal afspejles i en høj SiO_2 procent i XRF-målingen, og tilsvarende afspejler en lav Al_2O_3 procent et lavt lerindhold i moleret.

Der er foretaget en korrelation og sammenligning af prøveresultaterne fra B20-2 ved Erslev med prøveresultater fra et referenceprofil på Fur. Resultatet ses på figur 6.3 og viser, at moleret ved Erslev indeholder i størrelsesordenen 10 % mere ler end på referencelokaliteten på Fur, og moleret fra Øvre Molerserie ved Erslev er således mindre diatomerigt, end tilsvarende aflejringer af Øvre Molerserie på Fur. Der findes, så vidt vides, ikke lignende XRF-analyser fra andre lokaliteter på Mors. Rapporten konkluderer ikke, hvad betydning af dette er for molerets kvalitet som råstof, men ifølge Jesper Enemærke, Imerys, er molerprodukter produceret på Mors tungere, end molerprodukter produceret på Fur. Det indikerer, at der generelt er et højere lerindhold i moleret på Mors end på Fur. Det højere lerindhold ved Erslev i forhold til referenceprofilen på Fur vurderes således ikke at have væsentlig betydning for molerets kvalitet, idet molerets absorptionsevne ved Erslev er udmærket, se afsnit 6.2.5.

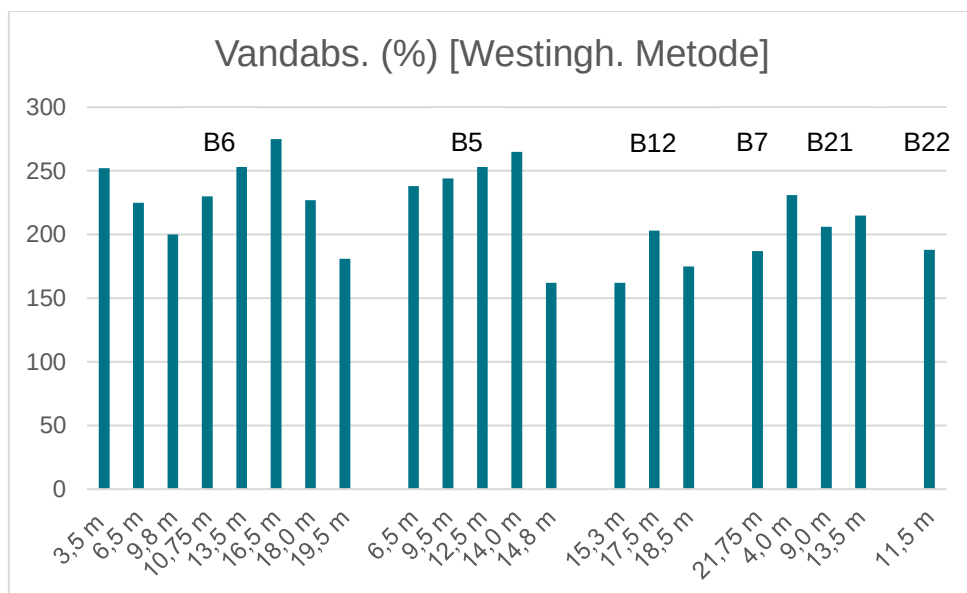


Figur 6.3. Korrelation mellem aluminium og silicium fra XRF-analyser af prøver fra B20-2 (DGU nr. 37.1598) og et referenceprofil på Fur (Pedersen, 2018).

6.2.5 Vandabsorption

Resultaterne er velvilligt stillet til rådighed af Imerys for inddragelse i nærværende rapport. Det af Imerys fremsendte resultatark er vedlagt i bilag 6 med tilføjelse af lokalt boringsnummer.

Resultaterne fremgår af figur 6.4.



Figur 6.4. Søjlediagram visende resultater af absorptionsanalyser udført af Imerys.

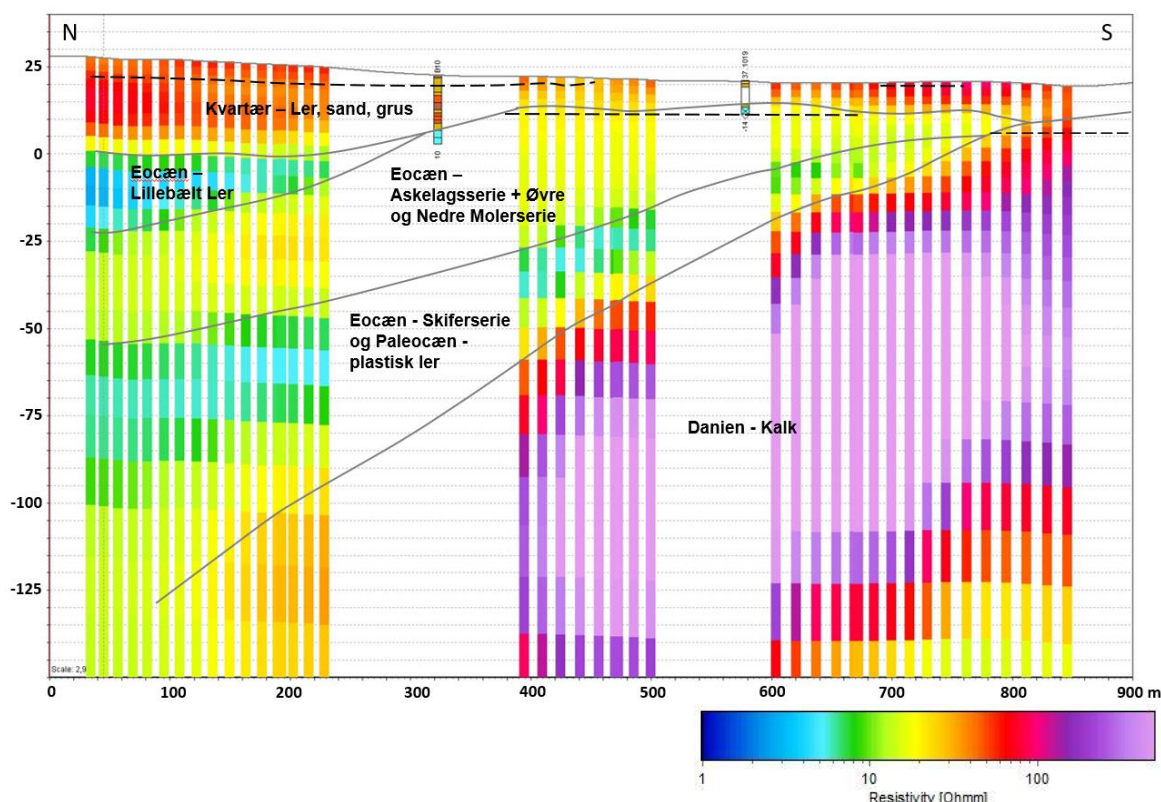
Ifølge Imerys' Quality Manager er molerets absorptionsevne den vigtigste kvalitetsparameter, og analyserne viser, at det er rigtig godt moler i forhold til absorptionsevne. Kun to af de analyserede intervaller har en lidt lavere absorptionsevne (B5 14,8 meter under terræn og B12 15,3 meter under terræn), end de øvrige intervaller, og det er dermed ikke noget, der påvirker den generelle kvalitet.

Lokalisering af de borer, hvorfra der er analyseret prøver for absorptionsevne fremgår af figur 5.1.

7. Råstofgeologisk tolkning

7.1 Geologisk tolkning af området

Forekomsten af moler i kortlægningsområdet er kortlagt med SkyTEM, borer og laboratorieanalyser. I Orbicon (2016) blev der foretaget en overordnet tolkning af den geologiske opbygning langs et nord-syd gående profil, der ligger ca. 400 meter vest for det strukturelle profil langs Bårupvej, som er vist på figur 3.1. Denne tolkning er justeret i forhold til det eocæne ler, som nu på baggrund af biostratigrafisk datering er tidsligt korreleret til Lillebælt Ler, se figur 7.1.



Figur 7.1. Geologisk forståelsesprofil centralt gennem kortlægningsområdet fra nord til syd, ca. 400 meter vest for Bårupvej. Stiplede linjer illustrerer grundvandsspejl, se afsnit 7.5.

Denne kortlægnings resultater peger på, at den overordnede strukturelle opbygning af de øverste ca. 50 meter af lagserien i kortlægningsområdet i væsentlig grad karakteriseres ved storskala foldning og overskydninger vinkelret på kalkoverfladens strygning forårsaget af is, der er kommet fra en nordlig retning, sådan som det er illustreret på figur 3.1.

Det med Lillebælt leret tidsækvivalente plastiske ler, som er kortlagt i den nordlige del af området, ser på SkyTEM kortlægningen ud til at ligge direkte oven på Fur Formationen. Derudover er der rundt om saltstrukturen beskrevet oligocænt ler i borerne på flankerne af den opskudte kalk, fx DGU nr. 37.872 ca. 1,5 km nord for kortlægningsområdet og DGU nr. 37.844 ca. 2 km nordvest for kortlægningsområdet, hvor oligocænt ler er beskrevet i henholdsvis 45,2 og 25,5 meters dybde. Disse forhold peger på, at der i området og nord derfor ses en prækvartær lagfølge ned til og med moleret bestående af oligocænt ler og eocænt ler tidsækvivalent med Lillebælt Ler. Den prækvartære lagserie er således påvirket af den af saltstrukturen forårsagede hævnning og den kvartære erosion. Forståelsesprofilet på figur 3.1. skitserer i overensstemmelse hermed, at de store overskydningsplaner ligger nede under moleret.

