

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

Pernille Aabye Marker, Cecilie Sandvik
& Stig A. Schack Pedersen



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

Pernille Aabye Marker, Cecilie Sandvik
& Stig A. Schack Pedersen

Indhold

Indledning	3
Geologiske forhold	4
Stærhøj molergravs beliggenhed	4
Sundby Bakkers geologiske opbygning	5
Den geologiske lagserie	5
Prækvartæret	6
Holmehus og Ølst Formationerne.....	7
Fur Formationen.....	7
Råstofgeologisk inddeling af moleret.....	8
Skiferserien	8
Nedre Molerserie	8
Øvre Molerserie	8
Askelagsserien	8
Atlasleret	8
Viborg Formationen.....	8
Kvartære aflejringer	9
Hesselbjerg Till	9
Fårtoft issøler	9
Hanklit smeltevandsserien.....	10
Ejerslev Till	11
Boreundersøgelser	12
BI, DGU nr. 30.1399.....	15
BII, DGU nr. 30.4000.....	15
BIII, DGU nr. 30.4001.....	15
Gamle boring B.a	15
Gamle boring B.b	15
Strukturelle forhold ved Stærhøj	17
Præsentation af volumener	21
Areal- og volumenberegninger	22
Graveplan og etapeinddeling	23
Sammendrag og anbefalinger	26
Referencer	27

Indledning

Et af de mest attraktive områder for fremtidig udvinding af moler på Mors er feltet ved de gamle molergrave på Stærhøj. Ifølge rapporten "Molerindvinding på Mors" (Miljøministeriet, Fredningsstyrelsen et al. 1985) var planen, at råstofudvinding i dette område først skulle finde sted, når reserveerne i Skarrehage og Ejerslev var udtømt, hvilket man forudså, ville ske omkring 2005. Siden "Molerindvinding på Mors" blev udgivet i 1985 er der gået mere end 20 år, og flere ændringer af indvindingsområderne ved Skarrehage og Ejerslev har muliggjort, at man kunne fortsætte molerindvindingen ud over det kritiske årstal 2005.

Imidlertid er man i Ejerslev molerfelt stødt ind i to væsentlige problemer, som vanskeliggør fremstillingen af molerprodukter. Begge problemer drejer sig om forringet kvalitet af moler i Ejerslev molerfelt, som kan afhjælpes ved at blande de nuværende reserver med højere kvalitet moler fra et andet molerfelt.

Det første problem er den uventede optræden af sort moler. Normalt optræder det sorte moler først i bunden af Nedre Molerserie under det orange-gule, 4 cm tykke askelag ± 17 , ofte dog endnu dybere omkring skiferlagene ved ± 19 (Pedersen 2000). Den sorte farve skyldes, at det oprindelige finfordelte indhold af svovlkis, ikke er blevet udvasket, som man ellers oplever det i de fleste bakkepartier med moler. Det vakte derfor stor undren, da man i Ejerslev molergrav under gravearbejdet i sommeren 2007 stødte på sort moler helt oppe i den øverste del af Askelagsserien (Pedersen & Platen 2007b).

Det andet problem er af mere strukturel karakter. I graveområder, hvor lagserierne ligger relativt ufoldet og horisontalt, vil man uden problemer kunne grave den Øvre og Nedre Molerserie bort, efter man har afrømmet Askelagsserien og overliggende glacialle aflejringer. Men i områder, hvor lagene er blevet intensivt foldet (Fig. 1), vil der nede i brydningsenheden optræde uforholdsvist meget askemateriale, som medfører støv i produktionen. For at komme af med støvet, kan det opblandes med moler, hvis lerkvalitet er god nok til at kunne absorbere det finkornede vulkanske askemateriale.

For at kunne afhjælpe disse problemer, er det derfor nødvendigt at få tilgang til en god kvalitet moler fra den Nedre Molerserie. Det mest oplagte sted, hvorfra dette moler kan fremskaffes, er molerforekomsten omkring Stærhøj molergrav. Denne rapport indeholder derfor beskrivelsen af de geologiske forhold ved Stærhøj. Desu-



Figur 1. Intensivt foldede askelag i det nordlige profil af Barkær molergrav. De nedfoldede askelag er med til at forringe molerets kvalitet i Ejerslev molerfelt. Profilets højde er ca. 30 m.

den beskrives nogle vurderinger, som er relevante for brydningen af moleret ved Stærhøj molergrav. Rapportens formål er at tjene som bilag til ansøgningen om en gravetilladelse af den ca. 2 mill. m³ store molerforekomst i den østlige del af Sundby Bakker Molerfelt.

Geologiske forhold



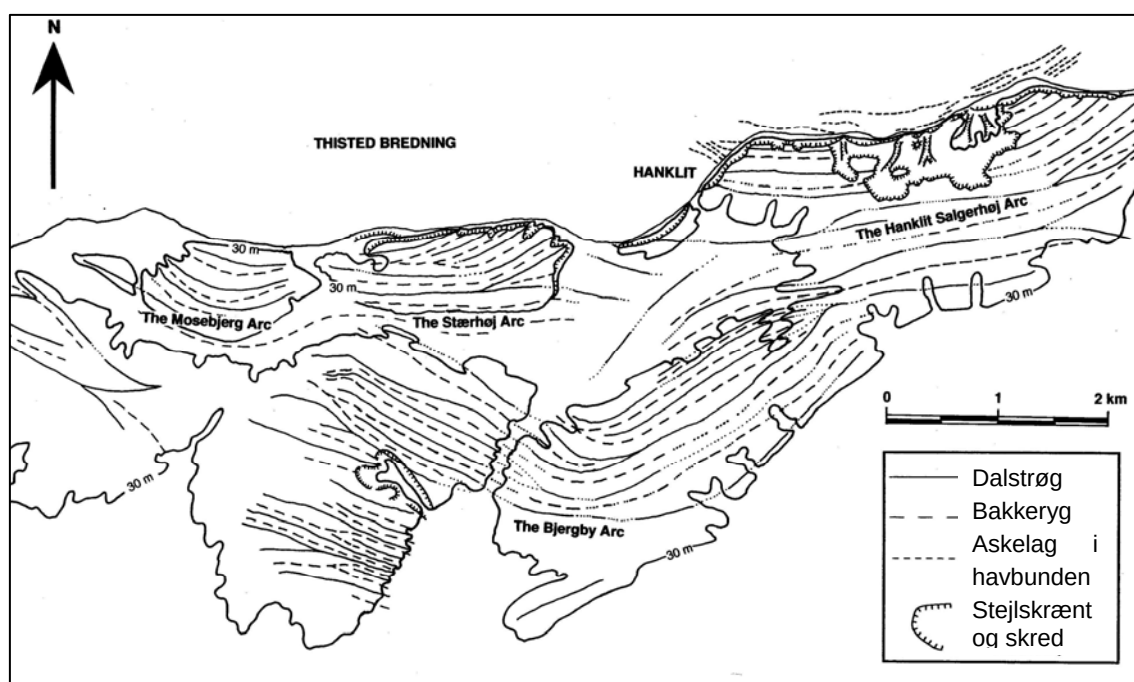
Figur 2. Kort over Mors med lokaliseringen af Stærhøj molerforekomst angivet med en rød cirkel. Sundby Bakker molerfelt er bakkepartiet mellem cirklen og Sundby mod vest.

Stærhøj molergravs beliggenhed

Stærhøj ligger ca. 2 km NNV for Bjergby på det nordlige Mors og er det østligste højdepunkt 57 m o.h. i Sundby Bakker (Fig. 2). De sidste aktive molergrave ved Stærhøj ligger henholdsvis få hundred meter NV og 4-500 m V for Stærhøj.

Sundby Bakkers geologiske opbygning

De geologiske forhold i Stærhøj området indgår som en del af hele den geologiske opbygning af bakkelandskabet på det nordlige Mors fra Salgjerhøj i øst til Klovbakkerne i vest (Fig. 3). Dette langstrakte bakkelandskab skæres i midten af et næsten vinkelret snit, Hanklit, som på instruktiv vis fremviser den indre struktur af bakkelandskabets opbygning. Hanklit består af en ca. 60 m tyk skive af moler med askelag, som er skudt op over en serie smeltevandssand og -grus. I spidsen af den opskudte skive er lagene foldet i en overkippet antiklinal, og lignende strukturer findes hele vejen igennem Sundby Bakker, som gennem mere end 100 år har været målet for molergravning. Således har der været en mindre molergrav på syd-ryggen af Hanklit, i bakkerne lige bag Gullerup Kro har der været molergrave, det sidste aktive graveområde var ved Klitgård lidt vest for Stærhøj, der selv var et aktivt graveområde frem til begyndelsen af halvfyrdserne. Længere mod vest har der været gravet og udskibet moler fra området omkring Stensgård, og længst mod vest ligger Klovbakkerne molergrav, hvor der ligeledes har været gravet moler til omkring midten af forrige århundred (Figs. 3 og 6).

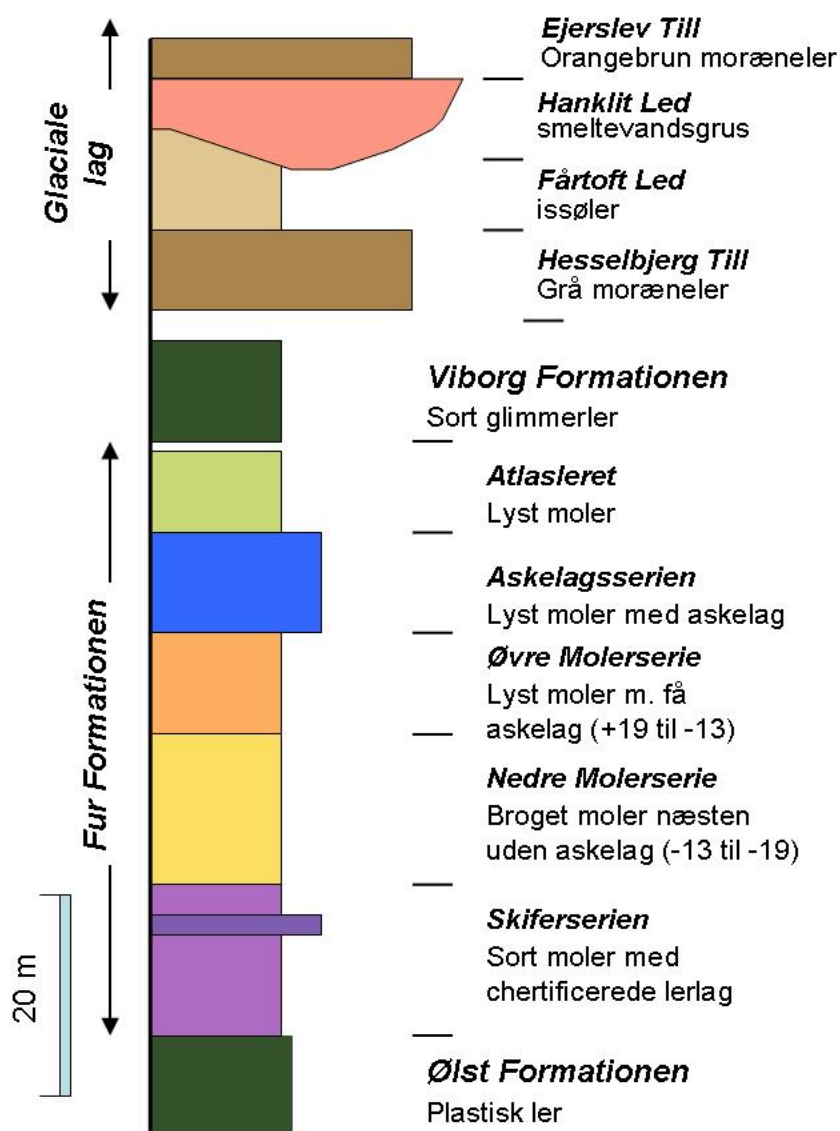


Figur 3. Kort over forløbet af parallelle bakker, der opbygger landskabet fra Sundby Bakker i vest til Flade Klit i øst, hvor Salgjerhøj er det højeste punkt på Mors på 89 m o.h.

