

Vurdering af fjeldskredsrisiko på Stevns Klint

Geologisk og geomorfologisk analyse af overhæng,
klinteksponering og fjeldskredsdimensioner
baseret på en fotogrammetrisk opmåling
af Stevns Klint, Østsjælland

Stig A. Schack Pedersen & Max Nykjær Strunck



Vurdering af fjeldskredsrisiko på Stevns Klint

Geologisk og geomorfologisk analyse af overhæng,
klinteksponering og fjeldskredsdimensioner
baseret på en fotogrammetrisk opmåling
af Stevns Klint, Østsjælland

Stig A. Schack Pedersen & Max Nykjær Strunck

INDHOLDSFORTEGNELSE.....	2
INDLEDNING	3
KARAKTERISERING AF FJELDSKRED PÅ STEVNS KLINT	6
BESKRIVELSE AF SEGMENTERNE LANGS STEVNS KLINT	8
1) KORSNÆB	12
2) BOESDAL.....	14
3) STEVNSFORT S.....	15
4) STEVNSFORT N	15
5) LILLE HEDDINGE VIG.....	17
6) HARVIG S.....	18
7) HARVIG C.....	19
8) HARVIG N.....	20
9) KNØSEN	21
10) KIRKEVIG.....	21
11) VINDEHUSE	23
12) STEVNS FYR.....	24
13) TOMMESTRUP.....	27
14) TELEMASTEN	27
15) BARMHJERTIGHEDEN	28
16) STOREDAL.....	29
17) SIGERSLEV.....	29
18) FLAGBANKEN	29
19) MANDEHOVED	30
20) KØGEBUGT.....	30
21) HOLTUG KALKGRAV.....	31
22) HOLTUG - BØGESKOV HAVN	32
SAMMENDRAG.....	36
REFERENCER.....	37
APPENDIX	38

Indledning

Fjeldskred langs Stevns Klint har været kendt siden det berømte skred, der i 1928 medførte, at koret i Gl. Højerup Kirke faldt ned. Ligesom ved de øvrige danske klinte forekommer skred jævnligt, men specielt for Stevns Klints vedkommende giver den specielle geologi nogle særlige forhold, hvor vandrette overhæng bliver båret af den massive bryozokalk med en intern bankestruktur karakteriseret af flint-horisonter, som hænger ud over de blødere kridtlag, som lettere lader sig erodere af bølgernes saltvand. Tilstedeværelsen af Fiskeleret og Kridt/Tertiær grænsen (Surlyk, Damholt & Bjerager 2006) er selvfølgelig også medvirkende årsag til overhængenes plane undergrænse. Overhængene ser dramatiske ud og vil hyppigt få folk til at tænke sig om mere end en gang, før de tager beslutning om at passere en kalkklippe med potentiel fare for at blive udløst i et fjeldskred.

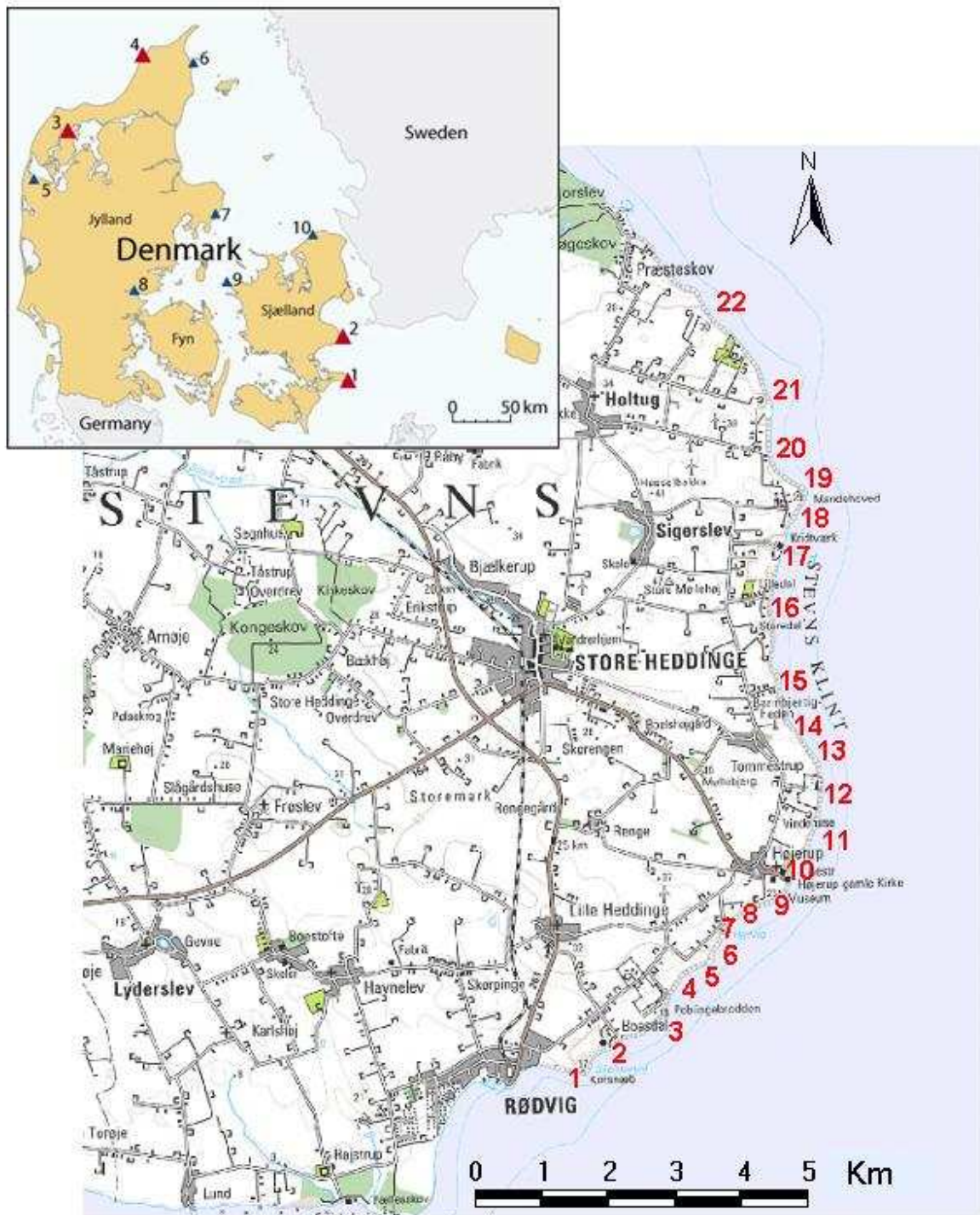
Det er derfor blevet besluttet at foretage en analyse af fjeldskredsrisiko på Stevns Klint. Evalueringen af faren for fjeldskred er især stimuleret af Østsjællands Museum, som har ansvaret for at sammenfattet ansøgningen om at Stevns Klint bliver kandidat til at komme på UNESCOs Verdensarvsliste. GEUS er derfor blevet anmodet om udfærdige en vurdering af fjeldskredsrisiko på Stevns Klint. Vurdering er sammenfattet i denne rapport, som er baseret på en geologisk og geomorfologisk analyse af overhæng, klinteksponering og fjeldskredsdimensioner langs Stevns Klint. Analysen er baseret på en fotogrammetrisk opmåling udført efter en optagelse af terrestrisk-fotogrammetriske fotografering af klinten den 29. april 2011 (Fig. 1). Efterfølgende er klinten blevet gennemmålt ved hjælp af den fotogrammetriske arbejdsstation SOCESET i det fotogrammetriske laboratorium på GEUS. Udtegningen fra fotogrammetrien er overført til et ArcGis projekt, som i fremtiden vil kunne rekvireres og anvendes til sammenlignende fjeldskredstudier. På samme måde har der været anvendt terrestrisk fotogrammetriske optagelser af Stevns Klint optaget 1992 (Surlyk et al. 2006) til sammenlignende studier af fjeldskredsaktiviteten inden for de sidste 20 år.