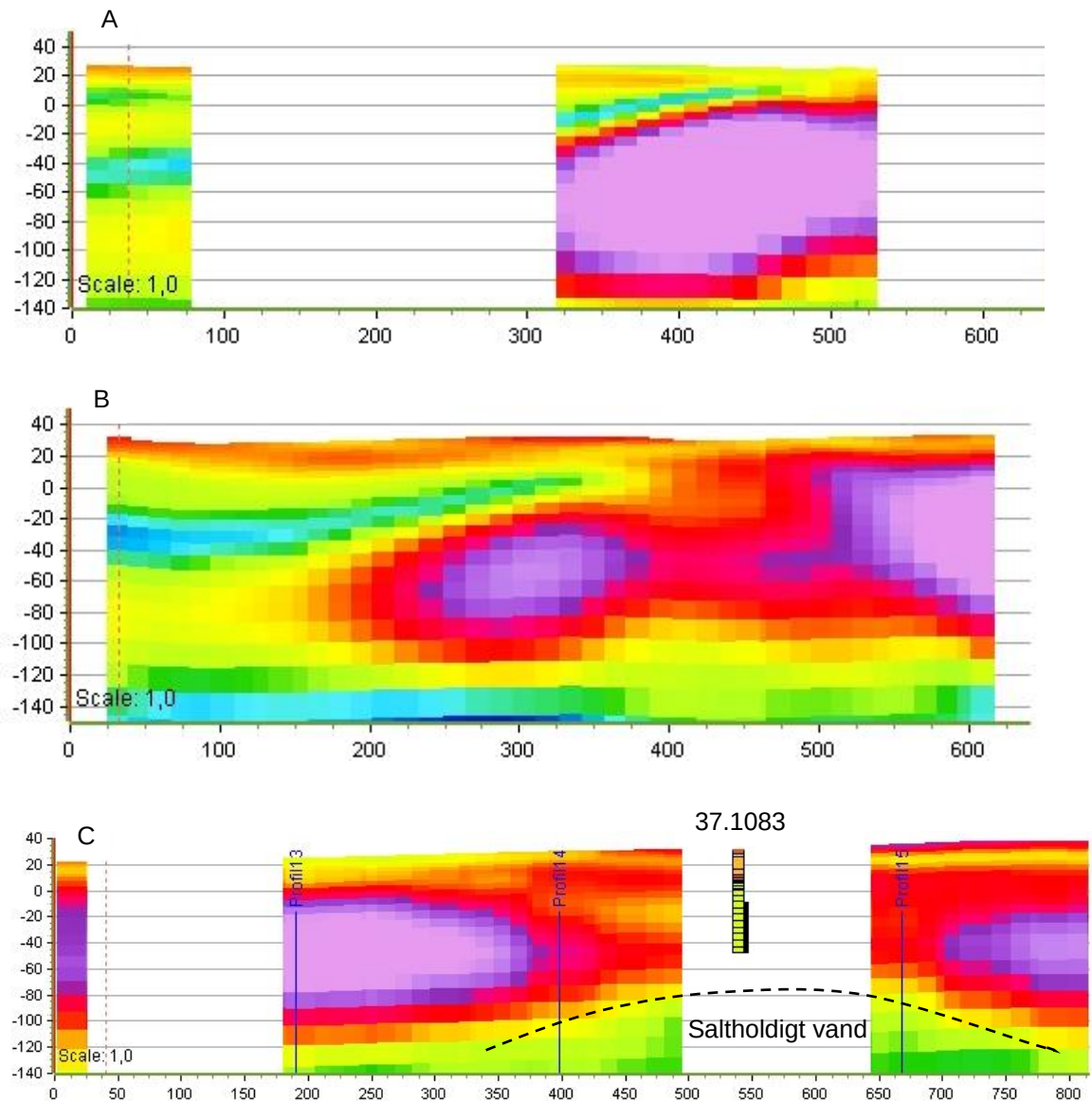
Hvad der imidlertid ikke kan udledes af forståelsesprofilet, og som derfor vanskeliggør fortolkningen af den mere detaljerede geologiske opbygning, er dels, hvordan kvartære aflejringer er bragt ned til dybder på 21 meter under terræn i B7 (DGU nr. 37.1571) og ca. 13 og ca. 17 meter under terræn i ERS 23 (DGU nr. 37.1029) i overskydninger, dels hvordan forekomst af askelagsserie i to med kalkoverfladen parallelle bånd passer ind i den overordnede geologiske forståelse (se senere i dette afsnit). Klart er det i hvert fald, at på mere lokal skala er den geologiske opbygning betydelig mere kompliceret end illustreret på figur 3.1. En del af

forklaringen herpå er formentlig, at området har været udsat for kvartær deformation af både den Norske Is og af Nordøst Isen. Derudover er der i to af de nye borer (B21 og B22) fundet en helt ny type af moleraflejring, der er tolket som en hydrodynamisk breccie bestående af moler og askelag blandet sammen i en næsten strukturløs masse, se bilag 1 og 5. Dannelsen af denne mixede molermasse, er foreslået sket under hævnning af kalken over Erslev Saltstruktur, hvorved der langs en del af nordflanken er sket et skred af moler, der har medført, at moler og askelag er blandet op i havet og aflejret igen. Om denne hændelse har nogen betydning for den senere glacialtektoniske påvirkning af området, vides ikke, men det vurderes ikke umiddelbart at være tilfældet.

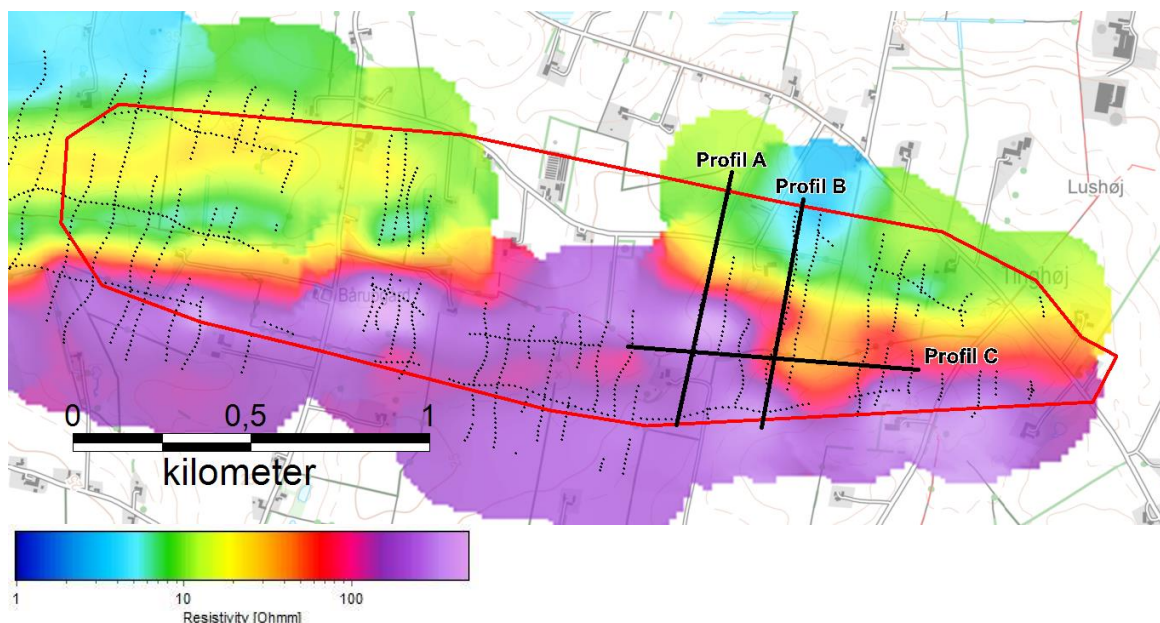
Der er foretaget en opdateret tolkning af den prækvartære overflade i kortlægningsområdet. I den østlige del af området ses kun et enkelt lavmodstandslag på de geofysiske data. Dette lag svarer til Skiferserien og det paleocæne plastiske ler, men det ses også at ligge ca. 20 meter højere, end i den centrale del af området.

På figur 7.2 og 7.3 ses to nærliggende, parallelle nord-syd gående profilsnit gennem området – profil A og profil B. Det fremgår af profilerne, at Lillebælt Leret forsvinder inden for kort afstand i østlig retning, altså mellem de to profiler, og at Skiferserien, det paleocæne plastiske ler og kalken ligger ca. 20 meter højere i den østlige del af området. På et vest-østgående profil, profil C, ses det dybtliggende lavmodstandslag i kalken at hæve sig omkring profil B og østover (figur 7.2 og 7.3). Her vurderes de lavere geofysiske modstande at repræsentere saltholdigt vand, som er trængt op i kalken i det, der måske kan være en forkastningszone i den hævede kalk.

Den højere liggende lagserie i den østlige del af området kan således muligvis være forårsaget af en omtrent nord-sydgående forkastning. Det mere saltholdige vand, der trænger op i kalken, kan dog ikke udelukkes helt eller delvis at være trukket op ved indvinding fra boring DGU nr. 37.1083, som ses på profil C på figur 7.2, men det vurderes dog ikke umiddelbart at være tilfældet, idet der er tale om en monitoringsboring.



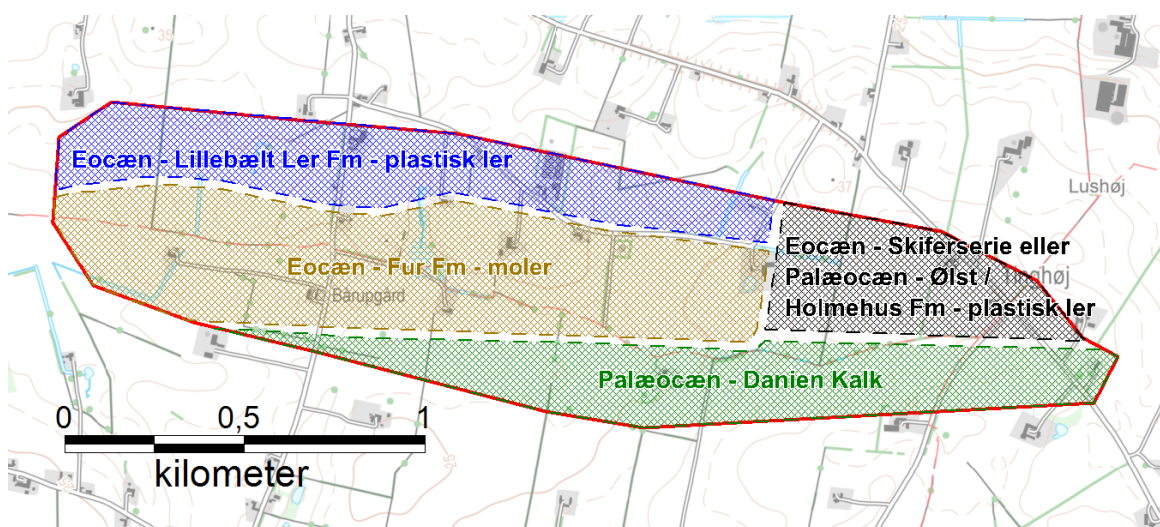
Figur 7.2. Profil A og B: Nord-syd gående profilsnit gennem SkyTEM data i den østlige del af området visende variationer i den kotemæssige beliggenhed af de prækvartære aflejringer. Profil C: Vest-øst gående profil på tværs af profil A og B visende en ca. 300 meter bred zone i kalken, hvor mere saltholdigt vand trækker op. Boringen ved ca. 550 meter viser kvartære aflejringer (rød og brun farve) direkte oven på kalken (grøn farve). Profilernes og SkyTEM dataenes beliggenhed fremgår af figur 7.3.