Den geologiske lagserie

Den geologiske lagserie i Sundby Bakker og Flade Klit opdeles i to overordnede enheder, nemlig de prækvarter aflejringer, som moler med askelag tilhører, og de kvarter aflejringer, som består af issøler, smeltevandssand og -grus, samt moræneler. På grund af det lange tidsrum mellem moleret blev aflejret for mere end 50 mill. år siden og de sidste moræneler blev afsat for bare 20.000 år siden er der sket flere geologiske begivenheder, der har medført at den geologiske lagserie varierer meget i tykkelse og repræsentation af de

forskellige enheder fra sted til sted. Men en sammenstillet ideel lagserie af alle de enheder, som optræder i området omkring Stærhøj er vist i Fig. 4.



Figur 4. En sammenstillet geologisk lagserie af alle de enheder, som optræder i området omkring Stærhøj.

Prækvartæret

De prækvartære aflejringer i Stærhøj området kan inddeles i tre enheder, nemlig det plastiske ler (Holmehus og Ølst Formationerne), som ligger under moleret, moleret med askelag (Fur Fornationen), og det overliggende oligocæne mørke ler (Viborg Formationen) (Fig. 4).

Holmehus og Ølst Formationerne

Holmehus og Ølst Formationerne består af mørkegrønt plastisk ler. Formationerne ligger under moleret og fungerede som glidelag i den glacialtektoniske deformation. De talrige landslides ved kysten, skyldes delvis også det plastiske ler, hvor det optræder tæt ved strandplanet.

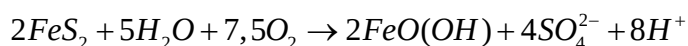
Fur Formationen

Fur Formationen, som indeholder moleret, består af Skiferserien, Nedre Molerserie, Øvre Molerserie, Askelagsserien og Atlasleret. Formationen er målt til at være omkring 60 meter (Pedersen og Surlyk, 1983)

Fur Formationen blev aflejret for 55 til 50 millioner år siden, under forhold med kun lidt eller ingen strøm, i et basin dannet over den Vestlimfjordske salthorstprovins. Depressio- nen mellem salthorstenene tolkes som det lokale område, der har givet anledning til den store mægtighed af moler på Fur og Mors (Pedersen og Surlyk, 1983).

Den vigtigste bestanddel i Fur Formationen er moler, som består af omkring 66% diato- méskaller, bestående af SiO_2 , og omkring 33% af lermineralet smektit. Diatomeér er kisel- alger, som er marint aflejret i sen Paleocæn til tidlig Eocæn. Strukturen af moleret varierer således, at lamineret moler repræsenterer anoxiske perioder, mens strukturløst moler er resultatet af høj havbundsaktivitet, hvor mindre orme og skaldyr har gennemrodet lagdelin- gen (Pedersen og Surlyk, 1983). Kiselskallerne er meget porøse og ikke særlig permeable, hvilket netop giver moleret de specielle egenskaber, der er afgørende for granulat og en række andre industrielle produkter.

I forvitret tilstand har moleret en lys orange farve grundet oxideret svovlkis. Oxidationen fremkommer ved kontakt med ilt tilgængeliggjort med infiltreret regnvand eller diffusion i den umættede zone. Oxidationsprocessen af svovlkis fremgår af ligningen:



Indholdet af svovlkis i det ikke-oxiderede moler, også kaldet det sorte moler, kan være op mod 5-8%. Det oxiderede moler er bedre egnet til industrielt brug, da svovlkisen kan af- stedkomme cindringer og klumper i produktionsapparatet (Pedersen og Platen, 2007b)

Moleret er mellemlagt af ca. 200 askelag med numre fra -39 til +140. (Bøggild, 1918; Larsen et al., 2003). Askelagene i Fur Formationen er dannet ved talrige vulkanudbrud, med kildeområde i Nordatlanten, Skotland og Østgrønland (Larsen et al., 2003). Tykkelsen af lagene varierer med intensiteten af udbruddet og den geografiske afstand til vulkanen. Særligt distinktive lag, der udmærker sig ved en given tykkelse, farve eller hårdhed, kan anvendes som gode ledehorisonter. Disse lag er afgørende for opmålingen af Fur Formati- onen og optegningen af de glacialtektoniske deformationer, som har forstyrret formationens lagdeling. Desuden kan stratigrafisk op- og ned-orientering inde for formationen bestem- mes ud fra kornstørrelsen i askelagene, som går fra silt til fint sand i en graderet lagdeling.

I Fur Formationen findes et mindre antal cementstensniveauer, der ligesom askelagene kan bruges som ledehorisonter. Cementstenene er kalksammenkittet moler og askelag. De forekommer enten som sammenhængende horisonter, som ved askelag +101, eller som ovale konkretioner i størrelsen $\frac{1}{2} \times 1 \times 2$ m (Klint og Pedersen, 1995).

Råstofgeologisk inddeling af moleret

I forbindelse med råstofgeologiske undersøgelser og opmålinger inddeles Fur Formationen i fem enheder, nederst Skiferserien, ovenpå hvilken følger Nedre Molerserie, Øvre Molerserie, Askelagsserien, og øverst afsluttes formationen af Atlasleret (Fig. 4).

Skiferserien

Den nederste del af moleret er karakteriseret ved sit sorte svovlholdige ler, og indeholder desuden omkring fire hårde forkislede lag, som er dannet ved diagenese af de kiselskallede diatomeer. Skiferlagene optræder i nærheden af askelag -19. Serien varierer i tykkelse fra 10 til 15 m, og skiferlagenes optræden varierer såvel i tykkelse som antal fra sted til sted i molerområdet (Pedersen 2000).

Serien fungerer som låg for grundvandet, der bliver holdt tilbage af den hårde skifer. Placeringen af lagserien er derfor afgørende ved udgravningen af moleret, idet en eventuel gennemtrængning ville give problemer med voldsomme vandmængder ved indvindingen. Skiferserien udgør kun ca. 5 % af produktionsvolumenet. (pers. komm. Stig Johansson, 2008)

Nedre Molerserie

Den Nedre Molerserie er op til 16 meter tyk (Pedersen & Surlyk 1983) og går fra Skiferserien og til askelag -13. Den Nedre Molerserie består af det mest diatoméholdige ler. Der findes kun et tydeligt askelag i denne serie, nemlig -17, som er karakteriseret ved sin orange-gule farve.

Øvre Molerserie

Den Øvre Molerserie er omkring 10 meter tyk og går fra askelag -13 til +19. Den indeholder op til tre cementstens niveauer imellem de spredte akselag (Pedersen og Platen, 2007). Moleret beliggende mellem askelag -11 og +1 hører til den bedste del af "brydningsserien", som generelt omfatter Nedre- og Øvre Molerserie.

Askelagsserien

Askelagsserien er omtrent 10 meter tyk og indeholder godt 100 askelag. Den fungerer gerne som markør for moleret, idet de mange askelag er letgenkendelige. Askelagsserien udgør kun 14 % af produktionsleret, da støvet fra asken forstyrrer produktionen, og det er kun de nederset 1,5 meter af serien, som er anvendelig i produktionsøjemed (pers. komm. Stig Johansson, 2008). Den øvrige del af serien betragtes som overjord.

Atlasleret

De øverste ca. 8 meter moler på toppen af Fur Formationen betegnes Atlasler. Denne enhed er velbevaret på toppen af Hanklit og ved Silstrup, men enheden er ofte eroderet bort.

Viborg Formationen

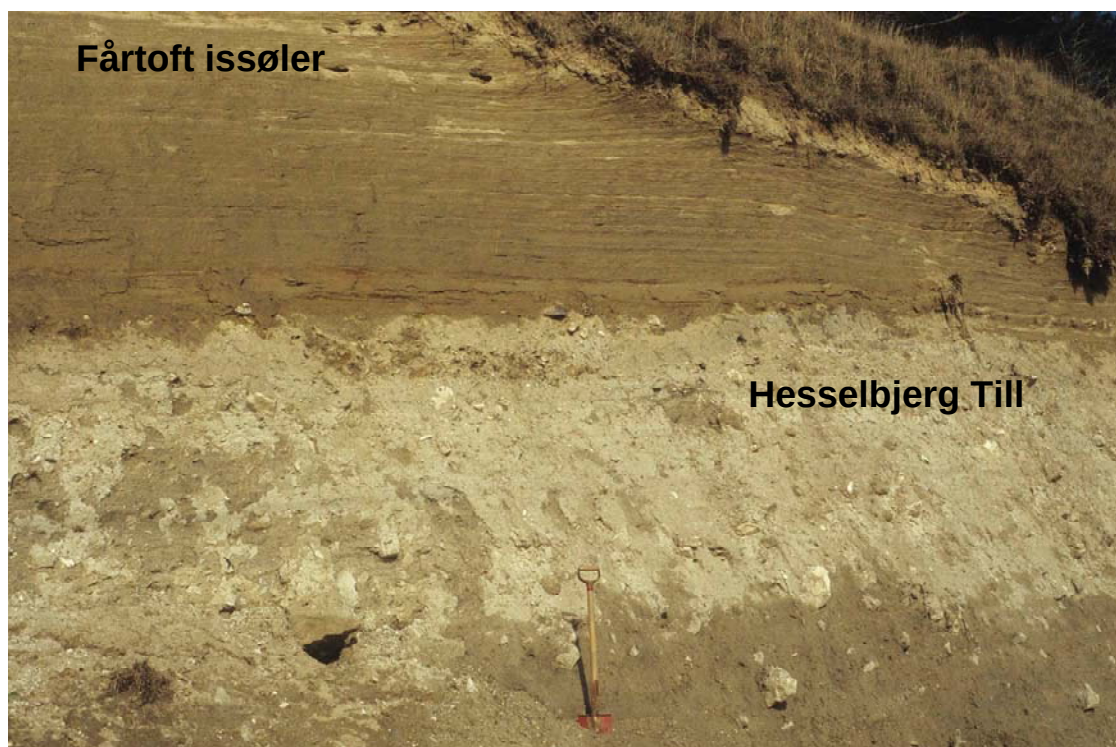
Viborg Formation er aflejret for ca. 40 millioner år siden, og består af sort glimmerler. Som den øverste del af de tertiære lag på Nordmors er formationen som oftest eroderet væk. Viborg Formationen er fundet i bunden af boring 30.658 i issølerbasinnet ved Fårtoft, hvor glimmerleret overlejres af issøler med indslag af smeltevandssand (for placering af boring 30.658, se Fig. 18). Formationen er blottet på nordkysten af Vilsund.