Analysen er sammenfattet i en beskrivelse af 22 segmenter, som er en opdeling af klinten fra syd til nord (Fig. 2). Dokumentationen af den fotogrammetriske udtegning er vedlagt i appendikset sidst i rapporten. Indledningsvis er der givet en oversigt over fjeldskredsmekanismer langs Stevns Klint. Der er i den forbindelse opstillet en speciel klassifikation af skredtyperne langs Stevns klint, som er en udbygning af en tidligere klassifikation opstillet for hele Danmark (Pedersen et al. 1989). Efter en international klassifikation vil skreddene på Stevns Klint blive betegnet som rockfalls. Denne term er her oversat til blokfald, hvorimod større klippekollaps er betegnet som klippeskred eller klippefald. Betegnelsen fjeldskred betegner generelt større skred af fast fjeld til forskel for jordskred, der betegner skred af løse sedimente som ler og sand.

En af de væsentligste overordnede faktorer er erosionsraten. Den generelle kysterosion er beregnet ud fra kortlægningen af kystlinjen i 1891 og den seneste angivne kystlinje fra Kort- & Matrikelstyrelsen i 2010 til ca. 15 cm/år. Den højeste rate ligger på omkring 35 cm og forekommer på strækningen mellem Storedal og Lilledal. Men flere steder udviser kysten også akkumulation, dels på grund af skred, som stadig ligger tilbage som "bølgbrydere" på stranden, og dels på grund af aflejring af strandvolde. Det sidste er især udtalt omkring Korsnæb, hvor akkumulationsraten er 12 cm/år, mens kystudbygning ved skred ses neden for Højerup Gl. Kirke, der stadig har bevaret 12 m fremrykket kyst. Desuden har skreddet nord for Kirkevig også medført en kystfremrykning svarende til 7-9 cm/år, ligesom et par skred syd for Storedal har medført en lokal tilvækst af samme størrelsesorden. I forhold til den højeste erosionsrate langs danske kystklinter på 1,25 m pr. år ved Lønstrup Klint (Pedersen 1986), er erosionen af Stevns Klint behersket.



Figur 1. Fotogrammetrisk optagelse af Stevns Klint. Fotograferingen blev udført med GPS understøttet digitalt kamera fra sportsfly med marchhastighed på omkring 150 km/time den 29. april 2011 mellem kl. 10 og 11 om formiddagen.

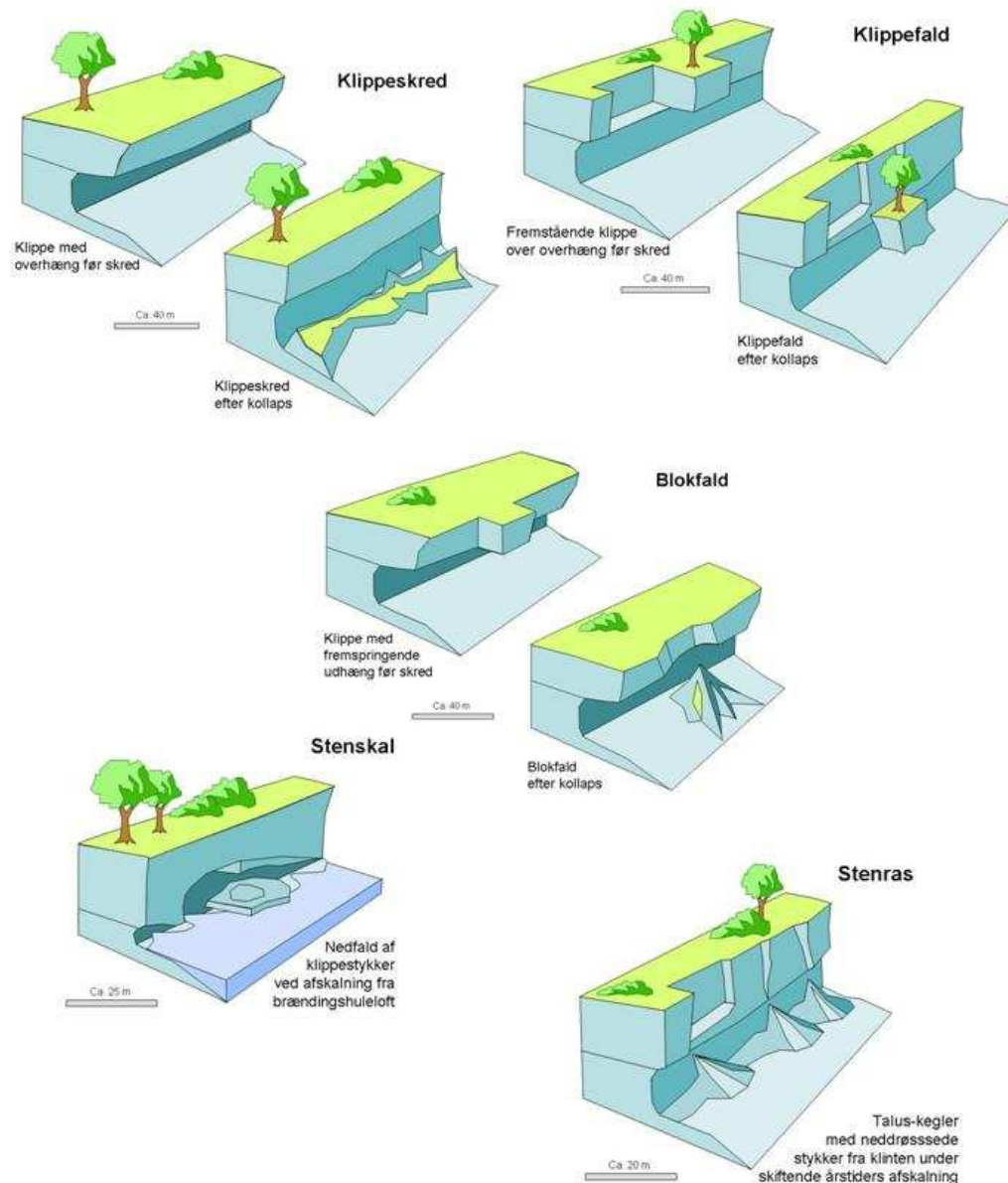


Figur 2. Kort over Stevns Klint med de beskrevne segmenters numre angivet med røde tal. Ovesigtskortet i øverste venstre hjørne viser beliggenheden af de største jord- og fjeldskred i Danmark (Nadim et al. 2008), hvor røde trekkanter markerer og de største skred, som for Møns Klint, nr. 1, og Stevns Klint. Nr. 2, er karakteriseret som fjeldskred, hvorimod de øvrige numre refererer til steder med jordskred, lerede landslides. Den største erosionsrate findes ved nr. 4, som markerer beliggenheden af Lønstrup Klint, hvor kysten rykker tilbage med 1,25 m/år.