Figur 7.3. Beliggenhed af profiler på figur 7.2 samt middelmodstandskort for intervallet 50-60 meter under terræn. Sorte prikker angiver SkyTEM datapunkter.

Når det er relevant at nævne, at kalken og det paleocæne ler ligger højere i den østlige del af området, skyldes det, at der ikke vurderes at være moler med en potentiel indvindingsmæssig interesse her. I den sydøstlige del af interesseområdet ligger de kvartære aflejringer direkte oven på kalken, som det fremgår af boring DGU nr. 37.1083 på profil C på figur 7.2. I den nordøstlige del af interesseområdet vurderes de kvartære aflejringer at ligge direkte oven på paleocæn plastisk ler eller måske noget af Skiferserien, og under alle omstændigheder er det kvartære dække mere end 20 meter tykt.

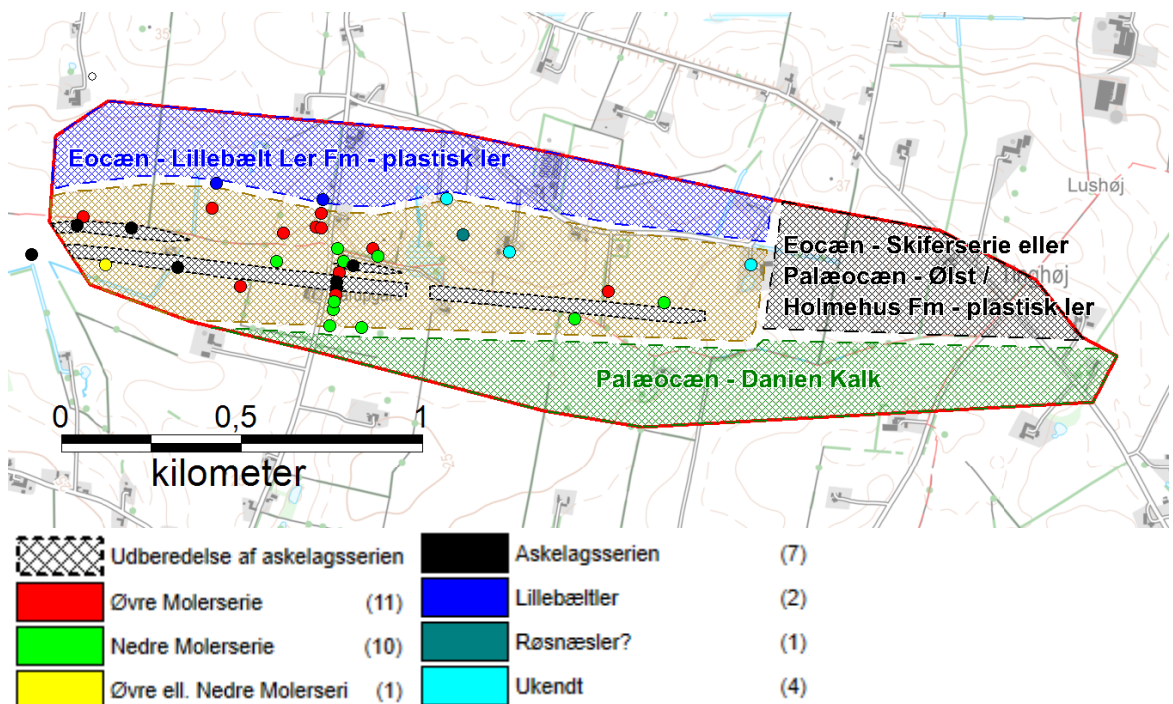
Figur 7.4 viser hvilke aflejringer, der tolkes at ligge umiddelbart under de kvartære aflejringer. I en smal vest-øst gående zone langs med grænsen mellem Fur Formationen og Danien Kalken, vil prækvartæroverfladen kunne bestå af paleocænt ler, men dette er ikke påvist i data.



Figur 7.4. Prækvartæroverfladens tolkede lithologi i kortlægningsområdet.

Kortet over prækvartæroverfladens tolkede lithologi viser, at kalken træffes umiddelbart under de kvartære aflejringer i den sydligste del af området. Nord herfor findes i den centrale og vestlige del af området et knap 500 meter bredt bælte, hvor Fur Formationens moler udgør de prækvartære aflejringer, og nord herfor igen findes plastisk ler, som er tidsækvivalent med den eocæne Lillebælt Ler Formation. I den østlige del af området findes nord for kalken enten nedre del af Fur Formationen i form af Skiferserien eller paleocænt ler. Prækvartæroverfladens aflejringer bliver således yngre mod nord.

På figur 7.5 ses alle de borer og prøvegrave, hvor der er beskrevet moler inden for kortlægningsområdet. Kortet angiver endvidere hvilken del af Fur Formationen, det øverste moler i den enkelte boring eller prøvegrav er henført til. Boringer med plastisk ler er også markeret. På baggrund af den strukturgeologiske tolkning på figur 3.1 og de med sort markerede datapunkter på figur 7.5 er der skitseret områder, hvor Askelagsserien vurderes at kunne forekomme som det øverstliggende moler. Området er parallelt med kalkoverfladens strygning. Udstrækningen er vist med stiplet linje for at illustrere, at der er tale om en tolkning baseret på et forholdsvis spinkelt datagrundlag, særligt i den centrale del af området.



Figur 7.5. Boringer og prøvegrave, hvor der er beskrevet moler, samt angivelse af hvilken del af Fur Formationen, der ligger umiddelbart under den kvartære overjord. Derudover ses også en mulig tolkning af, hvor Askelagsserien ligger umiddelbart under det kvartære dække. Endelig er også vist prækvartæroverfladens tolkede lithologi i kortlægningsområdet.

Den nordligste af borerne med ukendt molerserie (DGU nr. 37.108) er 3,8 meter dyb og har bund i moler, som i borejournalen tolkes som en flage af moler, se bilag 7 side 1. I tolkningen af prækvartæroverfladen bølger sydgrænsen af det eocæne plastiske ler lige nord om denne boring, da det umiddelbart er vurderet at være mest sandsynligt, at moleret i boringen er fra Erslev molerfelt snarere end en flage, som er istransporteret til området fra Nordmors.

Den midterste af borerne med ukendt molerserie (DGU nr. 37.716) er 35 meter dyb. Fra 0 til 8,5 meter under terræn er der beskrevet brønd, og fra 8,5 meter under terræn til 27,8 meter under terræn er der beskrevet grå mergel og herunder moler til 35 meter under terræn, se bilag 7 side 2-4. Om enheden med grå mergel repræsenterer kvartært ler, eocænt ler, eller moler er uvist. I forhold til den overordnede deformationsretning fra en nordlig retning vinkelret på kalkoverfladens strygning ligger boringen omtrent på linje med tidligere prøvegrave og borer mod vest, hvori der er beskrevet Øvre Molerserie få meter under terræn. Det kunne indikere, at den grå mergel i virkeligheden er moler, selvom der nederst i boringen er skelnet mellem grå mergel og moler. Efter aftale med Region Nordjylland er det valgt at tolke mergellaget som moler, selvom det er usikkert.

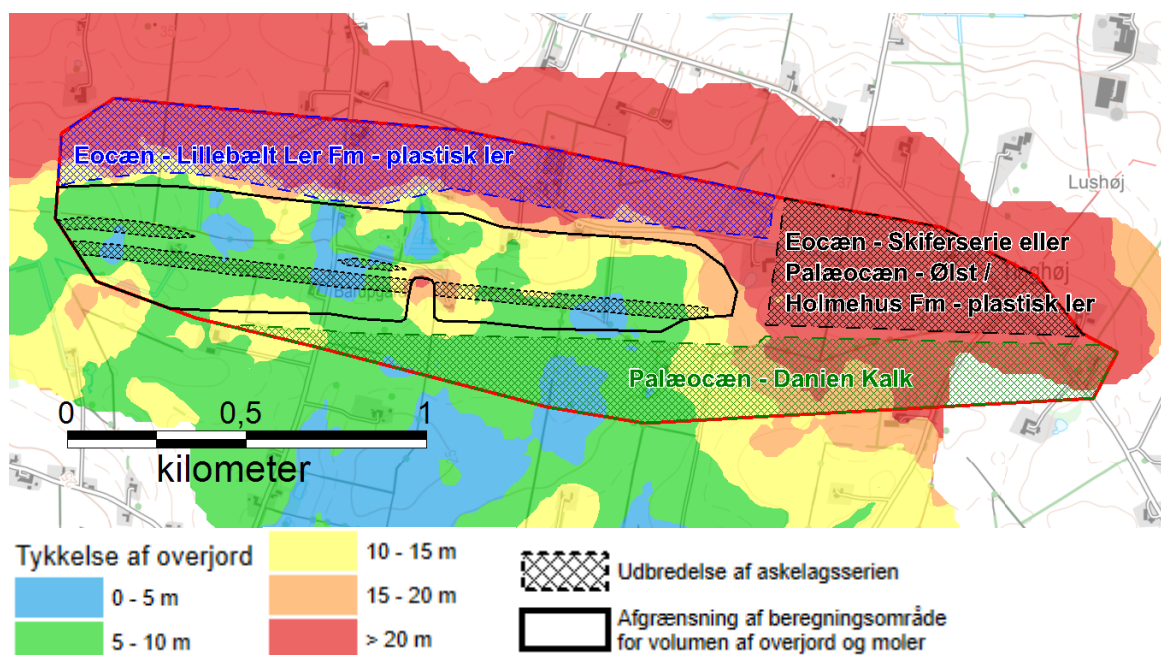
Til trods for, at den geologiske opbygning altså er meget kompliceret, er der generelt god overensstemmelse mellem de mange data, der er indsamlet, og det har derfor været muligt at opdatere den geologiske model fra 2016 og foretage en mere præcis afgrænsning og beregning af volumen af både overjord og Øvre / Nedre Molerserie.

7.2 Overjord – arealmæssig afgrænsning og mængde

Overjord er et samlet begreb for de aflejringer, der ligger over det brydeværdige moler. Inden for kortlægningsområdet består overjorden primært af kvartære aflejringer i form af moræneler, morænesand, smeltevandssilt og smeltevandssand, -grus og -sten. Derudover henregnes også Fur Formationens Askelagsserie som overjord, idet de mange askelag er uønskede i råstoffet, samt eventuelt Røsnæs Ler omkring B23.