Kvartære aflejringer

De kvartære lag består af flere forskellige jordarter, hvor de dominerende enheder er fint-sorteret issøler, smeltevandssand og –grus samt moræneler (tills). De kvartære lag har ingen produktions værdi og kategoriseres som overjord. Den ældste enhed i den kvartære lagserie er Hesselbjerg Till, som overlejres af Vilsund formationens smeltevandsserie, der består af Fårtoft issøleret, som stedvis har tykke indslag af Hanklit smeltevandssandserien. Øverst overlejres de kvartære lag af det orangebrune moræneler benævnt Ejerslev Till, der har en regional udbredelse på Mors.

Hesselbjerg Till

Denne formation er den ældste kvartære enhed i Stærhøj området, og den består af en ca. 8 m tyk grå sandet moræneler rig på kalk og flintesten (Fig. 5). Hesselbjerg Formationen er en typisk massiv bundmoræne, hvis sten og blokke af kalk og flint stammer fra erosionen af området med den højtliggende kalk nord for Thisted. Enheden tolkes som aflejret af et norsk isfremstød i forrige istid, Saale, for ca. 300.000 år siden.

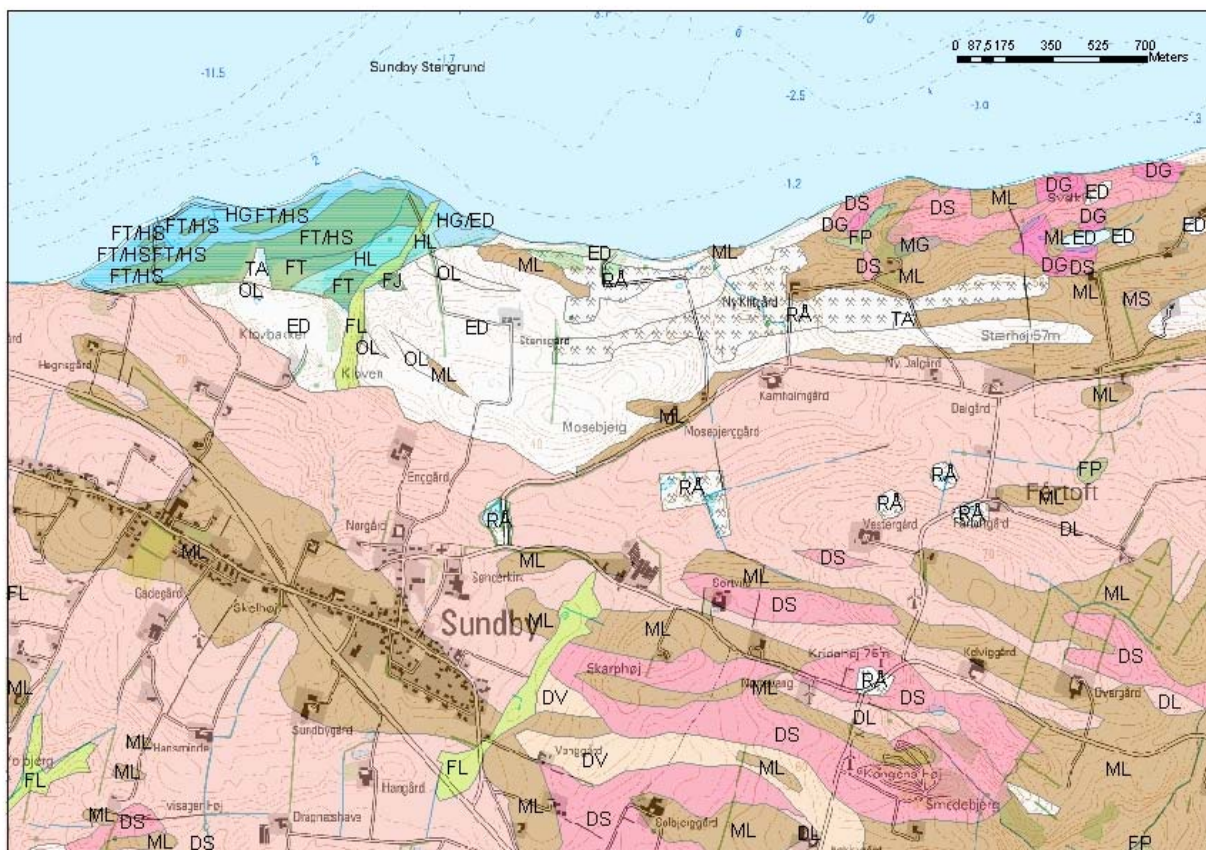


Figur 5. De to nederste formationer i den kvartære lagserie, nemlig Saale istidens bundmoræner: Hesselbjerg Till, og Fårtoft issøleret af Weichsel alder, blottet i kystprofilet syd for Vilsund.

Fårtoft issøler

Den dominerende kvartære enhed i Sundby Bakker er Fårtoft issøleret (Figs 5 og 6). Denne enhed kan blive op til 20 m tyk og ligger i forlandet syd for Stærhøj komplekset. Udbredelsen af issøleret er markeret med den lyserøde farve på det geologiske kort (Fig. 6). Fårtoft issøleret er karakteriseret ved den ensartede lamination, der er en vekslen mellem ler, silt og finkornet sand. I issølerets lagserie findes stedvis indslag af smeltevandssand, som

skyldes at smeltevandsstrømme, der løb igennem den store issø, der udfyldte lavningen foran det fremstødende glacialtektoniske kompleks. Issøleret blev i sin tid udnyttet til teglfabrikationen, således i det nu nedlagte Sundby Teglværk og flere ældre, mindre teglværker, som de talrige teglværksgraver vidner om (markeret med korslagte hamre og annotationen RÅ på det geologiske kort, Fig. 6).



Figur 6. Det geologiske kort over Stærhøj og omliggende område i Sundby Bakker. Moleret er angivet med bogstavsymbolerne ED i det hvide område. Felterne med korslagt hamre symbol er tidligere råstofgrave (RÅ). De drejer sig såvel om molergrave i det hvide område som teglværksgrave i det lyserøde område (DL). De røde områder med symbolerne DS og DG er smeltevandssand og –grus. De brune områder (ML) er moræneler, og grønne områder (FL, FP, FT) er postglaciale ferskvandsaflejringer. I nogle få isolerede felter optræder Viborg glimmerleret (OL), og ude ved kysten er aflejringerne på det marine forland farvet blå med benævnelsen HS og HG.

Hanklit smeltevandsserien

På toppen af Hanklit ligger en ca. 15 m tyk enhed af smeltevandssand og –grus (Fig. 7). Denne enhed optræder uregelmæssigt i bassinet med Fårtoft issøler, men er til stede umiddelbart nord for Stærhøj området, hvor den er blottet i den østlige del af kystklimten ved Svaleklit (DS og DG på det geologiske kort Fig. 6). Endvidere tiltager sandserien i udbredelse længere sydpå, hvor den har været udnyttet i grusgravning omkring Bjergby.



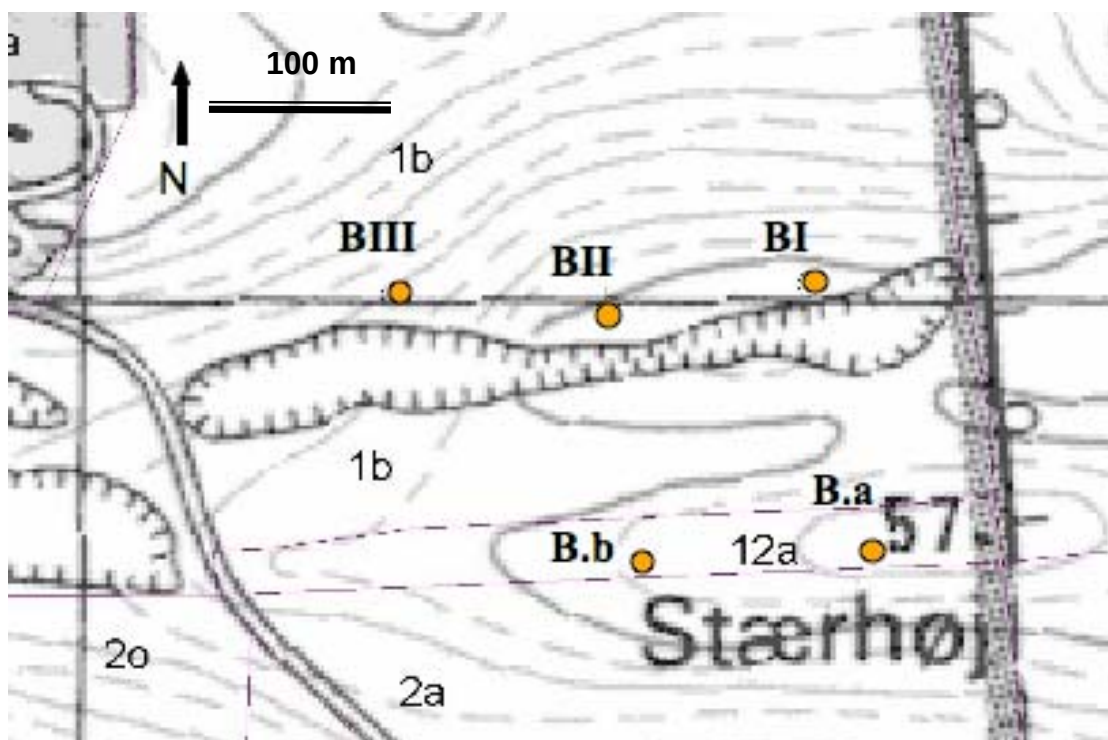
Figur 7. Undersøgelse af smeltevandsgruaset i den nederste del af Hanklit serien i den lodretstående flanke af synklinalen på den nordligste del af kystklinten ved Hanklit. De to personer til venstre er ved at foretage iagttagelser af den erosive grænse mellem toppen af moleret (askelag +101 i Fur Formationen) og bundlaget af Hanklit smeltevandsgrusserien. Den rødbrune farve i smeltevandsgruaset skyldes udfældningen af jern-hydroxider (rust), som sammenkitter gruset til en "rødsten".