Karakterisering af fjeldskred på Stevns Klint

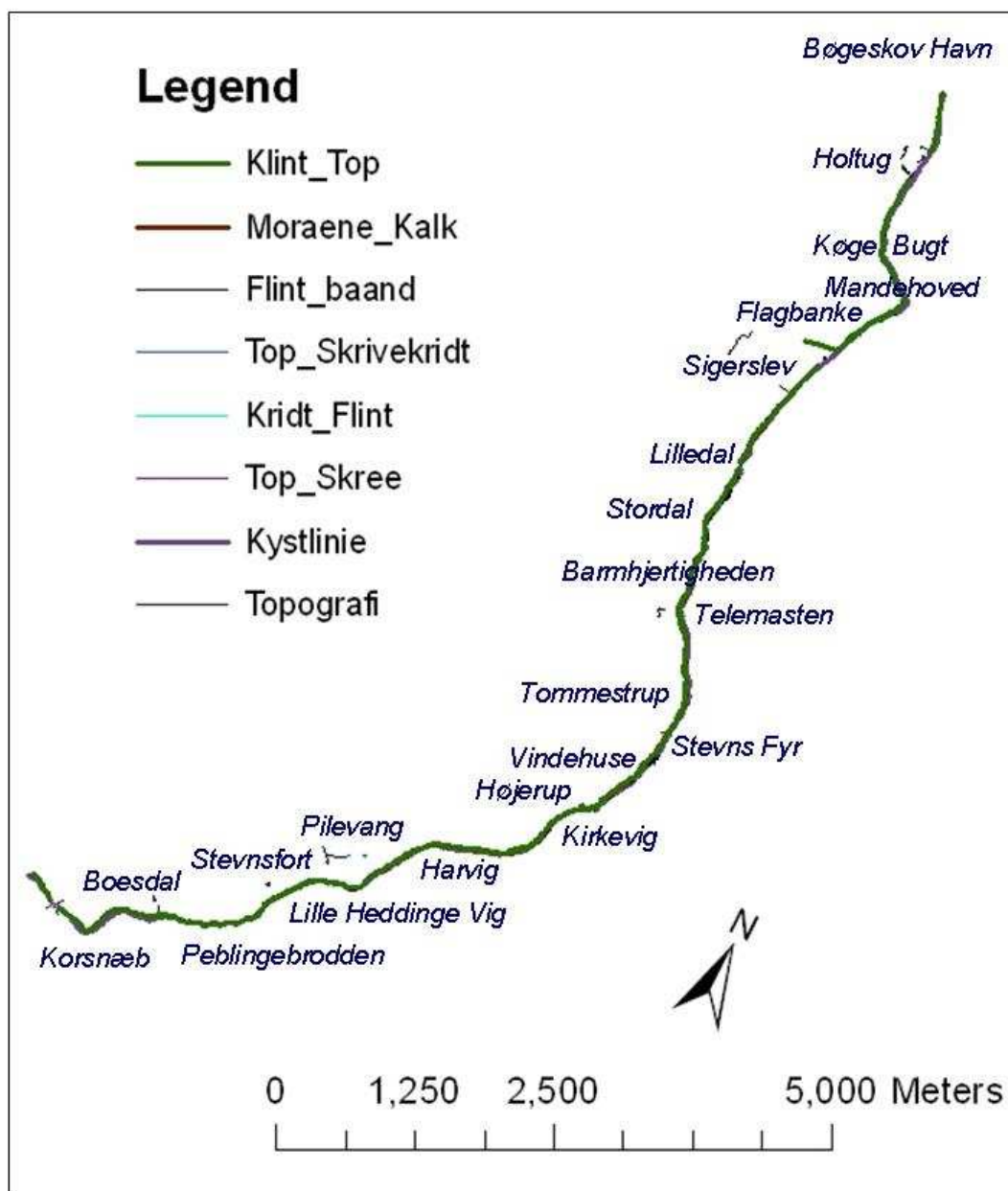
Fjeldskreddene på Stevns Klint hører ikke til de største skred i verden. Alene af den grund, at højden af klinten ikke er mere end ca. 40 m på det højeste centrale sted på klinten, hvorfra højden aftager jævnt til omkring 15 og 20 m mod henholdsvis syd og nord. Så egentlige fjeld-avalancher, som dem der træffes ved Møns Klint, hvor St. Taler skred ned i januar 2007 og spredtes 300 m ud i havet (Pedersen & Gravesen 2009), forekommer ikke ved Stevns Klint. Desuden er fjeldskreddene på Stevns Klint karakteriseret ved at være entydigt koncentreret til erosion af den blødere skrivekridt under den hårde bryozokalk med talrige stærke flintlag, der giver den øverste enhed sin særprægede robuste struktur (Surlyk, Damholt & Bjerager 2006).

De største skred kan benævnes klippeskred. Der er her tale om et helt parti af klinten, som er skredet ned langs med et ofte stejlt hældende glideplan. Denne skredtype er af størrelsesordenen 1000 m^3 . En anden stor skredtype er klippefald, hvor en enkelt fremstående klippe med et stort udhæng er drattet direkte ned på stranden. Klippefaldene er af størrelsesordenen 100 m^3 og op til 1000 m^3 . Klippefaldene har som hovedregel bevaret hele stratigrafien intern i blokken og står bare på strandplanet neden for det sted på klinten, hvor de oprindeligt hørte til. Ved dimensioner lidt mindre end klippefald finder man blokfald, der typisk har dimensioner på 100 m^3 og ned til blokke på 1 m^3 . I områder med meget moræner vil man finde en blandingstype af skred og blok fald, og den uorganiserede skredtype benævnes blokskred, altså større blokke skredet ned sammen med et mere finkornet materiale, der udfylder mellemrummene mellem blokke og sten. I skalaen under 1 m^3 finder man stenskal. På Stevns Klint er det specielt fra overhængenes og brændingshulernes loft, at stenskal forekommer. Endelig findes der stenras, som er de stumper og stykker, der i løbet af årets frostperiode løsgøres ved frost og optøning i mini-sprækker og falder ned, eller som på tørre sommerdage falder ned på grund af sammentrækning under udtørring. Det var et blokfald forårsaget af sommerens udtørring, der i 1994 dræbte en fransk turist neden for Maglevandsnakken på Møns Klint (Pedersen 1994). Stenras vil normalt blive aflejret som talus i keglelignende former langs med klinten.



Figur 3. Skematisk præsentation af skredtyper som optræder langs Stevns klint. Den største type betegnes klippeskred, som involverer volumener i størrelsesordenen 5000 m³, påvirker et langstrakt stykke af klippekysten. Klippefald, som består af klippeblokke i størrelsesordenen 500 m³, er imponerende ved at fremstår som et samlet stykke af klinten, der med bevaret lagdeling er forsat ned på stranden. Blokfall betegner den almindelige type af klippe-kollaps, hvor stumper og stykker falder direkte ned på stranden, hvor der aflejres en skred-kegle. Stenskal betegner fald af pladeformede blokke med størrelse på 1–10 m³, der ved exfoliation løsriver fra loftet i en brændingshule. Endelig betegner stenras den almindelige pågående erosion af småstykker fra klippen, som danner talus ved foden af klinten.