I softwaren GeoScene3D (www.i-gis.dk) er der foretaget en modellering af overjordstykkelsen i kortlægningsområdet. Modelleringen er baseret på de tilgængelige data i form af borer og SkyTEM samt på den geologiske forståelse af områdets opbygning, herunder figur 3.1, 7.1 og 7.4. I den modellerede overjordstykkelse indgår de kvartære aflejringer samt det med Lillebælt leret tidsækvivalente eocæne ler i den nordlige del af kortlægningsområdet.

Resultatet ses på figur 7.6, hvor tykkelsen er inddelt i intervaller af 5 meter indtil 20 meter samt et interval over 20 meter. På figur 7.8 ses et profilsnit gennem kortlægningsområdet, hvor den modellerede overjordstykkelse fremgår.



Figur 7.6. Modelleret overjordstykkelse, områdeafgrænsning for beregning af overjordsvolumen (sort polygon) samt område, hvor askelagsserien vurderes at ligge direkte under den kvartære overjord. Endelig ses også prækvartæroverfladens tolkede lithologi i kortlægningsområdet.

Inden for området, hvor Fur Formationen udgør den øverste prækvartære aflejringer, er overjordsdækket centralt i området mindre end 5 meter, og i en forholdsvis stor del af kortlægningsområdets centrale og vestlige del er det mindre end 10 meter. Overjordsmægtigheder på mere end 20 meter ses i den østlige og nordlige del samt i en enkelt boring (B4, DGU nr. 37.1573) umiddelbart syd for den gamle molergrav i den centrale del af området.

Som det fremgår af figur 7.6, er der foretaget en afgrænsning af et beregningsområde for volumen af såvel overjord som moler. Mod syd er afgrænsningen foretaget, hvor der er vurderet at være mere end ca. et par meter moler til stede. Mod nord er afgrænsningen foretaget, hvor grænsen til det med Lillebælt leret tidsækvivalente ler er tolket at have sin sydligste udbredelse, idet det er styrende for grundvandets strømning i den nordlige del af området, se afsnit 7.5. Mod vest følger afgrænsningen interesseområdet og mod øst er afgrænsningen foretaget, hvor overjorden er op til ca. 20 meter tyk. Generelt er overjorden mindre end 15 meter tyk i beregningsområdet.

I den modellerede overjordstykkelse har det ikke været muligt at indarbejde askelagsserien i overjordstykkelsen, hvor den ligger direkte under de kvartære aflejringer, da det ikke er muligt at udskille askelagsserien fra de øvrige dele af moleret med den geofysiske kortlægning. For alligevel at tage hensyn til, at askelagsserien ikke henregnes til den brydeværdige del af moleret, er det skitserede område for udbredelse af Askelagsserien vist sammen med overjordstykkelsen på figur 7.6.

Overjordsvoluminet er beregnet i GeoScene3D inden for den sorte polygon på figur 7.6 til ca. 4,5 mio. m³. Hvis der tages udgangspunkt i en gennemsnitlig tykkelse af Askelagsserien på 5 meter inden for udbredelsesområdet skitseret på figur 7.6, fås et volumen på ca. 400.000 m³, og dermed

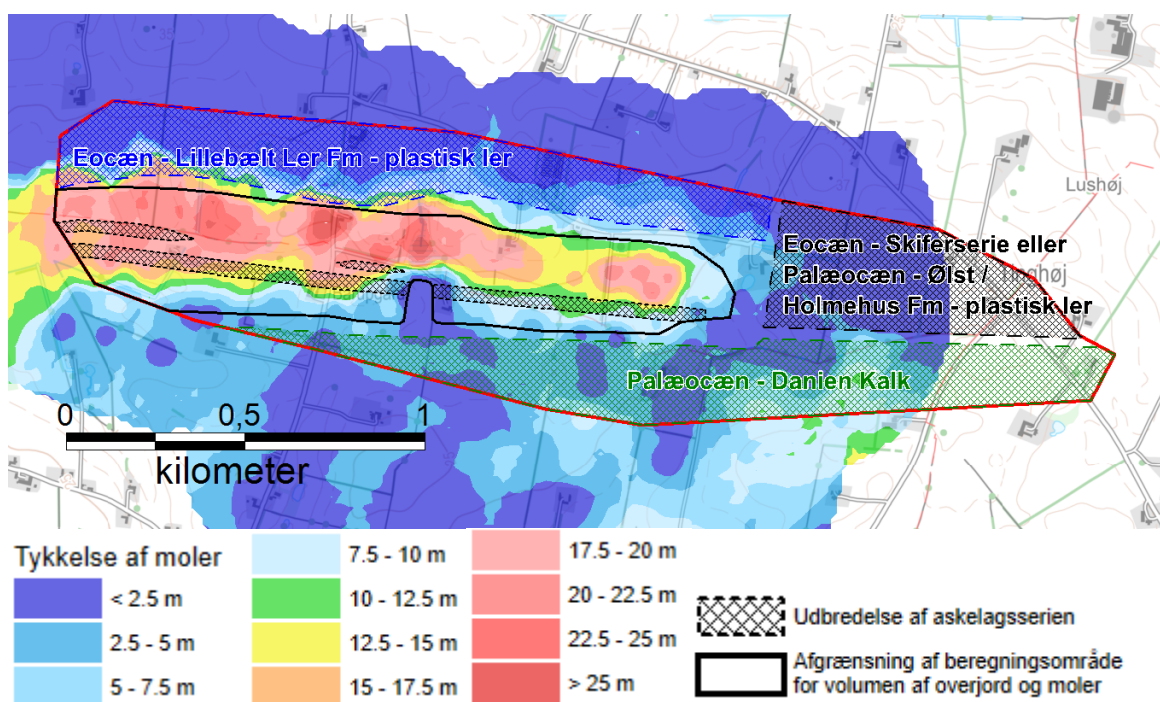
et samlet overjordsvolumen på ca. 4,9 mio. m³. En gennemsnitstykkelse på 5 meter af Askelagsserien er en tolkning, der er baseret på figur 3.1 på den måde, hvorpå enheden forståelsesmæssigt er skitseret.

7.3 Moler – arealmæssig afgrænsning og mængde

Ligesom for overjorden er der foretaget en omtrentlig modellering i softwaren GeoScene3D af tykkelsen af Øvre og Nedre Molerserie i kortlægningsområdet. Modelleringen er foretaget inden for førnævnte beregningsområde. Derudover er der sat en nedre grænse på 30 meter under terrænen for det moler, der medtages i beregningen. Overgangen mellem Nedre Molerserie og Skiferserien fremtræder ikke tydeligt i SkyTEM kortlægningen, og tolkningen af den nedre grænse for "brydningsserien" (jf. Marker *et al.*, 2008) er derfor behæftet med en vis usikkerhed.

Resultatet ses på figur 7.7, hvor tykkelsen er inddelt i intervaller af 2,5 meter. På figur 7.8 ses et profilsnit gennem kortlægningsområdet, hvor den modellerede tykkelse af moleret fremgår.

Som nævnt har det ikke været muligt at udskille Askelagsserien fra Øvre og Nedre Molerserie ved modelleringen, da der ikke kan skelnes mellem enhederne ud fra den geofysiske kortlægning. For alligevel at tage hensyn til, at Askelagsserien ikke henregnes til den brydeværdige del af moleret, er det skitserede område for udbredelse af Askelagsserien også vist sammen med molertykkelsen på figur 7.7.



Figur 7.7. Modelleret tykkelse af Øvre og Nedre Molerserie ("brydeværdig moler") vist i intervaller på 2,5 m. Røde og orange farver viser således de største molertykkelser, mens de blå farver viser de mindste molertykkelser. På figuren ses endvidere udbredelse af Askelagsserien samt prækvartæroverfladens tolkede lithologi i kortlægningsområdet.

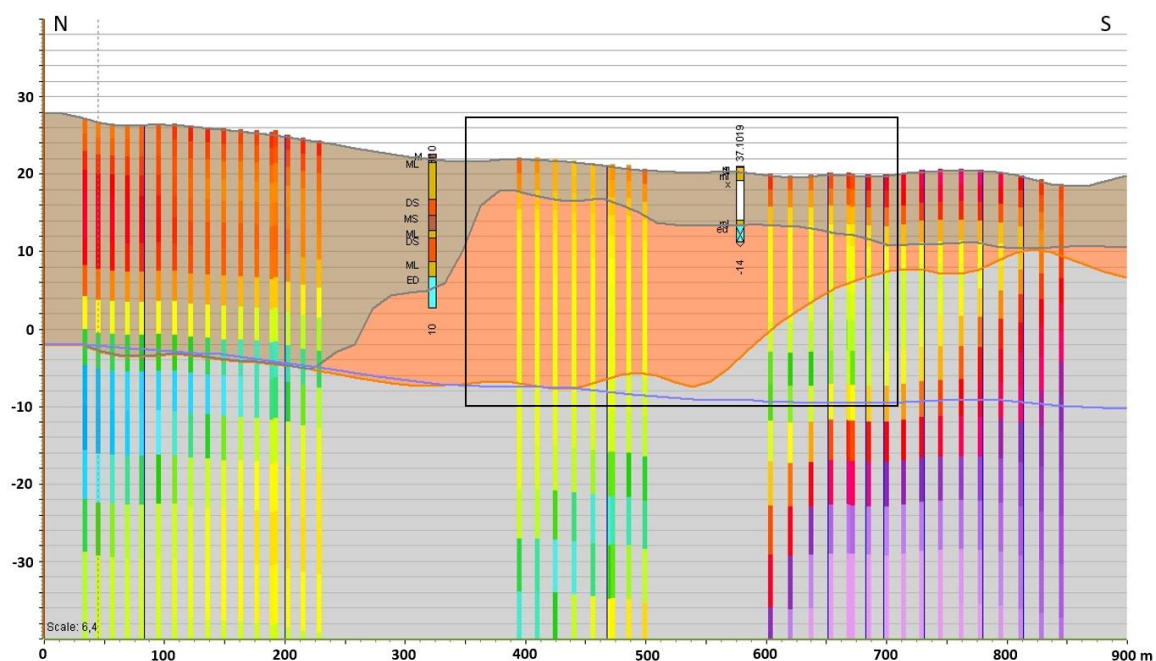
Inden for beregningsområdet er molerets tykkelse vurderet at være 15-20 meter tykt i en forholdsvis stor del af kortlægningsområdets centrale og vestlige del. Dette område er ikke

overraskende sammenfaldende med det område, hvor overjordstykkelser generelt er under 10 meter. Fra det sydlige bånd, hvor Askelagsserien er vurderet at udgøre den øvre del af molerforekomsten og mod syd, aftager molerets tykkelse i takt med, at kalken ligger gradvis højere.