Ejerslev Till

Den øverste enhed i den kvartære lagserie er en gulbrun moræneler, som her benævnes Ejerslev Till efter den kvartære lagfølge opstillet af Pedersen (1998) for Ejerslev molerfelt. Egentlig findes der to morænelers horisonter i den øverste del af lagserien, men det har endnu ikke været muligt at udskille disse i området ved Stærhøj, hvorfor de her er sammenfattet i en morænelers enhed. På det geologiske kort (Fig. 6) er moræneler angivet med brun farve og annotationen ML, men under kortlægningen er der ikke skelnet mellem de forskellige morænelers enheder (f.eks. Hesslebjerg Till, Ejerslev Till m.fl.).

Boreundersøgelser

For at verificere forekomsten af moler i Stærhøj området er der blevet udført to sæt af boringer, det første sæt i 1985 (Pedersen & Petersen 1985) og det andet sæt i forbindelse med de nyeste undersøgelser af Stærhøj molerforekomsterne i april 2008. De to boringer udført i 1985 er benævnt **B.a** og **B.b**, og de tre boringer udført 2008 er benævnt **BI**, **BII** og **BIII** (Fig. 8). De tre boringer udført 2008 er indrapporteret og registreret med de officielle GEUS Jupiter database numre DGU nr. 30.1399, DGU nr. 30.4000 og DGU nr. 30.4001.



Figur 8. Placeringen af boringerne omkring Stærhøj molergrav. Basislinien er vist (lilla, stiple) syd for B.a og B.b. Greverende I-VI, som danner basis for de strukturgeologiske modeller, er gravet N–S fra basislinien og nordpå.

Boringerne i april 2008 blev gennemført ved hjælp af Højslev metoden, som er en vandhæve boremetode. Til boring anvendes et dobbelt siddet borerør (Fig. 9). Under boringen tilføres vand i den yderste rørhulhed, mens det opborede materiale presses op gennem røret i midten. Materialet opsamles herefter meter for meter. Hver opboret meter opsamles i et sedimentfang, hvorefter prøven placeres meter for meter i en linje på jorden, så det kan studeres nærmere. Hver prøve bestemmes på borestedet og optegnes i borehulsloggen. Det noteres om moleret er lamineret, hvilken farve det har og om der findes askelag og cementsten. Det noteres med henblik på senere at kunne identificere de stratigrafiske inddelinger (Fig. 10 og 11).



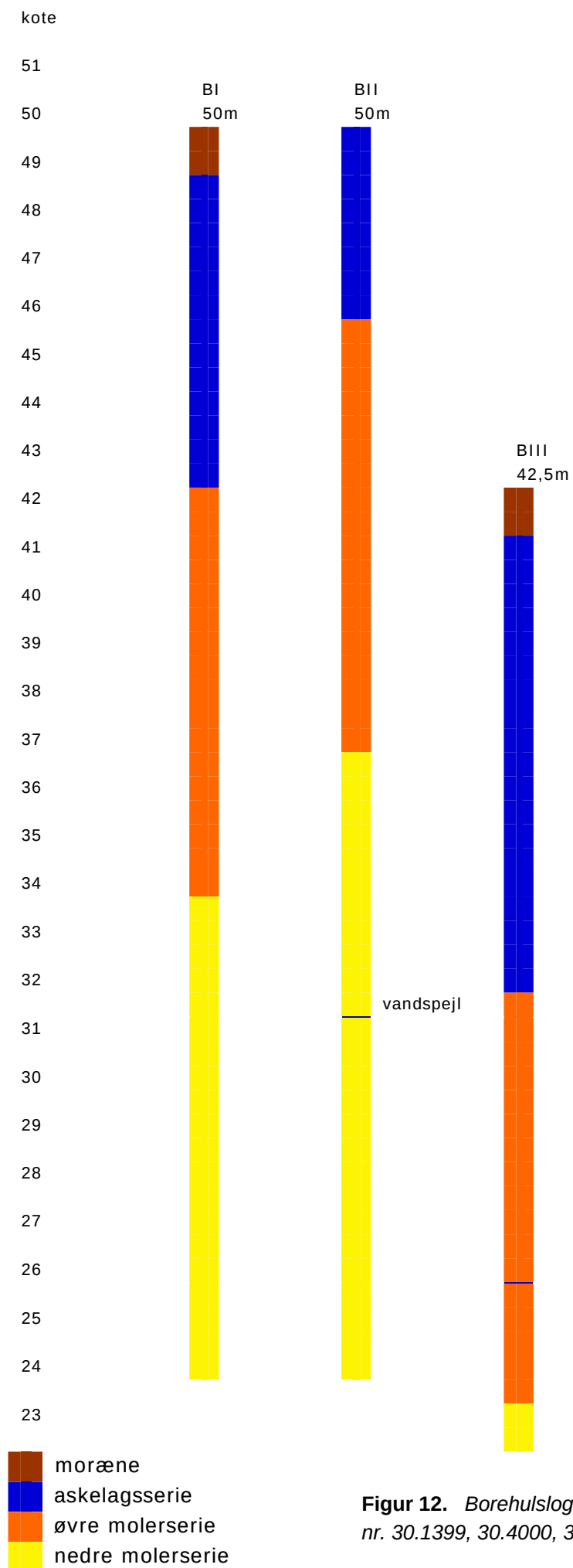
Figur 9. Molerundersøgelsesboring udført ved hjælp af Højslev metoden. Her er et nyt rør på 3 meters længde ved at blive monteret oven på den øvrige borestamme ved udførslen af boring DGU nr. 30.4000.



Figur 11. Molerets nuancer ned gennem den Nedre Molerserie. Hver bunke repræsenterer 1 m af borestammen.

Figur 10. Alle stumper og stykker i bunken der repræsenterer en opboret meter undersøges for forekomsten af askelag, cementsten, lamination og eventuelle fossiler.





Figur 12. Borehulslog af borerne DGU nr. 30.1399, 30.4000, 30.4001

BI, DGU nr. 30.1399

Boringen er placeret på ryggen af den nordlige antiklinal på den gamle gravs nordkant. Den starter næsten direkte i Askelagsserien og når gennem både Øvre og Nedre MolerSerie. Askelag +19, toppen af øvre molerserie træffes efter 8 meter, svarende til kote 42. Det hårde askelag -13, der markerer begyndelsen af Nedre MolerSerie påborede i kote 34. Boringen stopper i 26 meter under terræn svarende til kote 24. (Se Fig. 12).

BII, DGU nr. 30.4000

Boringen er som BI placeret på ryggen af den nordlige antiklinal. Som BI illustrerer boringen et 26 meters udsnit af lagserien. Allerede efter 4 meter træffes det karakteristiske tykke askelag +19 og hermed toppen af Øvre MolerSerie. 9 meter længere nede findes det svagt cementerede askelag -13 og dermed toppen af Nedre MolerSerie. (Se Fig. 12)

BIII, DGU nr. 30.4001

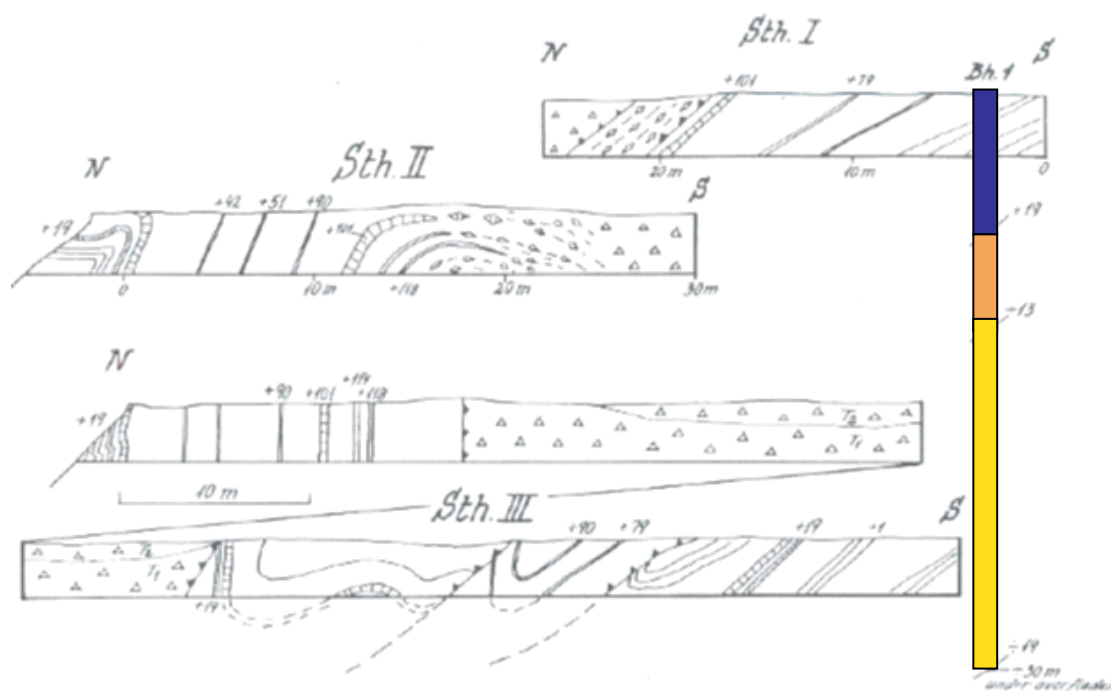
BIII er placeret lige som BI og BII på den nordlige antiklinal ryg oven for den nordlige kant af den gamle molergrav. Boringerne danner samlet en linje, der løber parallelt med basislinjen 150 m nord for denne. I boring BIII træffes grænsen mellem af Askelagsserien og Øvre MolerSerie 10 meter under terræn i kote 32. Øvre MolerSerie er ligeledes her repræsenteret med 8 meter. Af tekniske årsager blev boringen afbrudt efter kun 20 meter.