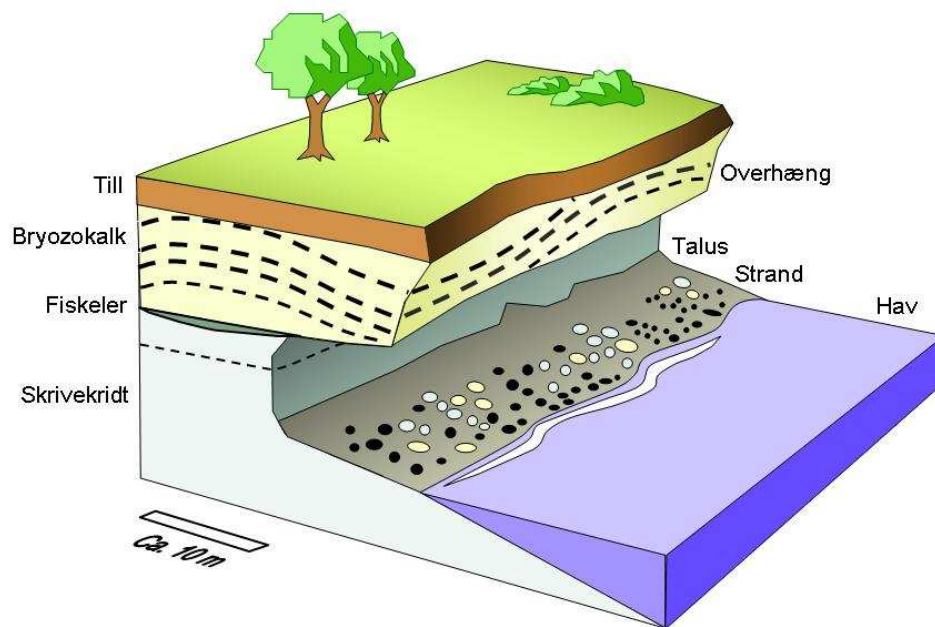
Beskrivelse af segmenterne langs Stevns Klint



Figur 4. Oversigtskort over den samlede strækning på ca. 14 km, som er blevet fotogrammetrisk opmålt. På kortet er stednavnene langs Stevns Klinten angivet, som i beskrivelsen er refereret til. Detaljerne i de udtegnede konturlinier vil fremgå af figurerne under beskrivelsen af de enkelte segmenter samt bilagene i Appendix.

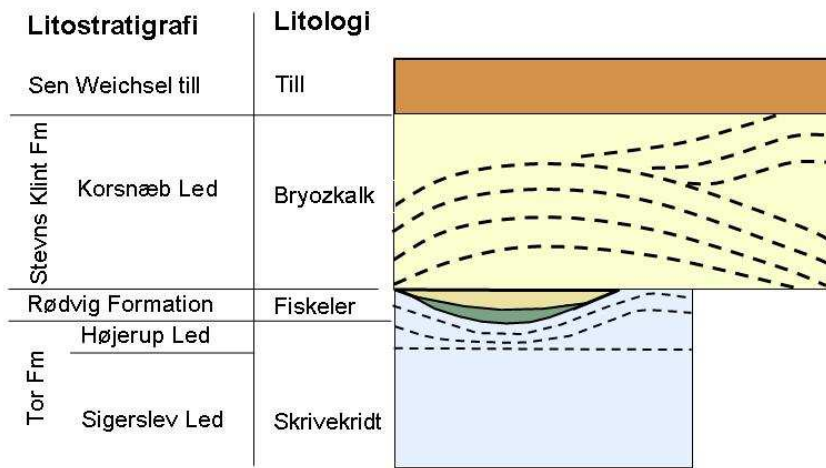
De 22 klintafsnit, som her beskrives består af følgende lokaliteter (Figs 2 & 4): Længst mod syd består område 1 af Korsnæb med strækningen ind til Rødvig mod vest og strækningen op mod Boesdal kalkværk mod nord. Område 2 består af strækningen ca. 500 m NØ for

Boesdal. Område 3 betegnes Stevnstort S, som går op til Peblingebrodden. Område 4 betegnes Stevnstort N som går op til Lille Heddinge Vig. Område 5 udgøres af den indre del af Lille Heddinge Vig, og område 6 udgøres af den nordforliggende sydlige del af Harvig. Område 7 består af den indre del af Harvig, og område 8 udgøres af den nordlige næsten Ø-V strygende del af Harvig. Herefter betegnes område 9 efter pynten Knøsen, og område 10 indbefatter hele strækningen omkring Gl. Højerup Kirke i den indre del af Kirkevig. Område 11 nord for pynten yderst i Kirkevig betegnes Vindehuse, og område 12 er strækningen neden for Stevns Fyr. Område 13 betegnes Tømmestrup, som ligger syd for område 14 ud for Telemasten. Område 15 indeholder den store gamle kalk grav ud mod kysten ved Barmhertigheden, og område 16 betegnes Storedal, som indbefatter bassinet med kvartære aflejringer mellem Storedal og Lilledal. Område 17 går fra Lilledal op til Sigerslev kridtbrud, og område 18 er Flagbanken, som går fra den nordlige kant af Sigerslev kridtbrud til lidt syd for Mandehoved. Område 19, Mandehoved, indbefatter Mandehoved og halvdelen af den nordforliggende vestgående strækningen. Område 20 benævnes Køgebugt, og område 21 er strækningen nordpå til Holtug nedlagte kalkgrav. Område 22 er nord for Holtug, og dette afsnit indbefatter tillige beskrivelsen frem til Bøgeskov Havn.



Figur 5. Blokdiagram som illustrerer de geologiske og geomorfologiske elementer, der er blevet anvendt ved den fotogrammetriske udtegnings af Stevns Klint. Udtegningen har især fokuseret på at bestemme størrelsen af udhænget skabt ved den kraftige erosion af det relativt bløde skrivekridt under overhænget bestående af den hårde bryozokalk.

Ved udtegningen af Stevns Klint er følgende elementer differentieret (Fig. 5): 1) Klint_top, som er defineret ved inflektionspunkterne mellem den relativt horisontale markoverflade og klintens hældende skråning. Linjens fastlæggelse kan variere en del, men er generelt sammenfaldende med træ- og buskvegetationen oven for klinten. 2) Moræne_Kalk grænsen, som er en litologisk grænse mellem moræneler og bryozokalk. I det kvartære bassin ved Lilledal er der ikke skelnet mellem moræneler og glaciolakustrint ler, selvom dette her hviler på kalken. Morænen kiler stedvis ud og kan i øvrigt variere i tykkelse fra 1, 5 til 5 m. Den er to-delt og indeholder stedvis to horisonter af kalk-glacitektonit, men den nærmere beskrivelse af dette er udeladt. 3) Flint_baand er en udtegning af prominente flintbånd og hardgrounde i bryozokalken. Sporing af disse lag giver en gennemsnitlig beliggenhed af bryozokalkens klintflade. Hvor sporingen giver et bredt stregfelt er den generelt ensbetydende med en negativ hældning, altså en hældning ind mod klintens fod, således at den streg, som ligger længst ud mod havet angiver det yderste på for overhænget. Det maksimale udhæng er angivet som afstanden fra de yderste linjer (havværts) og ind til klintens inderste erosionsgrænse (se linje 4 herefter). 4) Top_Skrivekridt angiver generelt beliggenheden af Rødvig Formationen (Surlyk et al. 2006) (Fig. 6), altså den skrøbelige overgang mellem skrivekridt og bryozokalk. I visse situationer har den ikke været let at udtegne, og andre linjer måtte benyttes ved udmålingen af overhængets størrelse. 5) Kridt_Flint blev først defineret ved flintbåndet mellem Sigerslev Led og Højerup Led (Surlyk et al. 2006) i toppen af skrivekridtet. Men for forenklingens skyld blev linjen anvendt til udtegning af den inderste definerbar kridt/kalk under overhænget. 6) Top_Skree markerer toppen af stenraset, altså taluskeglernes toppunkt. Denne linje ligger neden for en eksponeret kridtklint helt inde under overhænget og kan være med til at definere overhængets inderste begrænsning. 7) Topografi er linjetypen som er brugt til at udtegne forskelligartede elementer såsom udstrækningen af nedskredne fjeldskredsmasser, linjeføring mellem forstrand og taluskrænt, begrænsningen af skær i gamle kalkgrave, enkelte faldne klipper eller blokke, brændingshuler, bygninger og anlæg. Disse sidstnævnte er dog kun sporadisk optegnet, da den terrestriske fotogrammetriske opsætning til denne opgave ikke er velegnet til stereoskopisk sporing af disse elementer. 8) Kystlinie angiver i denne analyse strandens brændingszone, altså mødet mellem strandbred og havvand. Linjen er optegnet for at give et mål for forstrandenes bredde. Desuden giver den en klar angivelse af, hvor kalkklinten går direkte ned i vandet, og i enkelte tilfælde har den været brugt til at angive brændingshulernes inderste forløb.