I det følgende er der foretaget en vurdering af hvor stor en mængde moler, der findes i området. Voluminet er beregnet i GeoScene3D inden for beregningsområdet på figur 7.7 til ca. 7,6 mio. m³. Hvis der tages udgangspunkt i en gennemsnitlig tykkelse af Askelagsserien på 5 meter inden for udbredelsesområdet skitseret på figur 7.7, fås et volumen på ca. 400.000 m³, og dermed et samlet volumen af moler på ca. 7,2 mio. m³. En gennemsnitstykkelse på 5 meter af Askelagsserien er en tolkning, der er baseret på den på figur 3.1 skitserede måde, hvorpå enheden forståelsesmæssigt forekommer.

På samme måde, som der i den geologiske model ikke er taget højde for Askelagsserien, er der heller ikke taget højde for, at der i en del af området må forventes at forekomme lag fra Skifererien inden for de øverste 30 meter af lagserien. Det er kun i B6 (DGU nr. 37. 1574), at Skifererien er beskrevet mindre end 30 meter under terræn. Fra 18 til 20 meter under terræn er lagene i boringen tolket til antagelig at tilhøre Skifererien (se bilag 1). Antages det, at Skifererien findes i en tykkelse på 10 meter (fra 20 til 30 meter under terræn svarende til området mellem Ers4 og Ers23 på figur 3.1.) i et område på 10 ha., giver det 1 mio. m³, som vil skulle trækkes fra den beregnede mængde moler. Det giver således et samlet beregnet og vurderet volumen af Øvre og Nedre Molerserie i området på 6,2 mio. m³.

Den del af råstofressourcen, der reelt vil være tilgængelig, når der tages hensyn til beskyttelsesinteresser, boliger, veje og tekniske anlæg mv. vil være noget mindre end de beregnede og vurderede ca. 6,2 mio. m³. Da der er stor forskel på, hvor tyk molerforekomsten er i området, vil størrelsen af den reducerede volumen være stærkt afhængigt af hvilke specifikke arealer, der ikke kan indvindes fra. Et forsigtigt bud på størrelsen af den reelle tilgængelige molerressource vil være i størrelsesordenen 3-4 mio. m³.



Figur 7.8. Profilsnit med SkyTEM sonderinger gennem den centrale del af kortlægningsområdet. Se farveskala på figur 7.3. Der findes to borer langs profilet (B10 ved 320 meter og DGU nr. 37.1019 ved 580 meter). Disse ses i de områder, hvor der ikke er SkyTEM sonderinger. Den sorte firkant indrammer det område, der er omfattet af volumenberegningerne af overjord og moler, svarende til beregningsområdet på figur 7.6 og 7.7. Brun baggrundsfarve viser den modellerede overjordsmægtighed og orange baggrundsfarve viser den modellerede molermængde. Den blå streg viser bundgrænsen for det moler, der er medtaget i beregningen af molervoluminet, svarende til 30 meter under terræn.

7.4 Redoxgrænse og oxideret moler

På baggrund af farvebeskrivelser af boreprøver, de udførte svovlanalyser i 12 borer (se tabel 5.6) og svovloxid (SO₃) målt ved XRF-analyserne (se bilag 5, figur 18) samt farvebeskrivelser af boreprøver fra 5 borer dybere end 10 meter (DGU nre. 37.920 (ERS I), 37.921 (ERS II), 37.1057 (ERS III), 37.1029 (Erslev 23) og 37.1593 (B23)), er dybden til redoxgrænsen vurderet. På figur 7.9 ses fordelingen af de 17 borer, hvori redoxgrænsen er vurderet, med angivelse af dybden til redoxgrænsen. I de tre borer, hvor redoxgrænsen ikke er nået (B15 (DGU nr. 371578), B23 (37.1593) og B24 (37.1594)), er dybden til redoxgrænsen sat 2 meter under boringens bund i vurderingen. Dybden til redoxgrænsen ses at variere fra 4 meter til mere end 20 meter under terræn, men i det afgrænsede område for beregning af volumen af overjord og moler ses den generelt at ligge mellem 9 og 20 meter under terræn.

I det følgende beskrives nogle af de observationer og overvejelser, der er gjort i forbindelse med farvebeskrivelse af boreprøver. Der henvises ligeledes til afsnit 3.2.3, hvor redoxgrænsens betydning for indvinding af moler er beskrevet.

B5:

Redoxgrænsen er vurderet ud fra farven af boreprøver. De er hverken meget lyse, som B6, eller meget mørke, som B7. Prøven fra 13-14 meter under terræn er dog sort, og derfor er grænsen sat ved 13 meter. Boringen kan farvemæssigt sammenlignes med B12.

B12:

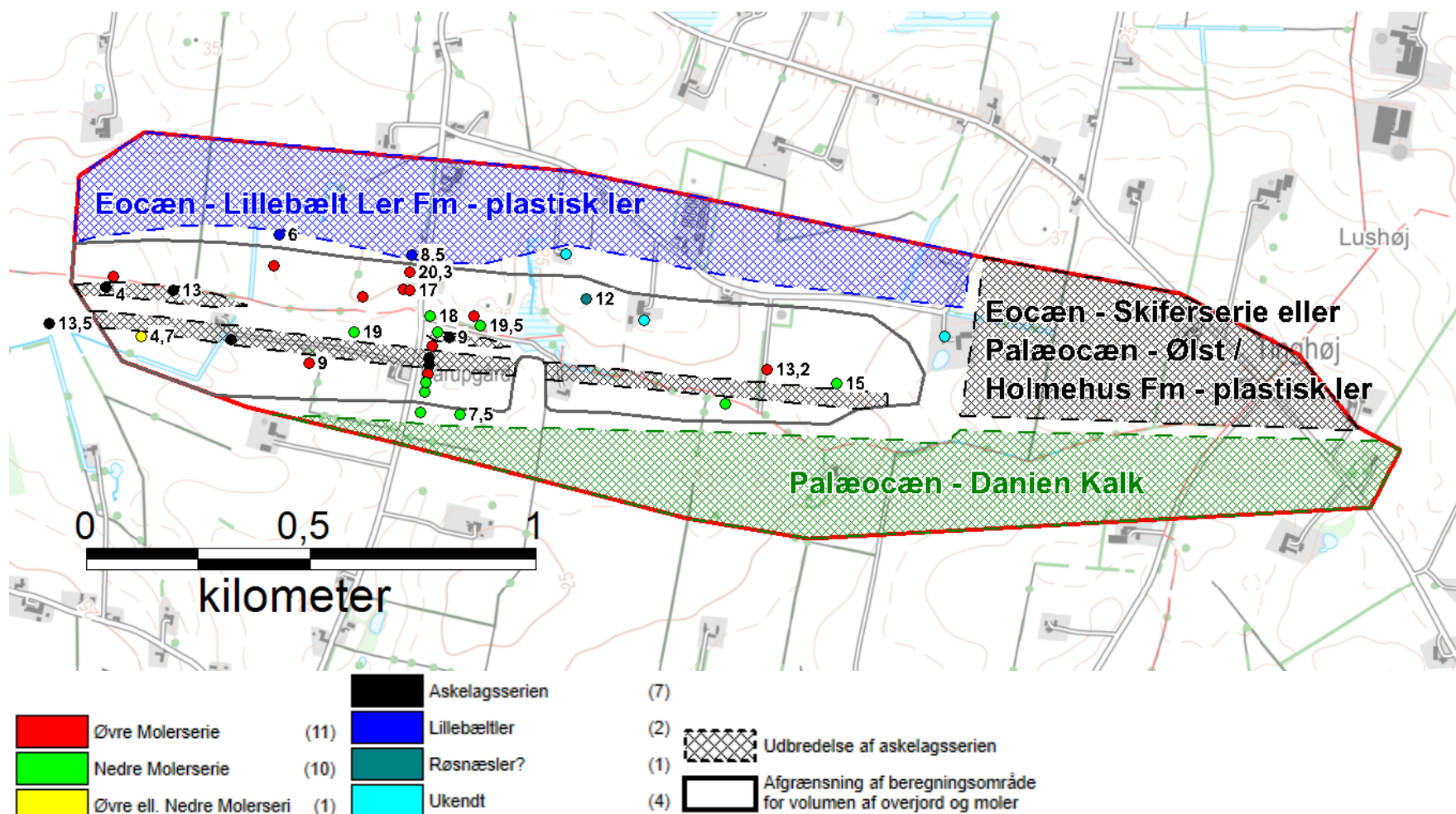
Ud fra sammenligning af fotos af både friske og tørrede borekerne fra B12, B6 og B7 vurderes det, at moleret i B12 er mere reduceret, end i B6, men mindre end i B7, og det vurderes at passe godt med svovlanalyserne i de to dybeste analyserede intervaller, hvor der ses et lavt til moderat svovlindhold, se tabel 3.2. Boringen kan farvemæssigt sammenlignes med B5.