Gamle boring B.a

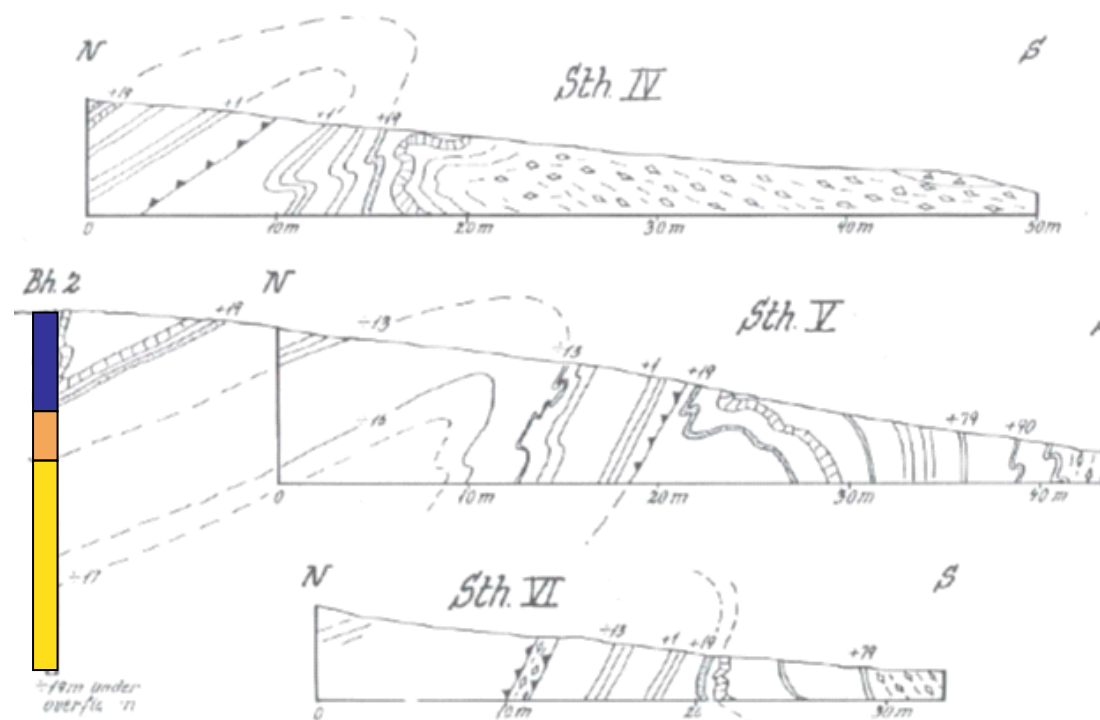
Den gamle boring B.a udført 1985 blev placeret meget tæt ved den sydlige antiklinal om-bøjningszone (Fig. 13). Boringen var 30 m dyb og gik igennem nedre halvdel af Askelagsserien, Øvre MolerSerie og næsten til bunden af Nedre MolerSerie. Boringen blev placeret ret tæt ved Stærhøj i 55 m o.h. og afsluttedes i kote 25 m o.h. Tykkelsen af Øvre MolerSerie er ikke i overensstemmelse med men lidt mindre end tykkelsen af moleret mellem askelag +19 og askelag -13 opmålt i typeprofilen for Fur Formationen (Pedersen & Surlyk 1983).

Gamle boring B.b

Den gamle boring B.b udført 1985 blev placeret i den nordre flanke af den sydlige antiklinal ca. 150 m vest for boring B.a (Fig. 8). Boringen var 18 m dyb og startede på terrænoverfladen i 52,5 m o.h. med en tilsvarende slutkote på 34,5 m o.h. Den øverste del af boringen gik igennem stærkt foldede askelag i nærheden af askelag +19. Derefter gennemboredes Øvre MolerSerie (Fig. 14), men optegnelsen af tykkelsen er meget unøjagtig, da den kun er angivet som ca. 3 m, altså mindre end halvdelen af tykkelsen i typeprofilen. Hvorefter denne uoverensstemmelse består, kan ikke bedømmes på nuværende tidspunkt. Boringen afsluttedes i den nedre del af Nedre MolerSerie.

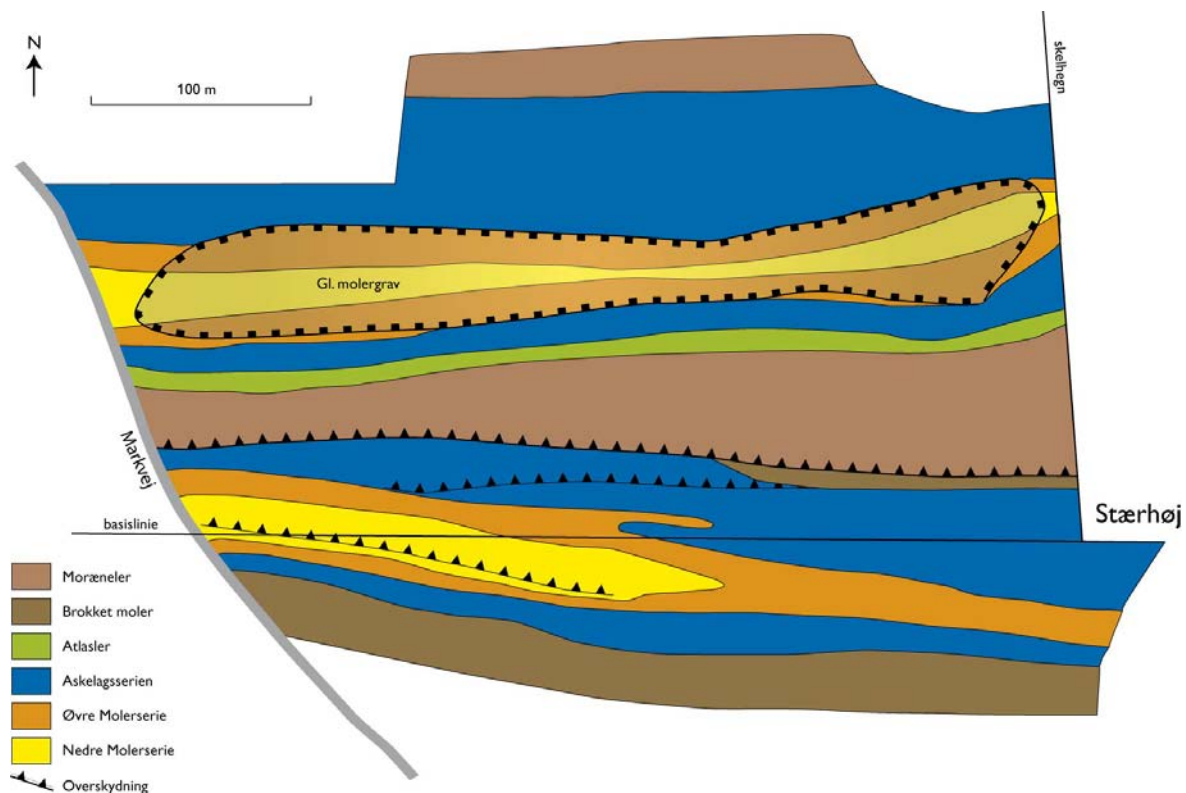


Figur 13. Kopi af graverender og gamle boring B.a fra undersøgelse af Stærhøj molerforekomst i 1985 (Pedersen & Petersen 1985). Blå, orange og gul farve står for standardinddelingen af Askelagsserien, Øvre og Nedre Molerserie.

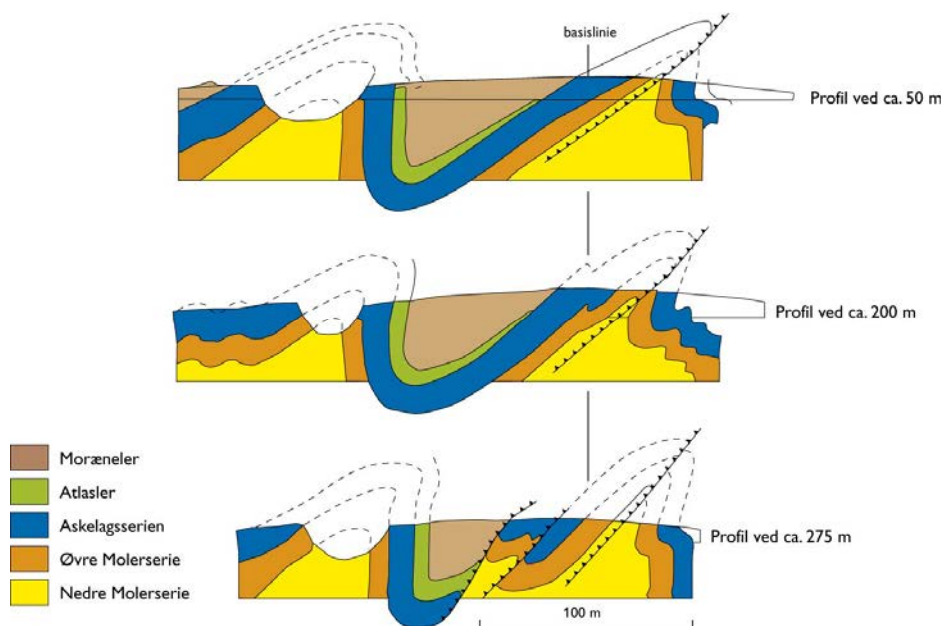


Figur 14. Kopi af graverender og gamle boring B.b fra undersøgelse af Stærhøj molerforekomst i 1985 (Pedersen & Petersen 1985).