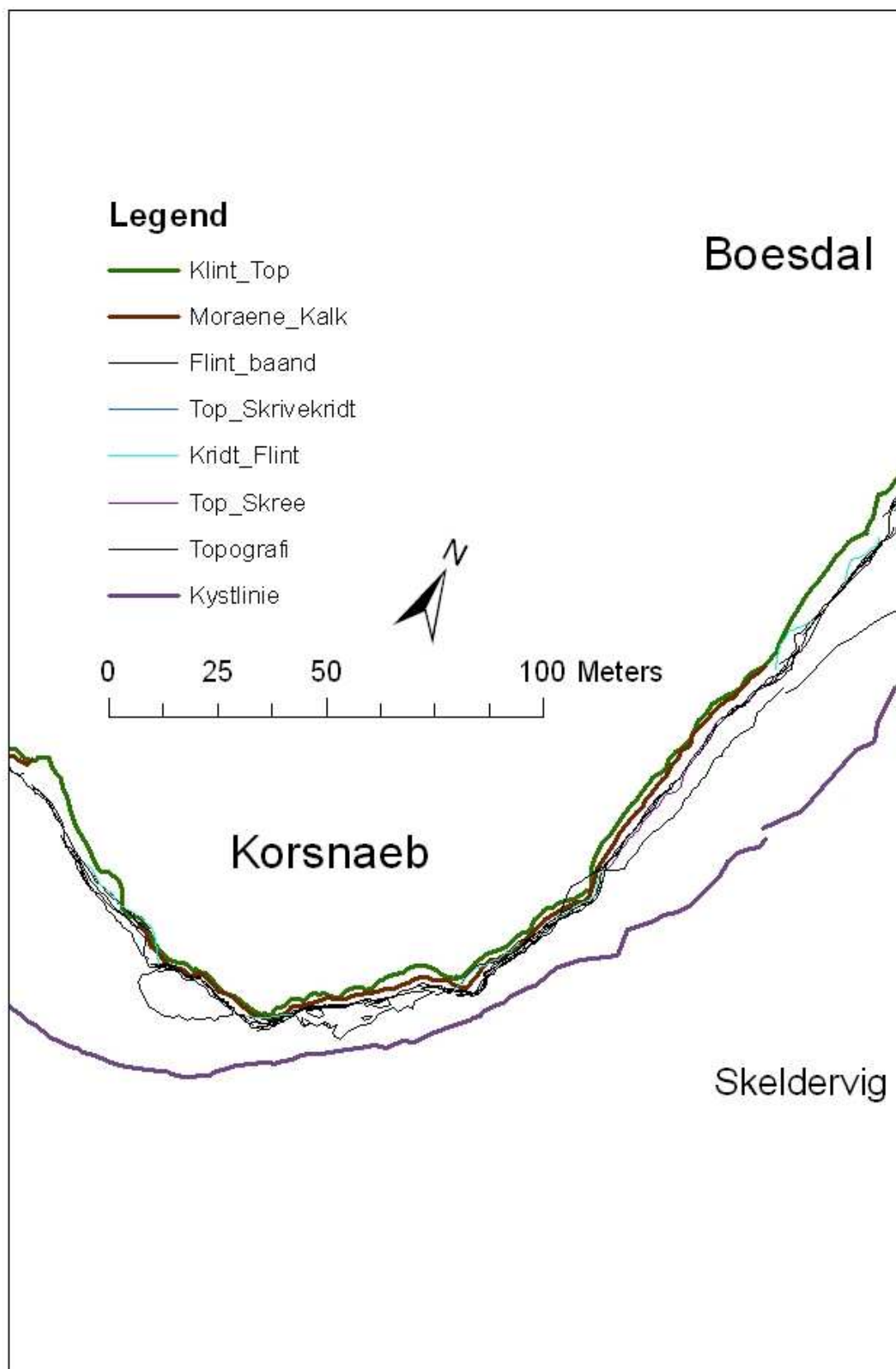
Figur 6. Litostratigrafisk inddeling af de geologiske enheder som er repræsenteret i Stevns Klint. Den nederste del af stratigrafien består af Maastrichien skrivekridt (tilhører øverste del af Kridt), som ved Stevns Klint er opdelt i to led af Tor Formationen: Sigerslev Led og Højerup Led (Surlyk et al. 2006). Grænsen mellem de to led er lokaliseret 0,5 m over det markante sorte nodulære flintlag i toppen af Sigerslev Led. Højerup Ledet består af små bryozobanker, og i lavningerne mellem bankerne findes Rødvig Formationen (Surlyk et al. 2006). I diagrammet er enhedens litologi benævnt Fiskeler, som refererer til Fiskeler Led, der er den berømte enhed, der indeholder Kridt/Tertiær grænsen. Fiskeleret ændrer sig gradvis opad til en mergel, som i lavningerne overlejres af Cerithium Kalkstens Led. Såvel Rødvig Formationen som toppen af de små banker i Højerup Ledet skæres diskordant af en hardground ved basis af Stevns Klint Formationen (Surlyk et al. 2006). Stevns Klint Formationen svarer til Danien Bryozokalk, som på Stevns Klint kun er repræsenteret ved det op til 20 m tykke Korsnæb Led. Denne enhed er karakteriseret ved de talrige flintbånd, som tydeligt aftegner bryozobankerne, der danner det kurvede mønster i den hårde, modstandsdygtige kalksten i den øverste del af klintprofilet (Fig. 5). Korsnæb Ledet bliver skåret af en diskordans, over hvilken de Weichsel istidens aflejringer blev afsat. En del af diskordansen blev skabt under isens fremrykning og afhøvlingen af kalkoverfladen ved sålen af isen. Herved dannedes en kalk-glacitektonit, som flere steder ligger ved basis af den overlejrende till (moræneler). Till-enheden er generelt 3 m tyk men varierer en del i mægtighed. Den er især noget tykkere på steder, hvor to till-enheder kan adskilles, nemlig Midt Danske Till Formation hidrørende fra det Svenske Isfremstød og Østjylland Till Formation hidrørende fra det Baltiske Isfremstød under det Senglaciale Maximum i sidste del af sidste Istid (Houmark-Nielsen 2007).

1) Korsnæb

Klinten på strækningen fra Rødvig ud til Korsnæb er ikke særlig høj, højst 16 m o.h. med 2 m moræneler på toppen af bryozokalk, hvilket placerer den i en lav risikogrupper. På det inderste stykke ca. 300 m øst for Rødvig findes ca. 200 m eksponeret kalk med et overhæng op til 2,3 m. Kalken er ret opsprækket hvilket giver en typisk høj stenras nedfald. I forhold til dramatiske skred må stedet anses for at have en lille risiko, selvom stensras og stenskal må forventes. De yderste 250 m mod Korsnæb er karakteriseret af tre kombinerede fjeld- og jordskred, da de involverer en del morænemateriale. Det største af disse er på små 2000 m³, og det tolkes som værende sket inden for de sidste 20 år. Selvom overhængene på begge sider af det aktive skred er 2-3 m i 6 meters højde, anses stedet ikke for at være i en særlig høj risikogrupper, da klinten er beskyttet af en 30 m bred forstrand domineret af flinterullesten (Fig. 7 & 8). På selve Korsnæb findes et overhæng på 4-4,5 m og på østsiden findes nogle gamle brændingshuler med overhæng på 3-4 m. Begge steder er klinten karakteriseret af stenskal fra overhængets loft. Men på grund af den brede forstrand, som hen mod Boesdal kalkgrav udvikler sig til en 14 m bred strandzone med ral foran en 20 m bred græsbevokset strandeng anses klinten ikke for at være eksponeret. Ud for selve Boesdal kalkgrav ligger en gammel vold af fyld ophobet under rømning af kalkgraven. Fyldet består mest af løst pakket moræneler, og skrænt ud mod kysten er ca. 20 m høj. Denne er karakteriseret af jordskred (lerskred/landslides). Selvom de kan hæmme passage langs stranden anses de ikke for at være en risiko for færdsel på stranden. Fra Korsnæb og nordpå indeholder kalkklinten overvejende bryozokalk henhørende til Korsnæb Led (Surlyk et al. 2006).