B20-2:

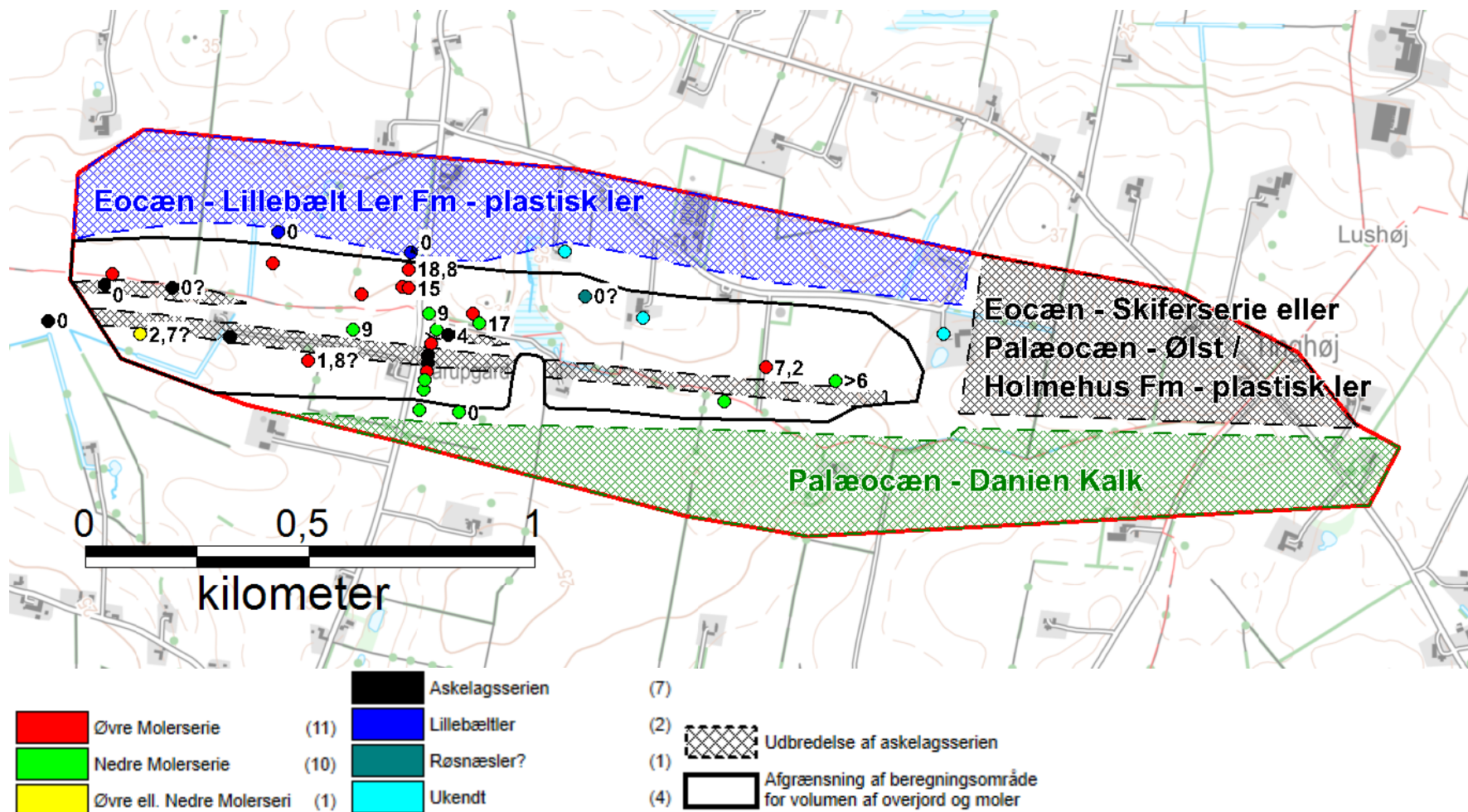
Moleret i B20-2 er lysere, end moleret i B5 og B12, som også har lavt til moderat svovlindhold, se tabel 6.3. Moleret i B20-2 burde således være lidt mørkere.

Ved at sammenholde dybden til redoxgrænsen med tykkelsen af overjord er tykkelsen af oxideret moler vurderet. På figur 7.10 ses fordelingen af de samme 17 boringer med angivelse af den vurderede tykkelse af oxideret Øvre / Nedre Molerserie.

I to af de tre boringer, hvor der er Askelagsserie som øverste prækvartære jordart, kan det nævnes, at de øverste henholdsvis 1,5 meter og mindst 2 meter af Askelagsserien er oxideret (B7 og B15). I to af de vurderede boringer er der kvartære lag internt i det oxiderede moler (Erslev 23 (DGU nr. 37.1029) og B24. Disse lag er ikke medregnet i tykkelsen af oxideret moler. Tykkelsen af oxideret Øvre / Nedre Molerserie ses at være størst, op til 18,8 meter, nord for området med Askelagsserie, svarende til storskalafoldens antiklinal som illustreret på figur 3.1. Syd for området med askelag ses tykkelsen af oxideret moler at være begrænset til nogle få meter.



Figur 7.9. Dybde til redoxgrænsen vist med labels på de boringer, hvor dybden er vurderet.



Figur 7.10. Tykkelse i meter af oxideret Øvre / Nedre Molerserie vist med labels på de borer, hvor tykkelsen er vurderet.

7.5 Grundvandsforhold

Som nævnt i afsnit 6.1.2, har dybden til grundvandsspejlet kunnet bestemmes i en af de nye råstofundersøgelsesboringer (B20-1). Derudover er dybden til grundvandsspejlet vurderet på baggrund af brøndborerens beretninger i tre boringer (B22, B23 og B24). Disse supplerende datapunkter er vist sammen med tilgængelige pejledata fra eksisterende boringer i kortlægningsområdet på figur 7.11a som koter og på 7.11b i meter under terræn.

Det skal bemærkes, at der i DGU (1988) er vist et potentialekort for det kvartære grundvandsmagasin i den nordlige del af området baseret på datapunkter, der ikke er oplyst en værdi på. Disse kan derfor ikke indgå i denne beskrivelse af grundvandsspejl.

I den nordlige og vestlige del af interesseområdet samt enkelte steder i den sydvestlige del af området ligger grundvandsspejlet mellem kote ca. 20 og 25 meter svarende til ca. 1,5 til 4 meter under terræn. Disse datapunkter er fra kvartære sandlag, som i den nordlige del af området i lighed med DGU (1988) vurderes at udgøre et mere eller mindre sammenhængende sekundært grundvandsmagasin. Dette magasin er skarpt afgrænset mellem boringerne B20-1 og B20-2 svarende til grænsen for den sydligste udbredelse af det eocæne plastiske ler. Det plastiske ler er impermeabelt og dets hældning mod nord bevirker, at grundvandet i det kvartære sandlag er afskåret fra at kunne strømme både nedad og mod syd. Den nordlige grænse for eventuel molerindvinding vil derfor naturligt gå mellem disse to boringer i et omtrent vest-østgående strøg parallelt med grænsen mellem moler og plastisk ler. Det er netop denne skarpe grænse, der er årsag til, at afgrænsningen af beregningsområdet for overjord og moler er draget mellem B20-1 og B20-2 i afsnit 7.2 og 7.3. Kortlægningen af denne skarpe grænse betyder også, at afgrænsningen af området med særlige drikkevandsinteresser (OSD) bør flyttes mod nord, så den flugter med beregningsområdets nordgrænse.

I den sydvestlige del af området er der formentlig tale om flere mindre, sekundære grundvandsmagasiner ("sandlommer"), hvis nærmere udbredelse ikke er undersøgt.

Vandspejlsmålingerne/-vurderingerne centralt i kortlægningsområdet er fra dybereliggende grundvandsmagasiner hovedsageligt i moler, men også enkelte i kalk. I begge magasiner står vandspejlet dybere end i Kvartæret, og der ses også en niveauforskel mellem moleret og kalken. Der ses en variation mellem kote knap 7 meter og kote ca. 19 meter svarende til mellem 9 og ca. 16 meter under terræn. Det er et relativt stort spænd, som kun kan forklares ved, at foldninger og overskydninger i moleret nogle steder danner frie strømningsveje og andre steder danner barriere for strømning og dermed grundlag for højereliggende grundvandsspejl.

Nogle steder er moleret helt vandmættet og andre steder ligger de øverste meter af moleret over vandspejlet. I området, hvor moleret ligger nærmest terræn og dermed har mindst overjordsdække, findes grundvandet ca. 10-15 meter under terræn. Det er tilfældet i ERS I (37.920), hvor der er ca. 12,4 meter Nedre Molerserie over grundvandsspejlet, ERS II (37.921), hvor der er ca. 7,5 m over grundvandsspejlet, heraf ca. 3 meter Nedre Molerserie og i ERS III (37.1057), hvor der er beskrevet ca. 6 meter Askelagsserie over grundvandsspejlet.

På baggrund af farvebeskrivelse af borekerner og vurdering af dybde til redoxgrænsen fra både 2016 og 2018 vurderes det, at der også findes moler over vandspejlet i B6 og B20-2.

Det ses generelt, at i de borer, hvor både dybden til redoxgrænsen og vandspejlet i moleret er vurderet, ligger redoxgrænsen ca. 1 – 4 meter under grundvandsspejlet (se tabel 7.1), hvilket er i overensstemmelse med forventningen. I to af de gamle borer, ERSII og ERS III (DGU nre. 37.921 og 37.1057), ligger vandspejlet dog ifølge beskrivelsen dybere end redoxgrænsen. Dette vurderes ikke umiddelbart som sandsynligt, og dataene fra disse borer skal derfor ikke tillægges for stor vægt.

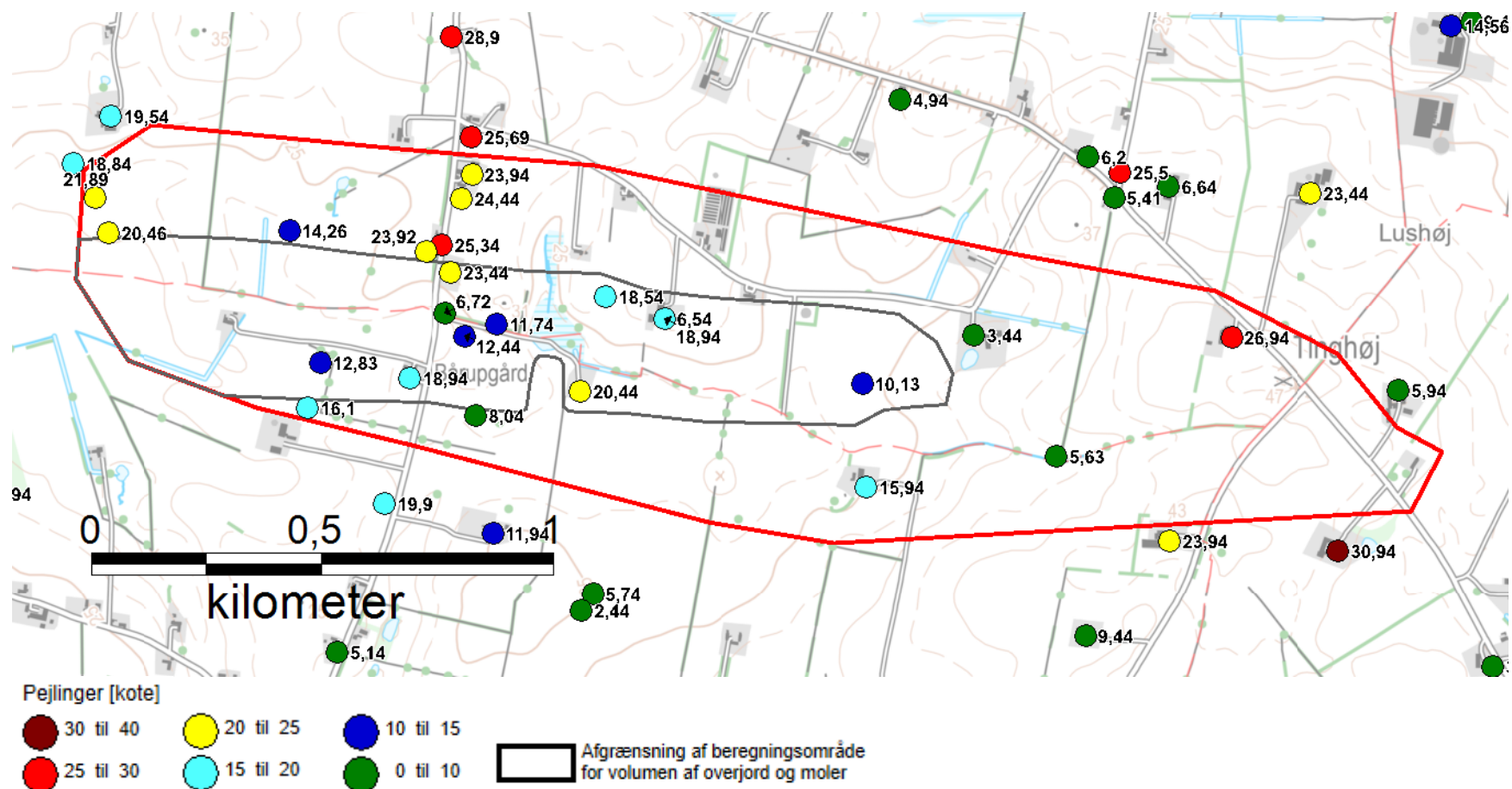
DGU nr.	Lokalt boreringsnummer	Redoxgrænse [m u.t.]	Vandspejl [m u.t.]	Forskel [m]
37.920	ERS I	19,5	15,4	4,1
37.1572	B10	6	4,16	1,84
37.1593	B23	12	9	3
37.1594	B24	15	14	1
37.921	ERS II	7,5	15	-7,5
37.1057	ERS III	9	11	-2