Strukturelle forhold ved Stærhøj

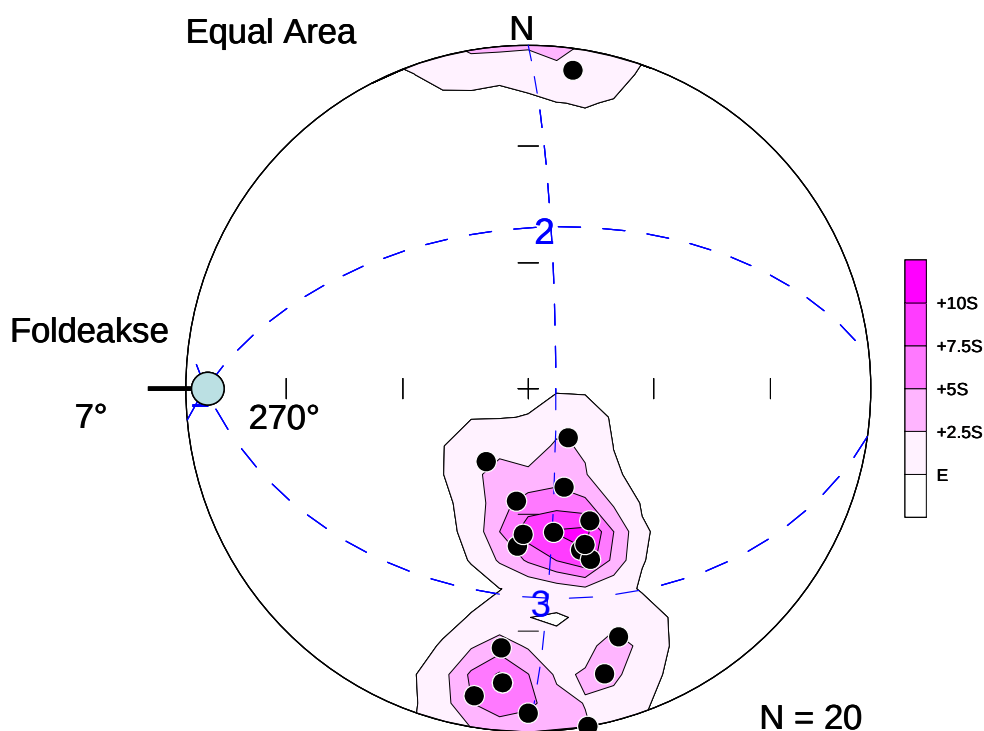


Figur 15. Geologisk kort over området ved Stærhøj



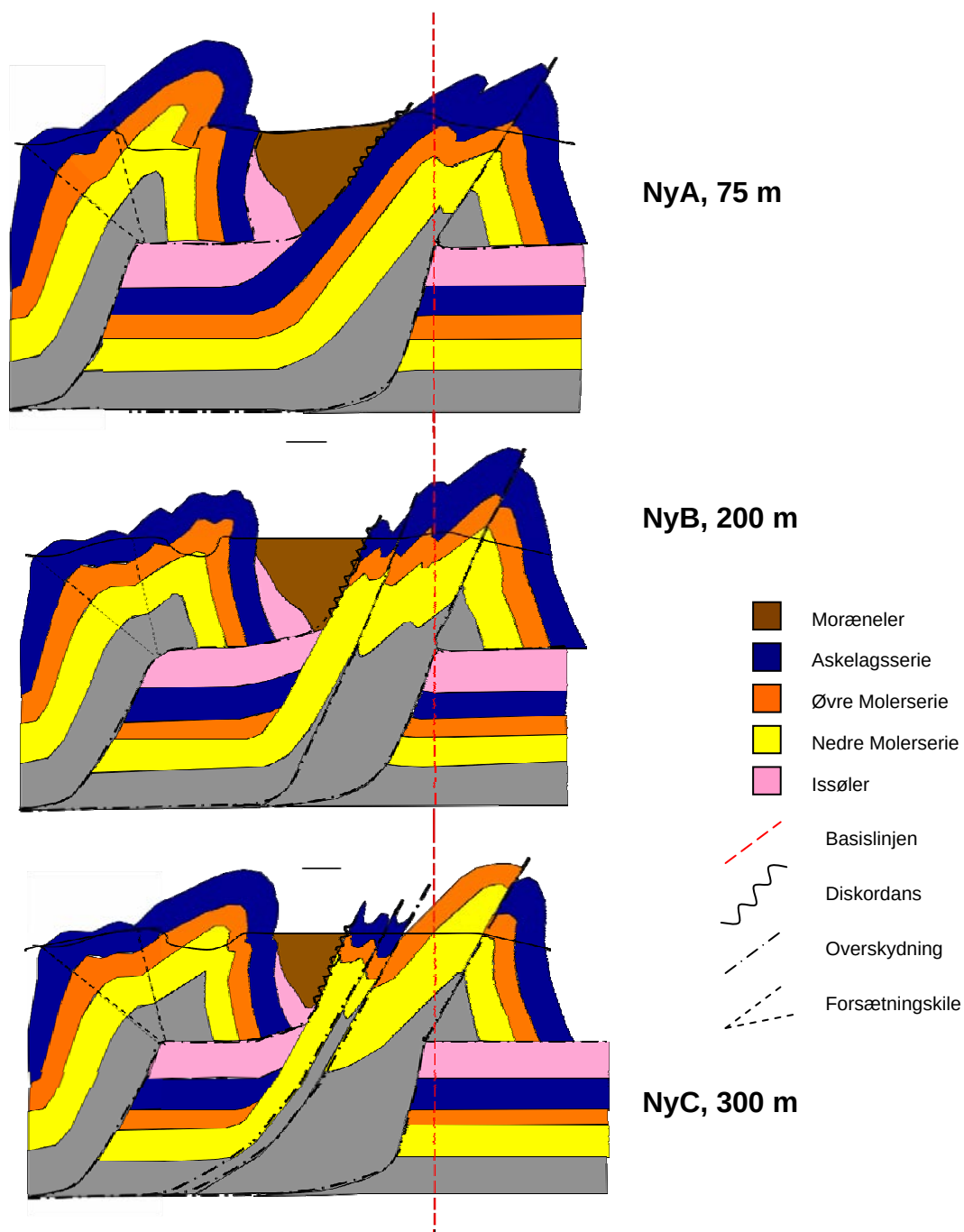
Figur 16. Tre tværprofiler over området ved Stærhøj. Øverste profil er længst mod øst, mens nederste profil er længst mod vest, og profilet i midten ligger halvvejs mellem de to andre. Bemærk at de to antiklinaler indeholder moleret, mens synklinalen mellem dem kun er overjord.

På baggrund af de geologiske undersøgelser udført af Pedersen & Petersen (1985) kan området ved Stærhøj beskrives som to Ø–V strygende antiklinaler, adskilt af en synklinal (Figs 15 og 16). Som det ses af profilerne træder den Nedre Molerserie frem helt oppe ved overfladen i den centrale akse af antiklinalerne. Ud fra de fem boringer udført i feltet er det dokumenteret, at der findes en god kvalitet moler ned til en dybde af mere end 25 m. Retningen af moler råstoflegemerne er ret konstant Ø–V, hvilket ses ud fra kontureringen af de strukturelle målinger foretaget langs den gamle molergrav og i de udgravede undersøgelsesgrøfter i 1985 (Fig. 17).



Figur 17. Stereografisk net (arealtro stereografisk projektion, nedre halvkugle) med præsentation af de strukturelle målinger fra Stærhøjområdet. Bemærk at foldeaksen har et svagt dyk mod vest. Dette dyk kan dog godt variere inden for rammerne af usikkerheden på målingernes spredning, og det anses for sandsynligt, at foldeaksen kan betragtes som horisontal med små variationer i dykket.

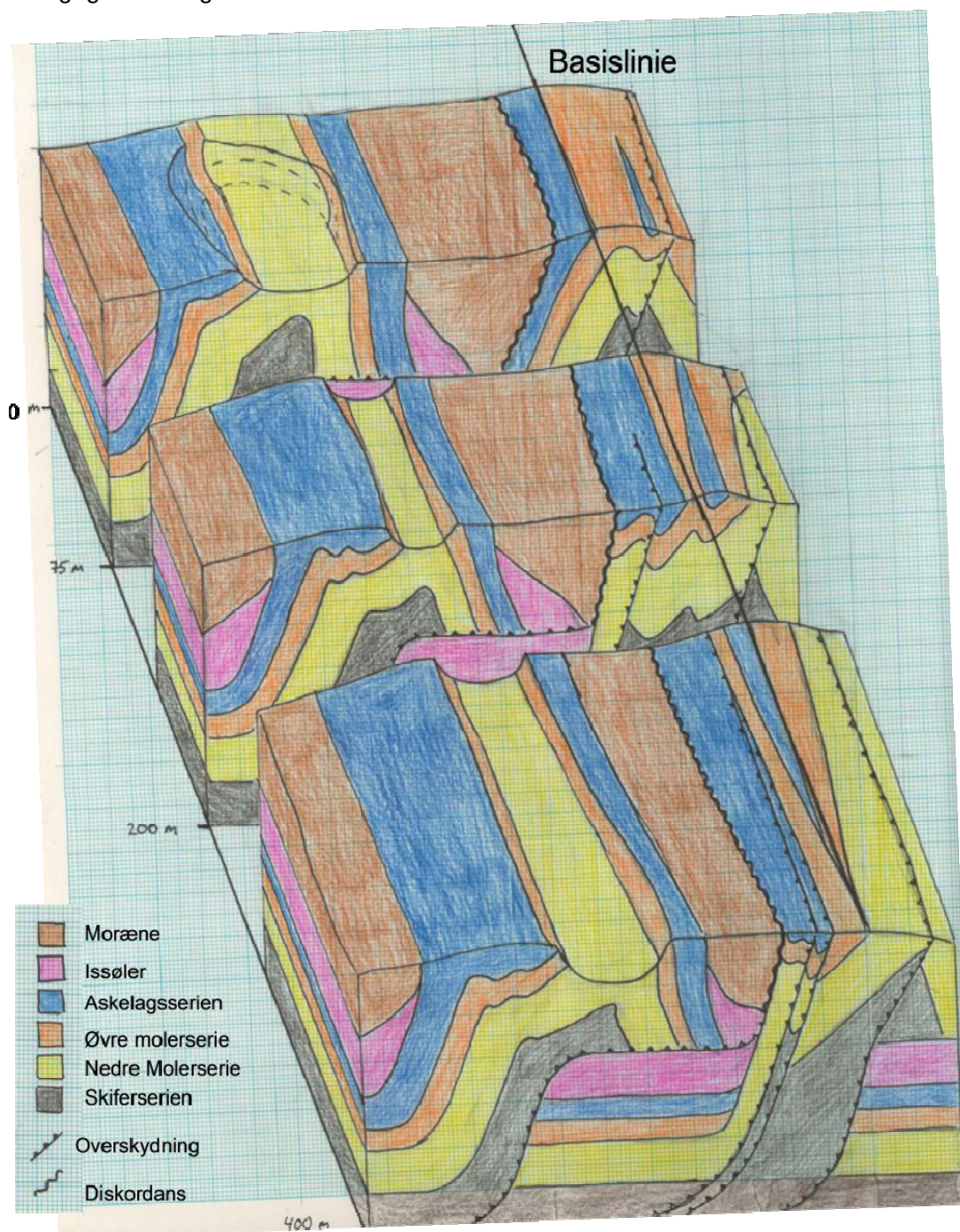
Efter feltundersøgelserne i 2008 er der foretaget en nyvurdering af strukturerne i Stærhøj området. Vurderingen er tillige baseret på den regionale optræden af de kvartærgeologiske lag og dybden til moleret i de omkringliggende boringer (Fig. 18). De nye modeller, som er vist på Fig. 19, er baseret på en konstruktion af deformationsstrukturerne, der respekterer, at lagene bliver nødt til at have en glidehorisont i dybet, uden hvilken den volumenmæssige forskubning ikke er mulig.