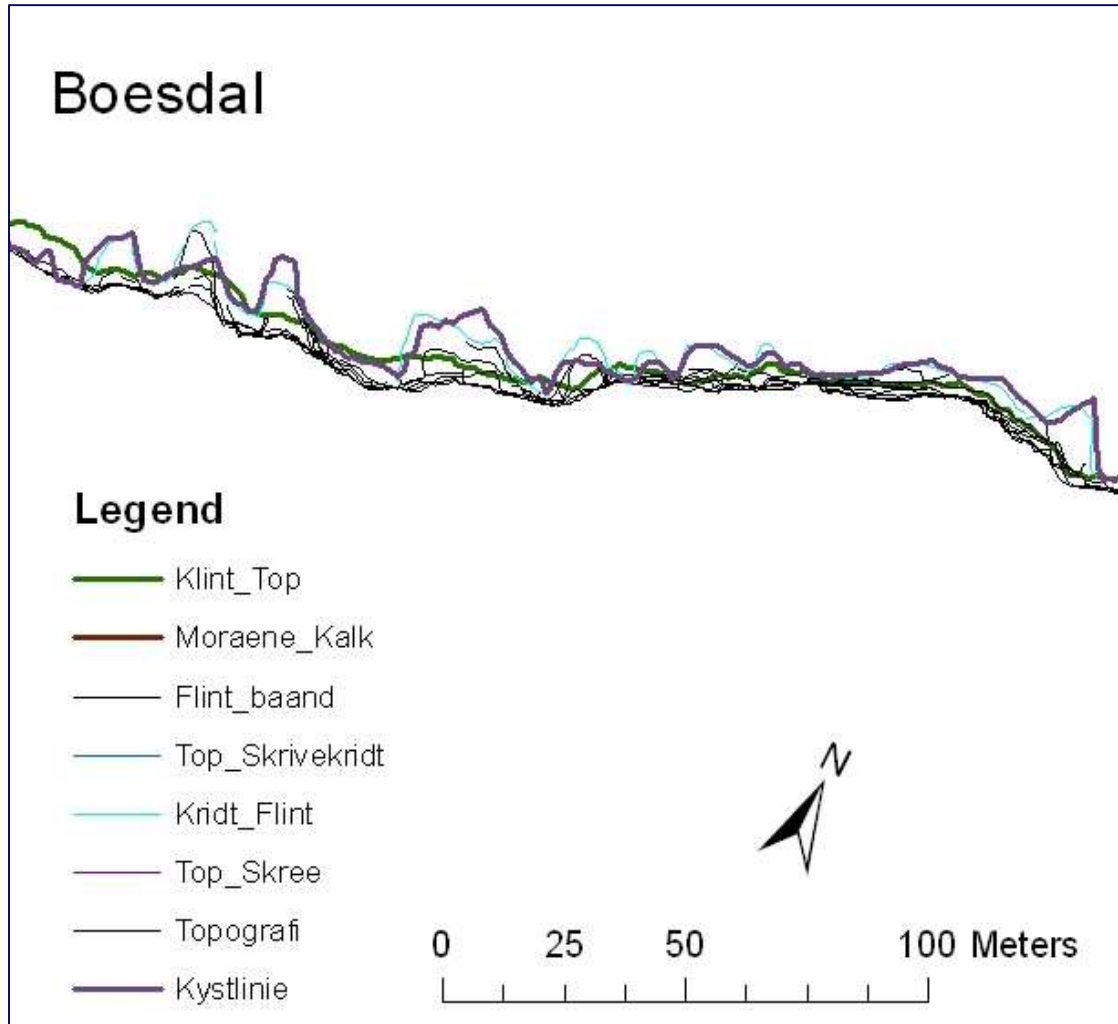
Figur 7. Kystpynten Korsnæb har den største udbygning p.g.a. aflejringen af strandvolde. Langs med klinten findes enkelte tidligere dannede brændingshuler, som giver et vist overhæng (sammenlign med Fig. 8).



Figur 8. Den fotogrammetriske udtegnning af Korsnæb pynten. Størrelsen af overhængene ses ved sammenligning af den turkisblå streg og de tætliggende sorte streger, som henholdsvis er konturer for kridtet inderst under overhænget og sporerne af flintbånd i bryozokalken.

2) Boesdal

Kyststrækningen fra Boesdal mod Peblingebrodden nordøst består af en kalkklint, som går direkte ned til havet, og som er karakteriseret ved et stort antal brændingshuler. Generelt er overhænget hen langs denne kalkklint 4-5 m, men i enkelte brændingshuler kan det være op til 10-12 m (Fig 9 & 10). Tykkelsen af kalken over overhænget varierer fra 15 m og ned til 6-7 m. Da man normalt ikke kan færdes tørskoet langs denne klintstrækning må risiko ved klippefald betragtes som lille. Derimod kan kollaps af jordfaldshuller i en afstand af 10-15 m fra klintens yderkant forekomme.



Figur 9. Den fotogrammetriske udtegnings af brændingshule kysten øst for Boesdal. Det er forsøgt at angive dybden af hulerne ved at spore kystlinien (linien mellem hav og land) ind under kalkklippen, hvilket dog har vist sig mindre nøjagtigt i forhold til sporingen af flintbånd i kridtet. Ved brændingshulen centralt i kortet er konturerne af enkelte blokke fra stenskal udtegnet (sammenlign med Fig. 10).