Tabel 7.1. Forskel på dybde til redoxgrænsen og vandspejlet.

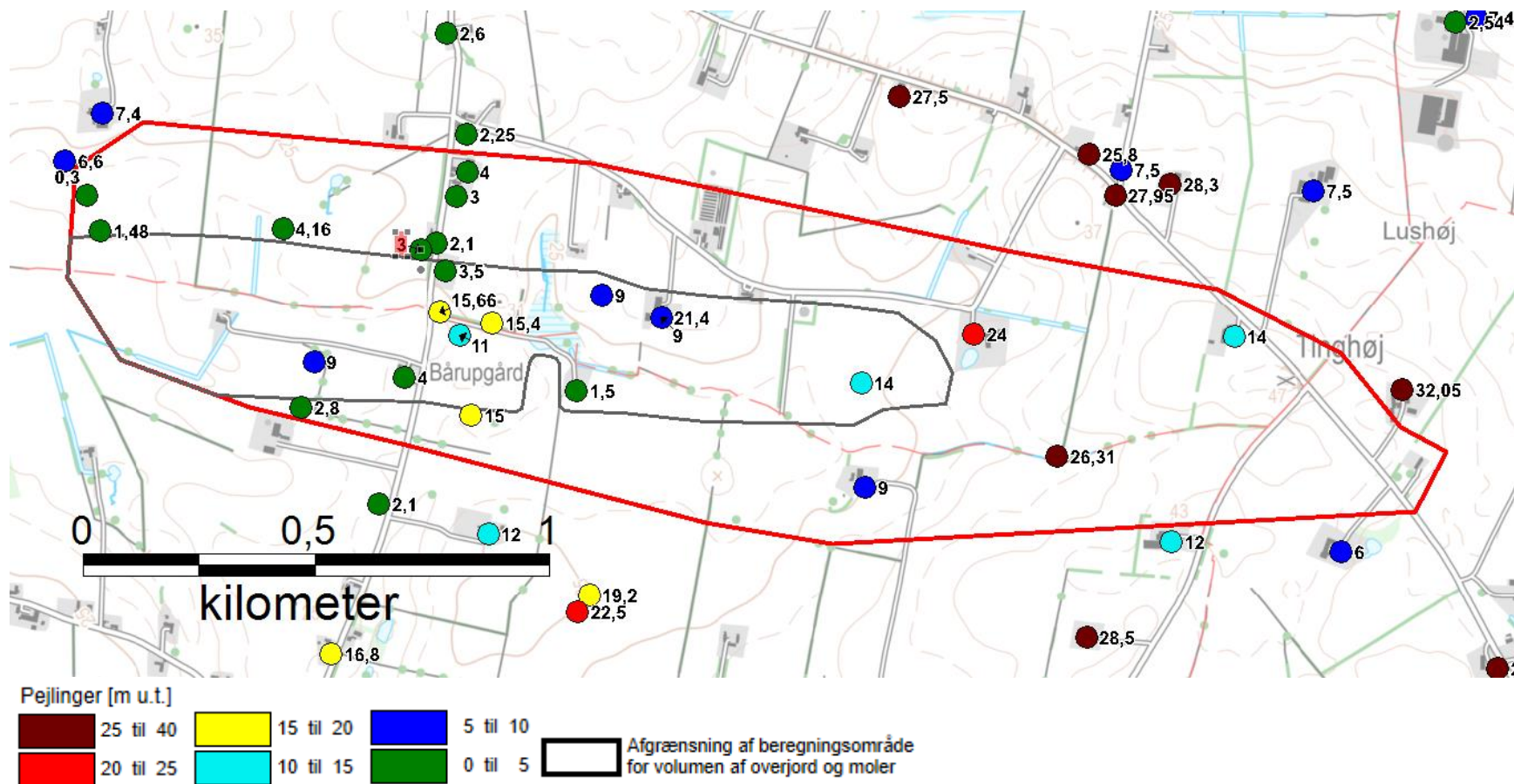
I de dele af området, hvor der ikke findes et øvre, sekundært grundvandsspejl, kan der således forekomme ikke vandmættet moler. Der vil formentlig også kunne forekomme ikke vandmættet moler under et område med et sekundært grundvandsmagasin i en sandlomme, som ikke har hydraulisk kontakt til moleret. Det vurderes, at der kan forekomme 10-15 meter umættet moler i de terrænmæssigt højest liggende dele af området, og hvor overjordsdækket er tyndt, fx omkring B20-2. Generelt vurderes der dog ikke at være mere end 5 meter ikke vandmættet moler. Hvor moleret er overlejret af mere end 5-10 meter kvartært dække, er der formentlig kun nogle få meter eller slet intet moler, der ikke er vandmættet.

Vandspejlet i kalken varierer fra frit umiddelbart syd for kortlægningsområdet, hvor kalken findes få meter under terræn, til spændt i kortlægningsområdet, hvor kalken i boring Erslev 23 (DGU nr. 37.1029) findes 58 meter under terræn og potentialet i kote 6,7 meter svarende til 15,6 meter under terræn, hvilket er nogle få meter under det vandtryk, der er i moleret, netop her. Længere mod øst findes vandspejlet omkring kote 5,6 meter i kalken i boring DGU nr. 37.1083 (boringen på figur 7.2).

På figur 7.1 er det illustreret, hvor potentialet for de tre grundvandsmagasiner i kortlægningsområdet vurderes at ligge i den centrale del af kortlægningsområdet. Potentialet for det kvartære sand/grus ligger omkring kote 22 meter (lidt højere i den nordlig del af området og lidt lavere i den sydlige del af området). I moleret findes potentialet omkring kote 12 meter, mens det i kalken findes omkring kote 6,7 meter. Betinget af de strukturgeologiske forhold er der således stor variation i, hvor dybt grundvandet træffes – og dette gør sig gældende inden for ganske korte afstande.



Figur 7.11. Vandspejlskoter. Bemærk, at figuren ikke tager højde for, at pejlingerne kan være fra grundvandsmagasiner i forskellige dybder, se teksten.



Figur 7.12. Vandspejlet i meter under terræn. Bemærk, at figuren ikke tager højde for, at pejlingerne kan være fra grundvandsmagasiner i forskellige dybder, se teksten.

7.6 Usikkerhedsvurdering

De geologiske vurderinger og tolkninger er dels baseret på en geologisk tolkning af de geofysiske SkyTEM data, dels på stratigrafisk beskrivelse af relativt mange borer. Derudover er tolkningerne også baseret på en opdateret generel geologisk forståelse af områdets geologiske opbygning og udvikling.

Usikkerheden i tolkningerne er i høj grad afhængig af datatætheden, men datakvaliteten spiller naturligvis også en rolle. Kvaliteten af både de nye data, der er indsamlet i nærværende kortlægning, og de eksisterende data vurderes generelt at være af god kvalitet. I den centrale del af kortlægningsområdet, hvor molerforekomsten er stratigrafisk bestemt i de fleste af borerne, samt hvor SkyTEM sonderingerne ligger tættest, er sikkerheden af tolkningen af både overjordstykkelse og tykkelse af brydeværdig moler størst. Tilsvarende er sikkerheden af tolkningerne mindst i den østlige halvdel af interesseområdet og især i den nordøstlige halvdel.

Endelig er tolkningen af grundvandsspejl baseret på relativt mange data i de kvartære lag og dermed en forholdsvis sikker tolkning, mens datagrundlaget er sparsomt og begrænset til den centrale til østlige del af kortlægningsområdet i både moleret og i kalken, hvilket giver en usikker tolkning i de øvrige dele af kortlægningsområdet. Det faktum, at den detaljerede geologiske opbygning er mere kompliceret, end illustreret på figur 3.1, gør også, at de beskrevne grundvandsforhold på lokal skala må forventes at kunne variere i forhold til det beskrevne.

8. Konklusion

Som opfølgning på kortlægningen af Erslev molerfelt i 2016 (Orbicon, 2016) er der foretaget en detaljeret råstofgeologisk kortlægning af molerforekomsten i det 169 ha store Erslev interesseområde nord for Erslev med det formål at tilvejebringe et tilstrækkeligt vidensgrundlag til at beslutte, om interesseområdet eller dele heraf skal udlægges som råstofgraveområde for moler i en kommende revision af Region Nordjyllands råstofplan.