Figur 19. 3 N-S gående profiler gennem Stærhøj molerfelt, baseret på eksisterende geologisk vide, nye boringsdata og nye strukturelle modeller for opfoldning. Profilerne er benævnt NyA, som ligger længst mod øst ca. 75 m fra GI fix punktet på Stærhøj, NyB beliggende ca. 200 m fra GI fis punktet, og endelig NyC beliggende længst mod vest ca. 300 m fra GI fix punktet.

Præsentation af volumener

En sammenfattende 3D model af molerfeltet ved Stærhøj er konstrueret i Fig. 20. Modellen er opbygget isometrisk, så de indgående data er måltro i forhold til profilerne. Profilerne NyA, NyB og NyC (Fig. 19) danner grundlag for diagrammerne, som indgår i 3-D modellen (Fig. 20). NyA og NyB er placeret i henhold til deres faktiske lokalitet. NyC er placeret så det danner et profil, der svarer til forsiden i blokdiagrammet. Dette er gjort af illustrative, pædagogiske årsager.



Figur 20. Blokdiagram af de geologiske strukturer i Stærhøj molerfelt. Bemærk at den gamle molergrav skærer alle profilerne i den nordlige (venstre side) af 3-D modellen.

Areal- og volumenberegninger

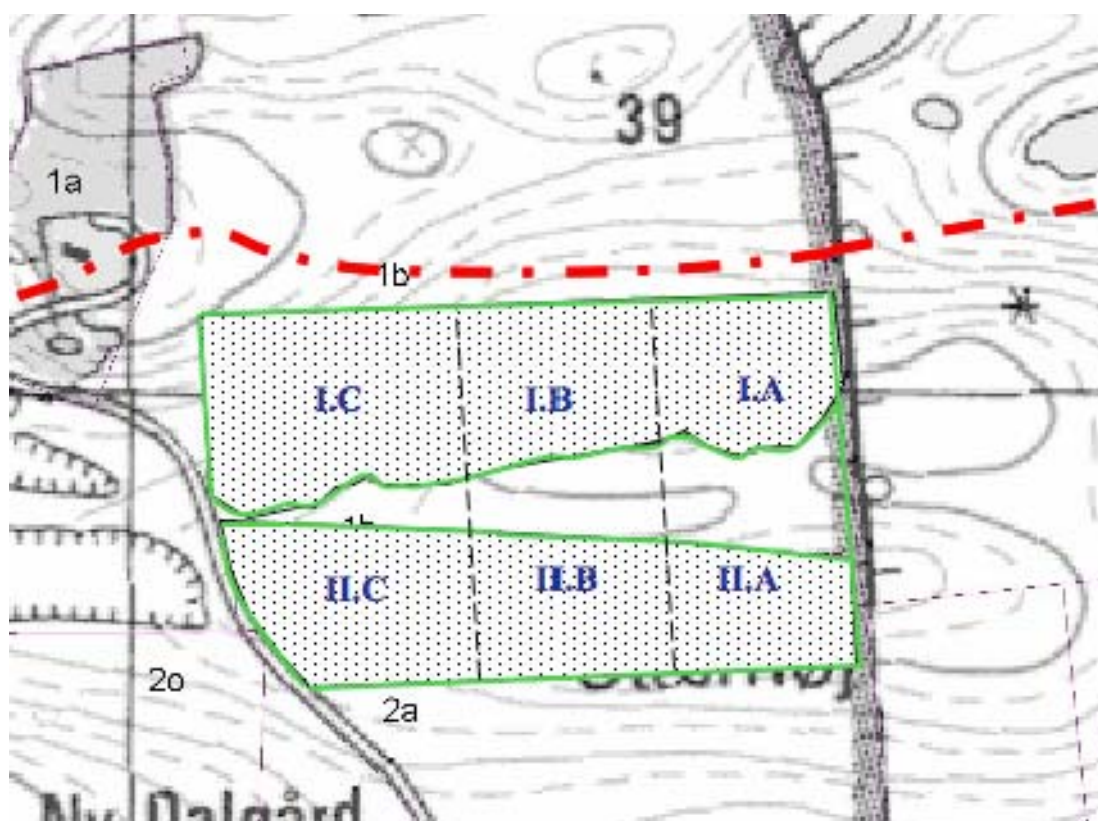
Mængden af moler egnet til indvinding afhænger af grænsebetingelser, styret af økonomiske betragtninger og lovpligtige hensyn.

Det er ikke rentabelt at indvinde moler, når forholdet mellem overjordstykkelse og den vertikale tykkelse af moler overstiger 1:1. Kystbeskyttelseslinjen repræsenterer den nordlige grænse for udgravningen. I øst begrænses indvindingsområdet af matrikelskellet. Den første sydlige grænse er lige syd for den gamle grav, hvor Askelagsserien står lodret. Mod vest afgrænses indvindingsområdet dels af vejen, men også af et deponi, som Damolin har valgt ikke at røre ved.

Udgravningen laves som udgangspunkt ikke dybere end 30 meter under terræn, idet der oftest vil optræde sort moler i disse dybder. Desuden findes Skiferserien 16 meter dybere end askelag -13, hvilket yderligere udgør en begrænsning for indvindingen.

Beregningerne af molermængderne er lavet således, at arealet af moler i de tre profiler NyA, NyB og NyC er opmålt. Arealet for hvert profil er efterfølgende multipliceret med længden af hver af enhederne I og II svarende til volumenerne mellem de givne profiler (Fig. 21 og Tabel 1).

Som det ses af tallene i Tabel 1, svarer de udregnede mængder af såvel moler som overjord nogenlunde til beregningen foretaget af Pedersen & Platen (2007a). Bemærk dog, at de tidligere angivne ca. 2 mill. m³ moler var baseret på hele området omkring de gamle grave ved Stærhøj. Men efter man har valgt ikke at røre ved ressourcerne vest for vejen, ca. 675 m³, er den tilbageværende råstofmængde i 2007 opgivet til 1.367.475 m³, hvilket i beregninger fra 2007 kræver en bortgravning af 328.544 m³ overjord.



Figur 21. Kort over indvindingsarealerne og indvindingsområdets begrænsninger af kystbeskyttelseslinier, matrikelskel og overjordsmængder.

FOREKOMSTER		MOLER		OVERJORD	
arealenhed	længde/m	areal/m ²	volumen/m ³	areal/m ²	volumen/m ³
IA	120	2180	261600	400	48000
IIA	120	1112	133440	267	32040
IB	125	2180	272500	400	50000
IIB	125	2200	275000	200	25000
IC	150	2400	360000	600	90000
IIC	130	2380	309400	200	26000
			1.339.440		271.040

Tabel 1. Udregningen af moler mængder, der ligger til rådighed for molerindvindingen. Beregningerne er lavet således, at arealet af moler i de tre profiler NyA, NyB og NyC er opmålt. Arealet for hvert profil er efterfølgende multipliceret med længden af hver af enhederne I og II svarende til det givne profil.

Graveplan og etapeinddeling

Moleret fra Stærhøj molerfelt skal bruges til opblanding med det mørke moler fra Ejerslev molerfelt. Det er derfor optimalt, hvis det er muligt at indvinde fra både Øvre og Nedre Molerserie.

Graveplanen er afhængig af lastbilernes begrænsede færdsel, idet de maksimalt kan køre ad veje med en stigning på 1 på 7, svarende til 8 grader.

Indvindingen inddeles i etaper.

Her præsenteres to løsningsforslag, som begge har til formål at undgå at spille moler ved at lægge til- og frakørsler på den del af forekomsten, der er skal indvindes.

Begge forslag tager udgangspunkt i en H-model.

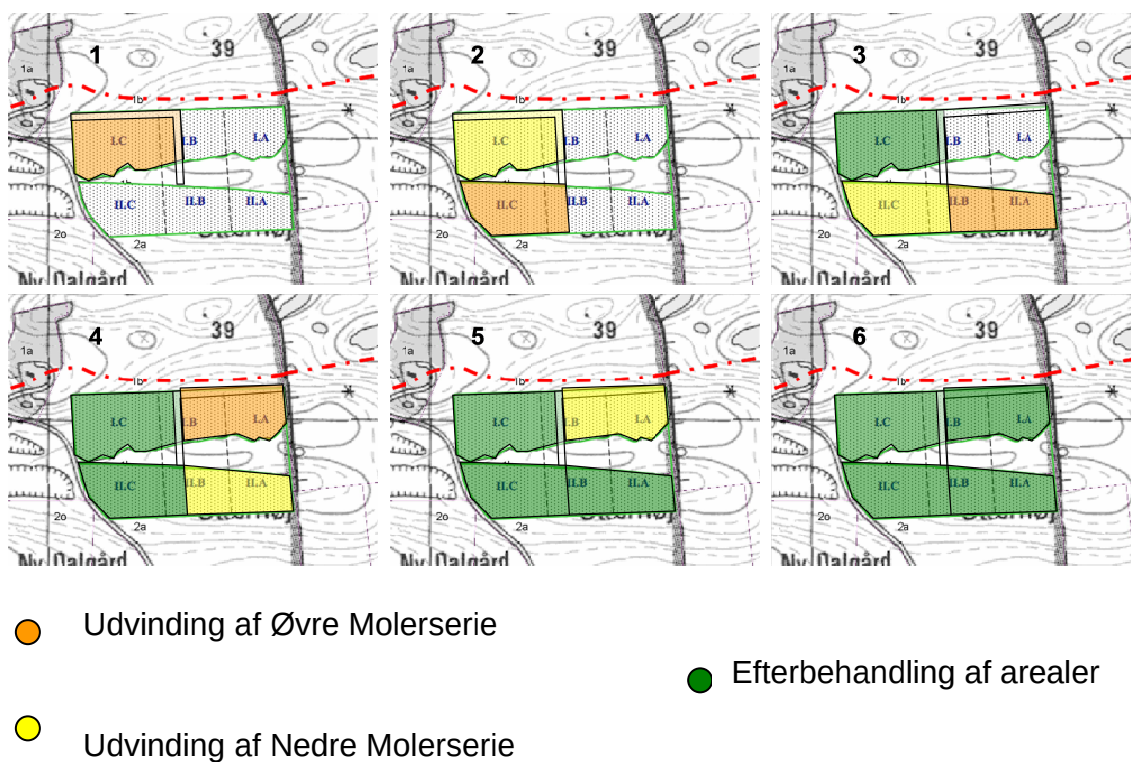
Der laves til- og frakørsel i en øst-vestgåenderetning nord for indvindingsområdet i den nordlige antiklinal. Midt i synklinalen laves en passage fra den nordlige antiklinal til den sydlige antiklinal (tværstregen i H). Denne model anvendes for at kunne indvinde mest muligt i den sydlige antiklinal uden at ødelægge bakkekammen ved at lave til- og frakørsel sydfor.