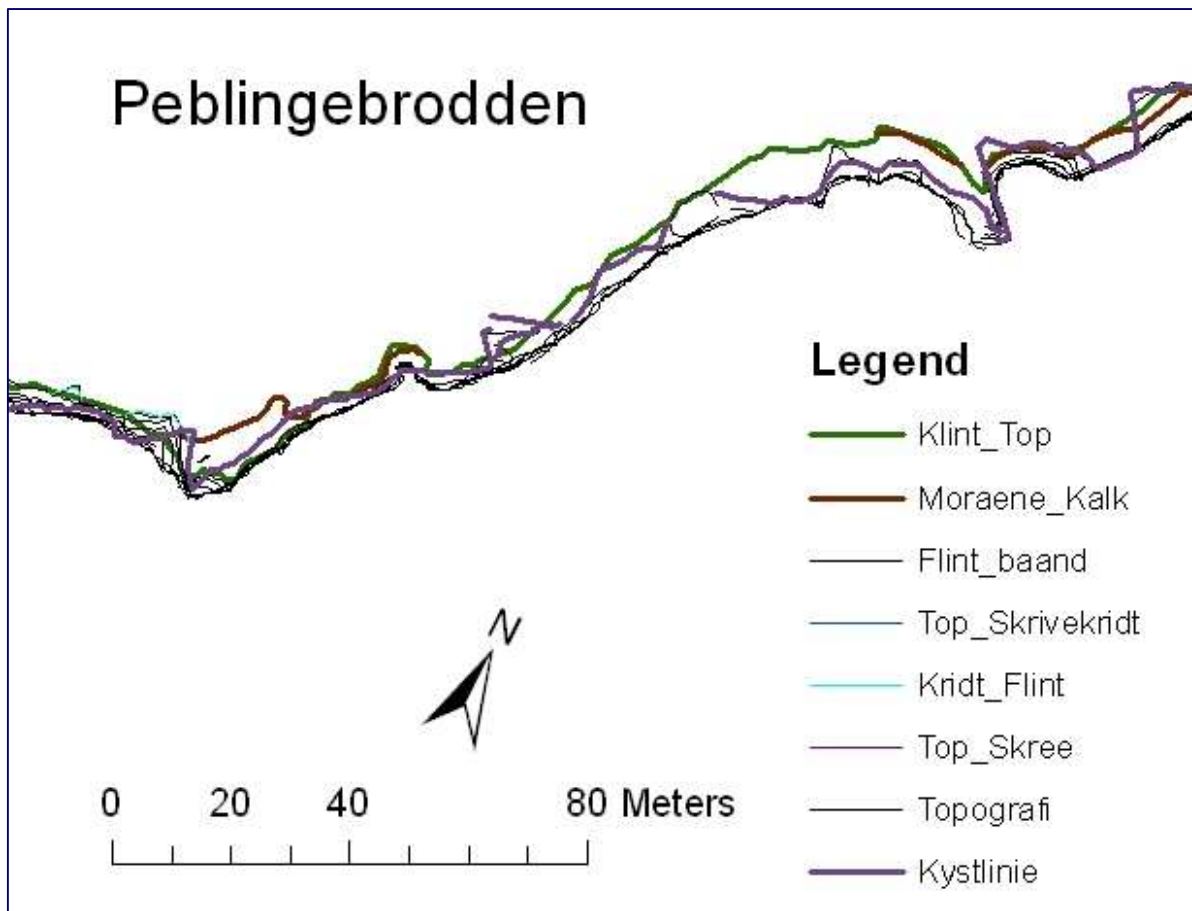
Figur 10. Kysten øst for Boesdal som er domineret af brændingshuler. Bemærk stenskalsblokkene under den østre brændingshule.

3) Stevnsfort S

Strækningen fra Peblingebrodden og 500 m mod SV er generelt karakteriseret af at kalkklinten står direkte i havet (Fig.11). Omtrent midt på strækningen findes en bugt med en ca. 4 m bred strandbred med flint-ral, men det er normalt ikke muligt at gå sydpå eller nordpå fra denne strandbugt. Klinten sydvest for bugten har et 10-12 m stort overhæng. Klippen ovenover er kun 8-10 m tyk, og stenskal og blokfald har været aktive inden for de sidste 20 år. Klinten her må betragtes som i overhængende fare for at kollapse. Nord for den lille bugt er der et tilsvarende overhæng på 8-9 m, hvor faren for et kollaps er stor. Den resterende strækning NØ for den lille bugt har et overhæng på 4-5 m under en klintehøjde på 14,5 m. Strækningen er direkte eksponeret mod bølge erosion, og der må forventes at være nogen fare for stenslag og blokfald i fremtiden. Det forventes dog ikke at disse vil være særligt omfattende, da overhænget er mindre end et par meter over havniveau.

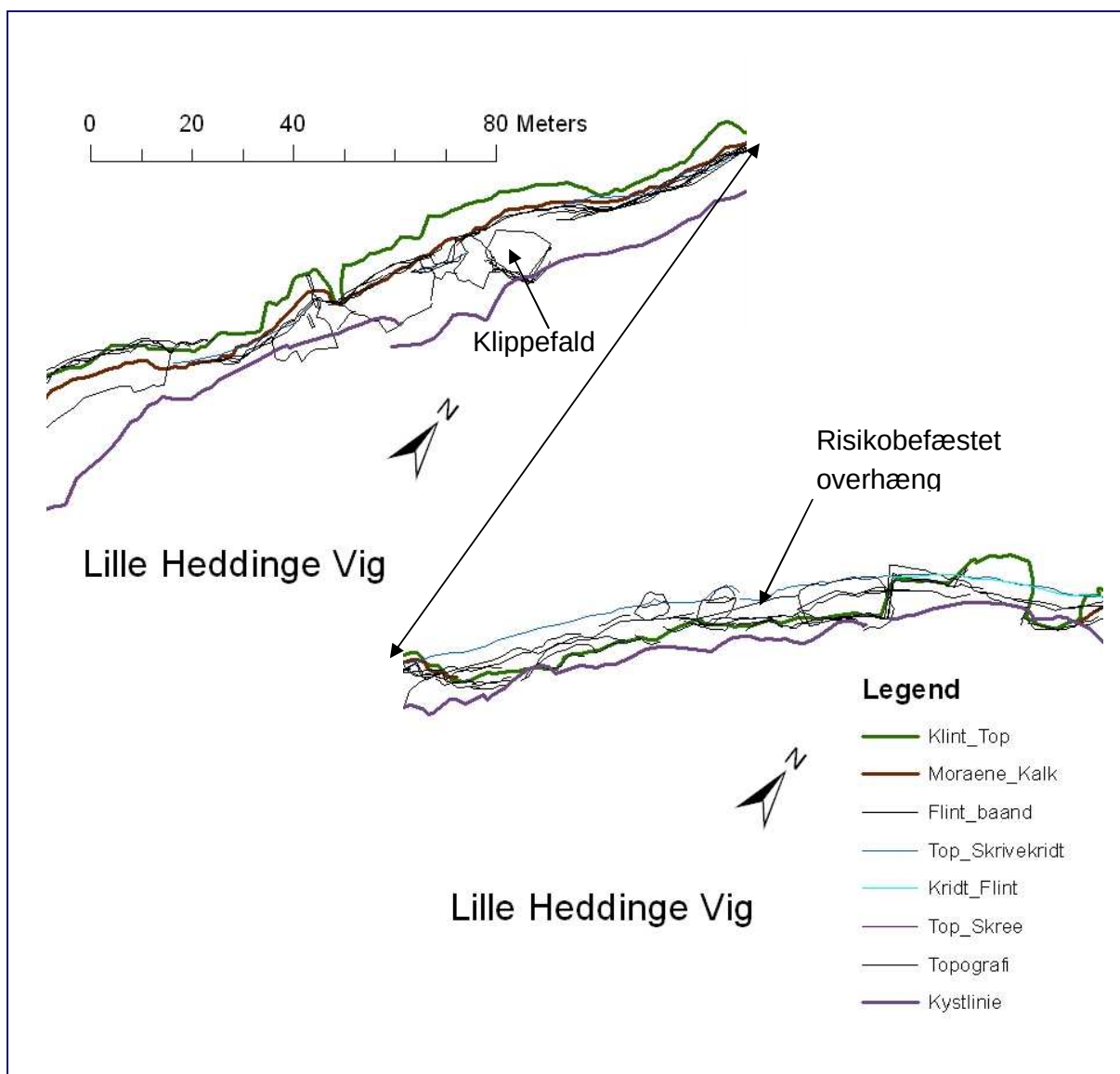
4) Stevnsfort N

Peblingebrodden er en meget uregelmæssig pynt. Ca. 100 m N for bænken på odden findes en smal pille mellem to dybt indskårne og kollapsede brændingshuler. Pillen vil sandsynligvis om et par år stå som en fri strandpille a la Skarreklit ved Bullbjerg, inden den kolliderer og bliver til en Skarreklit. Soklen er kun 2,5 m bred ved havniveau, så den er noget udsat. Overhænget er omkring 3,5 m. Tykkelsen af kalken er kun 13 m ved Peblingebrodden, stigende til 15 m nordpå (Fig. 11).