Kortlægningen har fokuseret på at estimere den arealmæssige afgrænsning og volumen af brydeværdigt moler (Øvre og Nedre Molerserie) og overjord over molerforekomsten. Desuden er der udtaget en lang række prøver til forskellige analyser med henblik på mere sikker afgrænsning af Øvre og Nedre Molerserie samt kvalitetsvurdering af disse i forhold til anvendelse af moleret som råstof. Endeligt er grundvandsforholdene vurderet i forhold til fordeling af moler over og under grundvandsspejl.

I kortlægningen er der inddraget eksisterende data og litteratur, herunder flere undersøgelser af molerforekomsten nord for Erslev fra tilbage i 1980'erne, samt især kortlægningen fra 2016.

Disse eksisterende data er blevet suppleret med i alt 6 nye borer udført til mellem 10 og 21 meter under terræn samt biostratigrafiske undersøgelser, analyser af svovlindhold, samt analyser udført af Imerys i form af røntgenfluorescensanalyser og vandabsorptionsanalyser. Der er samlet set ved undersøgelserne i 2016 og i 2018 udført 15 kerneboringer med i alt 242 boremeter, og 80 forskellige laboratorieanalyser fordelt i 11 borer.

Resultatet af denne supplerende kortlægning, hvori alle data er inddraget, viser, at molerets kvalitet som råstof er god. Der er dog kun foretaget analyser af oxideret moler. Kortlægningen har

ledt frem til en mere præcis afgrænsning af molerforekomsten. Den nordlige afgrænsning er betinget af grundvandsforhold, den sydlige afgrænsning af højtliggende kalk og dermed lille molertykkelse, den vestlige afgrænsning følger interesseområdet og den østlige afgrænsning er betinget af stigende overjordtykkelse mod øst. Den østlige tredjedel af området har mere end 20 meter overjord og formentlig intet eller kun begrænset forekomst af Øvre og Nedre Molerserie og er derfor ikke vurderet som værende interessant for molerindvinding. I hovedparten af det afgrænsede område er overjorden mindre end 10 meter tyk, og ellers generelt under 15 meter tyk. Overjordsvoluminet er beregnet til ca. 4,5 mio. m³, og ved indregning af Askelagsserien som overjord giver det et samlet overjordsvolumen på ca. 4,9 mio. m³.

En beregning af mægtigheden af moler ved en nedre grænse for brydning af moler på 30 meter under terræn giver et samlet volumen af den brydeværdige del af molerserien, dvs. Øvre og Nedre Molerserie, på ca. 7,6 mio. m³. Fratrækkes et estimeret volumen af Askelagsserie øverst på 0,4 mio. m³ og Skiferserien nederst på 1 mio. m³, fås et volumen af Øvre og Nedre Molerserie på 6,2 mio. m³. Sikkerheden på tolkningen af overjordstykkelsen og molertykkelsen er størst i den vestlige halvdel af kortlægningsområdet, hvor datagrundlaget er størst.

Den del af råstofressourcen, der reelt vil være tilgængelig, når der tages hensyn til beskyttelsesinteresser, boliger, veje og tekniske anlæg mv. vil være noget mindre end de beregnede ca. 6,2 mio. m³. Særligt vil Bårupvej, som løber lige gennem den mest interessante del af forekomsten, kunne reducere den udnyttelige molerforekomst. Da der er stor forskel på, hvor tyk molerforekomsten er i området, vil størrelsen af det reducerede volumen være stærkt afhængigt af hvilke specifikke arealer, der ikke kan indvindes fra. Et forsigtigt bud på størrelsen af den reelle tilgængelige molerressource vil være i størrelsesordenen 3-4 mio. m³.

Med de udførte analyser af vandabsorption og røntgenfluorescens er det vurderet, at moleret har en udmærket absorptionsevne og et ca. 10 % lavere indhold af diatomeskaller end på Fur, men dog stadig et fornuftigt niveau i forhold til anvendelse som råstof. På baggrund af en vurdering af dybden til redoxgrænsen er der vurderet at være mellem 0 og 18,8 meter oxideret Øvre- eller Nedre Molerserie. Kortlægningen har dokumenteret, at det reducerede moler har et højt svovlindhold, og det er på baggrund af informationer fra lmerys vurderet, at det med stor sandsynlighed forringer materialets kvalitet som råstof.

Der forekommer separate grundvandsmagasiner i henholdsvis kalken, moleret og kvartære sand- og grusaflejringer. De strukturelle forhold er styrende for grundvandets strømning og niveau. I forhold til molerindvinding vil det være grundvand i sekundære magasiner i sandlommer i overjorden, der vil være den største udfordring at håndtere. Området med særlige drikkevandsinteresser bør på baggrund af kortlægningen flyttes mod nord, så den flugter med beregningsområdets nordgrænse.

I forbindelse med eventuel indvinding af moler i Erslev molerfelt, må det således forventes, at der skal håndteres grundvand fra en eller flere sekundære sandlommer i forbindelse med afrømning af overjord. Ligeledes må det forventes, at der forekommer oxideret, ikke vandmættet moler i de terrænmæssigt højest liggende centrale dele af området, men at størstedelen af det moler, som findes i den brydeværdige del af molerserien, er vandmættet, idet en stor del af dette ligger under grundvandsspejlet i moleret. Derfor må det forventes, at en stor del af moleret vil skulle brydes under grundvandsspejlet i moleret. Det er ikke i kortlægningen af molerforekomsten ved Erslev

klarlagt, om det reducerede molers høje svovlindhold og som følge deraf ringere råstofkvalitet, i kombination med de gravetekniske udfordringer, der vil være i at indvinde under grundvandsspejlet, bevirker, at det reducerede moler reelt vil være uden interesse for molerindustrien. I estimatet af molerressourcens størrelse er der ikke fraregnet moler under grundvandsspejlet i moleret.

9. Referencer

Bøggild, O. B., 1918: Den vulkanske Aske i Moleret samt en Oversigt over Danmarks ældre Tertiærbjergarter. Særtryk af Danmarks Geologiske Undersøgelse, II Række, Nr. 33.

DGU (Danmarks Geologiske Undersøgelse), Miljøministeriet, 1986: Erslev molerfelt I, Kortlægning af undersøgelsesgrøfter til afdækning af Erslev molerfelts nordflanke.

DGU (Danmarks Geologiske Undersøgelse), Miljøministeriet, 1988: Erslev molerfelt II, Foreløbige resultater af en hydrologisk undersøgelse af Erslev molerfelt.

DGU (Danmarks Geologiske Undersøgelse), Miljøministeriet, 1989: Erslev molerfelt III, En 100 m dyb undersøgelsesboring til kalken under Erslev molerfelt.

DGU (Danmarks Geologiske Undersøgelse), Miljøministeriet, 2006: Kortlægning af moler omkring Molermuseet på Mors. Boreundersøgelse vedrørende forekomsten af moler (Fur Formationens diatomit med askelag) omkring Molermuseet ved Skarrehage på det nordlige Mors. Rapport 2006/81.

Geocenter Danmark, Geoviden nr. 3, 2012: Molerets historie.

Heilmann-Clausen, C., 2016: Boring B10. Analyse af delprøve fra prøve 81019, 15-16 m.

Heilmann-Clausen, C., 2018: Boring B 20-1, datering af prøve fra 12,5 m.u.t. Notat af 24. august 2018.

Heilmann-Clausen, C. og Thomsen, H. A., 2019: Dinoflagellater i Den Store Danske, Gyldendal. 2. august 2019. <http://denstoredanske.dk/index.php?sideId=64801>
<http://gfs.au.dk/standarder/>

Jørgensen, F. *et al.*, 2005: Contributions to the geological mapping of Mors, Denmark – A study based on a large-scale TEM survey. Bull. Geol. Soc. Denmark. Vol. 52, pp 53-75.

Marker, P.A., Sandvik, C. og Pedersen, S. A. S., 2008: Råstofgeologiske forhold ved Stærhøj, Sundby bakker molerfelt, nordvestlige Mors. Vurdering af molermængder og geologi relevant for brydningen af moler i graveområdet ved molergraven på Stærhøj. GEUS, rapport 2008/44

Miljøministeriet, Fredningsstyrelsen samt Viborg Amtsråd, Morsø Kommune og Skamol A/S, 1985: Molerindvinding på Mors.

Miljø- og Energiministeriet, Skov- og Naturstyrelsen, 1997: Geologisk set. Det Nordlige Jylland. En beskrivelse af områder af national geologisk interesse. Geografforlaget, pp 208.

Orbicon, 2016: Region Nordjylland. Kortlægning af molerforekomst nord for Erslev, Mors.

Pedersen, G. K. *et al.*, 2011: Molerområdet geologi – sedimenter, fossiler, askelag og glacialtektonik. Geologisk Tidsskrift 2011, pp 41-135.

Pedersen, S. A. S., 1984: Molerindvinding på Mors. Sammenfatning af hidtidige geologiske undersøgelser udført af Danmarks Geologiske Undersøgelse og Københavns Universitet.

Pedersen, S. A. S., 2000: Superimposed deformation in glaciotectionics. Bull. Geol. Soc. Denmark. Vol. 46, pp 125-144.

Perch-Nielsen, K., 1976: New silicoflagellates and a silicoflagellate zonation in north European Palaeocene and Eocene diatomites. Bull. Geol. Soc. Denmark. Vol. 25, pp 27-40.

Pedersen, S. A. S., 2018: Karakterisering af moler i Erslev Molerfelt, Mors. Resultatet af molerprøver fra borer i Erslev molerfelt på Mors med bemærkninger om molerets litologi og optræden. Notat af 30. november 2018.

Region Nordjylland, 2015: Miljøscreening. Strategisk Miljøvurdering (SMV). Råstofplanlægning. Erslev Molerfelt, Morsø Kommune.

Region Nordjylland, 2015: VVM-redegørelse for indvinding af moler ved Stærhøj, Morsø Kommune.

Thomsen, E. & Danielsen, M., 1995: Transitional Palaeocene-Eocene ash-bearing diatomite in the eastern North Sea. Tertiary Research 15, 111-120.

Viborg Amt, 1986: Molerindvinding ved Erslev på Mors. Notat til brug ved drøftelse i arbejdsgruppen vedr. molerindvinding på Mors. J. nr. 8-52-33-1-87 LK/ets(364).

Viborg Amt, Teknik og Miljø, 2006: Dokumentationsrapport Bjergby området Mors.

Viborg Amt, Teknik og Miljø, 2004: Grundvandsmodel for Mors. Rapport.

www.i-gis.dk/GeoScene3D. Software udviklet til at visualisere, fortolke, redigere og publisere geologiske data.