Tanken er at indvinde i niveauer. Det øvre niveau består i høj grad af moler fra den Øvre Molerserie. Det nedre niveau er hovedsageligt fra den Nedre Molerserie.

Ved at opdele i flere etaper og færdiggøre indvindingen i et felt ad gangen, kan efterbehandlingen begynde før indvinding fra molerfeltet er slut. Det har også den gevinst at mindre overjord skal deponeres.

ETAPE	INDVINDINGSAREAL	EFTERBEHANDLING
1	Nordvest øvre og øvre passage	
2	Nedre passage, Sydvest øvre og Nordvest nedre	
3	Sydøst øvre og Sydvest nedre	Nordvest
4	Nordøst øvre og Sydøst nedre	Sydvest
5	Nordøst nedre	Sydøst
6		Nordøst

Tabel 2. Forslag til primære molerindvindingens forløb i etaper. De aktive arealer fremgår af Fig. 22.



Figur 22. Opdeling af den primære graveplans arealer og etaper. Bemærk at en nødvendig etablering af en korridor mellem den nordlige og sydlige antiklinal er en forudsætning for planens virkeliggørelse (H-modellen). Desuden forventes det, at transporten ud af graven vil foregå ad en rampe langs den nordvestlige begrænsning af den nordre antiklinal.

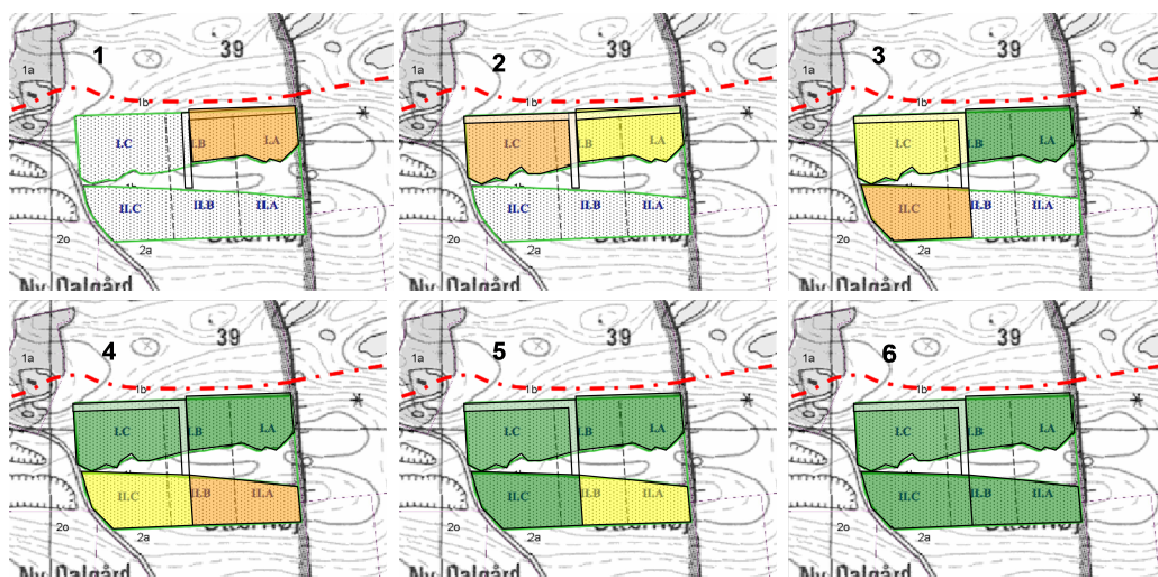
Graveplaner tager udgangspunkt i en H-model, hvorved det foreslås, at der etableres en korridor mellem de to antiklinaler (Fig. 22). Den anden graveplan er beskrevet i Tabel 3 og på Fig. 23. Denne plan udskyder indvinding i den sydlige antiklinal. Det kan være nyttigt, da Damolin endnu ikke ejer eller har indvindingstilladelse på mat. nr. 2a. Desuden har det også den fordel, at der til at starte med kun skal indvindes, hvor den tidligere grav lå.

De to antiklinaler vægtes lidt forskelligt, idet den ene har været scene for molerindvinding tidligere, hvorimod den sydlige antiklinal udgør en del af bakkekammen og er urørt. Det kan betyde, at gravetilladelsen i første omgang anbefaler indvinding i den nordlige antiklinal.

Der er en ulempe ved den anden graveplan sammenlignet med den første, da den første plan efterbehandler det nordøstlige felt sidst, hvilket falder sammen med, at til- og frakørselsvejen ikke længere skal bruges.

ETAPE	INDVINDINGSAREAL	EFTERBEHANDLING
1	Nordøst øvre og øvre passage	
2	Nordvest øvre og Nordøst nedre	
3	Nedre passage, Nordvest nedre og Sydvest øvre	Nordøst
4	Sydvest nedre og Sydøst øvre	Nordvest
5	Sydøst nedre	Sydvest
6		Sydøst

Tabel 3. Alternativt forslag til molerindvindingens forløb i etaper. De aktive arealer fremgår af Fig. 23. Det væsentligste i dette forslag er, at det udskyder indvinding i den sydlige antiklinal, hvilket måske kan have en strategisk betydning.



- Udvinning af Øvre Molerserie
- Efterbehandling af arealer
- Udvinning af Nedre Molerserie

Figur 23. Kort over den alternative opdeling af graveplanens arealer og etaper. Bemærk at udvindingen i denne plan kun berøre den nordlige antiklinal i den indledende fase af gravningen, mens den sydlige antiklinal først bliver udgravet i en moden fase af indvindingens forløbet.

Sammendrag og anbefalinger

I henhold til den seneste råstofplan fra Viborg Amts Regionplanlægning er Stærhøj molerfelt udlagt som graveområde i 2036-2050. På grund af vanskeligheder med udvindingen af Ejerslev molerfelt søger Damolin om en fremskyndet tilladelse til at indvinde i Stærhøj området, da det vil forbedre mulighederne for en optimeret udvinding af Ejerslev molerfelt. Stærhøj området er et attraktivt område at indvinde moler i, idet der her findes moler af god kvalitet foldet op i to antiklinaler i 50 m.o.h.

Moleret findes i en omtrent 60 meter tyk lagserie, formelt benævnt Fur Formationen. Denne er marint aflejret, og findes hovedsageligt under havets overflade, men kan på grund af isfremstød også findes over havniveau. Arkitekturen af forekomsterne i Stærhøj molerfelt er bestemt ved hjælp af boringsdata, graverender og kendskab til den stratigrafiske lagserie af Fur Formationen. Forekomsterne er illustreret i en geologisk 3-D model. Ud fra denne model findes 1.3 millioner m³ moler egnet til indvinding og af størrelsesordenen 300.000 m³ overjord. Med en årlig indvinding på 100.000 m³ moler kan Stærhøj udnyttes i 13 år.

Før der kan gives tilladelse til råstofindvinding, som overskrider en indvindingsperiode på 10 år, skal en VVM-procedure gennemføres. Direktivet om VVM blev vedtaget i EU i 1985 og er et værktøj, hvormed bygge- og anlægsprojekter kan optimeres med henblik på at skåne miljøet mest muligt. VVM-redegørelsen for råstofindvinding skal blandt andet indeholde en oversigt over projektets virkninger på miljøet; beskrivelse af foranstaltninger, der undgår, nedbringer eller neutraliserer disse virkninger; og beskrivelse af dimensionerne af projektet.

I denne rapport er der fremlagt et forslag til en graveplan, der tager hensyn til, at den naturlige bakkekam ikke brydes, og at spildet ved brydningen er på et minimalt niveau. Desuden lægger planen op til at efterbehandlingen påbegyndes, inden indvindingen i Stærhøj molerfelt er slut. Efterbehandlingsplanen, hvis muligheder er begrænset af den beskedne mængde overjord, fokuserer på at området skal være rekreativ og molerprofilerne på tværs af foldeaksen bevares som geologisk attraktion og besøgslokalitet.

Referencer

- Bøggild, O.B. 1918: Den vulkanske Aske i Moleret. *Danm. geol. Unders.*, Ser. 2, 33, 84 pp.
- Gry, H. 1940: De istektoniske Forhold i Moleret. *Meddr. dansk geol. Foren.* 9, 586-627.
- Klint, K.E.S. & Pedersen, S.A.S. 1995: The Hanklit glaciotectionic thrust fault complex, Mors, Denmark. *Danmarks Geologiske Undersøgelse Ser. A nr. 35*, 30 pp.
- Larsen L. M, Fitton J. G. og Pedersen A. K. 2003: Paleogene volcanic ash layers in the Danish Basin: composition and source areas in the North Atlantic Igneous Province. *Lithos* 71, 47–80.
- Miljøministeriet, Fredningsstyrelsen, Viborg Amtsråd, Morsø Kommune, Skamol A/S 1985: Molerindvinding på Mors, 91 pp.
- Pedersen, G.K. and Surlyk, F. 1983. The Fur Formation, a late Paleocene ash bearing diatomite from northern Denmark. *Bull. geol. Soc. Denmark* 32, 43-65.
- Pedersen, S.A.S. 1998: Molerfelt ved Harhøj, Ejerslev, Mors. Råstofgeologisk undersøgelse af molerforekomsten ved Harhøj, Ejerslev, nordlige Mors. GEUS Rapport 1998/111, 37 pp.
- Pedersen, S.A.S. 2000: Geologisk undersøgelse af molerforekomsten på Anshede, vestlige del af Fur. GEUS Rapport nr. 2000/23, 44 pp.
- Pedersen, S.A.S. & Petersen, K.S. 1985: Strukturgeologisk undersøgelse af Stærhøj, NW Mors. Intern rapport Danmarks Geologiske Undersøgelse, nr. 7 1985, 32 pp.
- Pedersen, S.A.S. & Platen, F.v. 2007a: Råstofressourcer i Sundby Bakker molerfelt, nordvestlige Mors. GEUS rapport 2007/8, 29 pp.
- Pedersen, S.A.S. & Platen, F.v. 2007b: Forekomsten af sort moler i området mellem Ejerslev og Barkær molergrave, nordlige Mors. GEUS rapport 2007/63, 23 pp.