Figur 11. Kysten ved Stevnsfortet, hvor det må forventes, at pynten NØ for Peblingebrodden vil udvikle sig til en strandpille inden for de nærmeste årtier.

Bænken på Peblingebrodden er beliggende i ca. 15,5 m o.h. kalken neden under står i en "antiklinal" (toppen af en banke), der må anses for at give en hvis stabilitet. Hvorvidt de halvcirkelformede erosionsindhak er resultatet af antropogen aktivitet eller om de er rent naturligt forekommende kan ikke afgøres på det foreliggende grundlag. Men tydeligt er det, at anlægget af fortets underjordiske gange med adgang til kysten nord for Peblingebrodden har haft indflydelse på klinterosionen. Syd for anløbsbroen ved indgangen til fortet findes en 60 m lang strandbred, 4-6 m bred belagt med flintrullesten. Overhængen syd herfor er 5-7 m med 15 m kalk over. Tilsvarende forhold gør sig gældende lig nord for indgangen, hvor overhængen dog er op mod 10 m dybt. 50 m nord for indgangen findes en gammel kalkgrav, hvor kalken er brudt ned til bunden af Korsnæb Led. Dette efterlader et tyndt gulv, der er undergravet af 3m dyb brændingshule. Dette vil sandsynligvis hurtigt blive eroderet væk ved stenskal. Kyststrækningen i den nordlige del af Stevnsfort N er en eksponeret kalkklint, der går direkte i havet. Kalkklinten er undermineret af flade brændingshuler på strækninger over 100 m med overhæng op til 7-8 m dybe. Men strækningen tilskrives ingen risiko, da klinten kun er tilgængelig fra båd.



Figur 12. To afsnit af kysten ved Lille Heddinge Vig. På det østligste afsnit (øverst til venstre) ses omridset af et klippefald (sammenlign med Fig. 13). På det nordøstligste afsnit (nederst til højre) er der udtegnet et betydeligt overhæng samt to mindre blokfald.

5) Lille Heddinge Vig

Inderst i Lille Hedding Vig er en trappe sat ned i hakket i en gammel kalkgrav, hvor et klippefald kombineret med et blokskred har skabt en jordkegle, der kan anvendes til adgangsvej til klintens fod (Figs 12 & 13). En kalkklippe på 800 m³ er her forsat 15 m ud fra skæret af skreddet (head of slide). Den yderste kant af skreddet er ca. 30 m fra klinten, som er ca. 20 m høj. Dette illustrerer størrelsen af skreddenes transport, som ikke er meget mere end 1½ gange højden. Ud fra blokkens dimension kan man antage, at overhængen har været

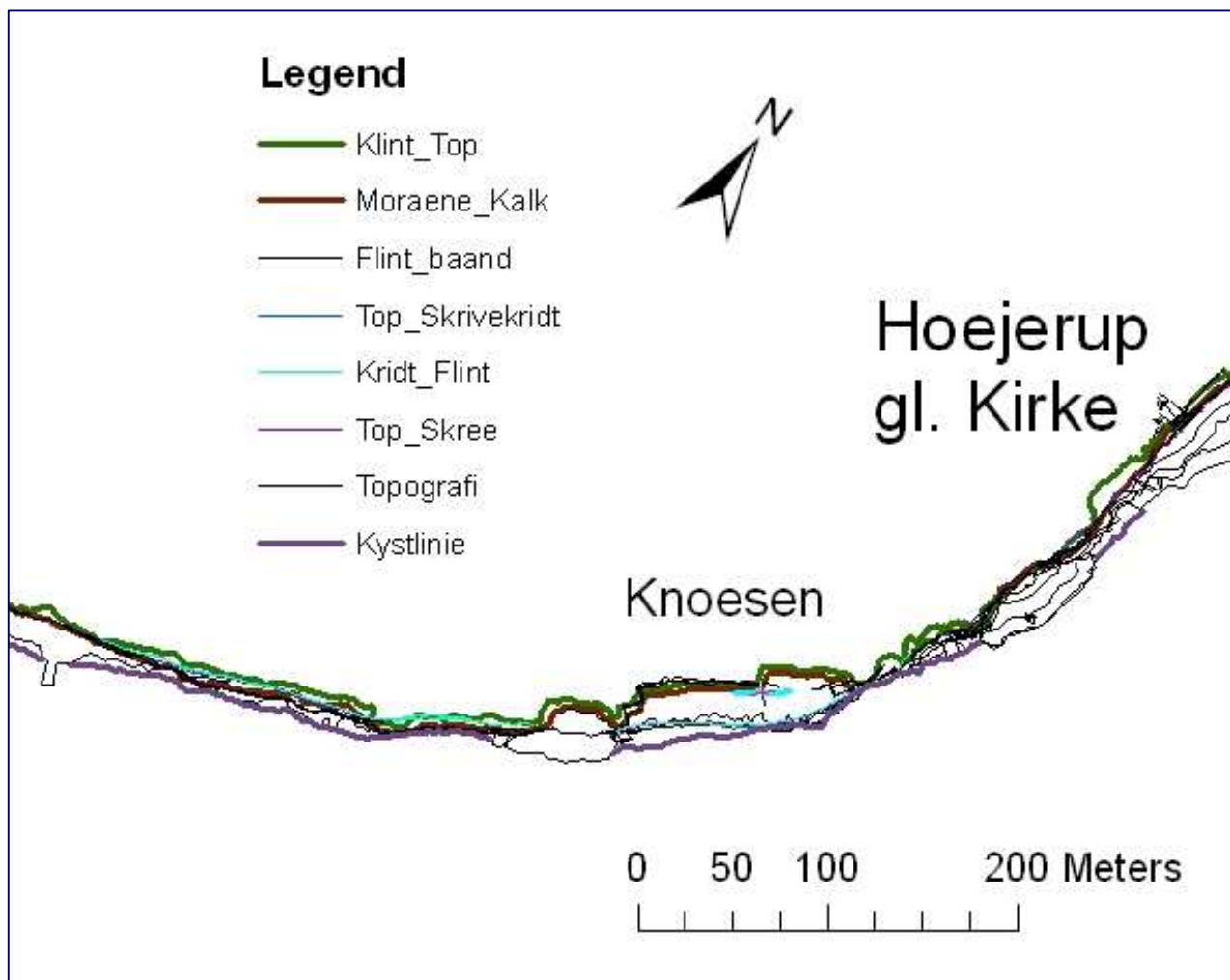
omkring 8 m. Et lignende skred findes 175 m længere østpå langs kysten neden for Pilevang. Begge steder viser klippefaldene, at overhængene har været omkring 8 m, at tykkelsen af blokkene er omkring 7 m, svarende til afstanden fra overhænget ved K/T-grænsen, som her er beliggende i 14 m o.h. Kysten mod SV er karakteriseret af flere blok-skred, som delvis beskytter kysten, dog er den 100 m lange klint mellem de to klippefald en ueksponeret kalkklint, hvor kridtet går direkte i vandet med et maksimalt overhæng på 3-4,5 m. Men da tørskoet færdsel næppe er mulig langs med dette klintsegment, vurderes klinten til at være behæftet med lille risiko.



Figur 13. I bunden af Lille Heddinge Vig ligger et klippefal oven på et blok-skred. Klippefaldet et målt til at have en dimension på 1200 m^3 (se Fig. 12), hvilket passer fint til den generelle størrelse af klippefald.

6) Harvig S

På pynten mellem Lille Heddinge Vig og Harvig forekommer et klippefald sammenligneligt med det beskrevet oven for. Klippens dimensioner er 1200 m^3 , og klippen er faldet lodret ned fra et overhæng 6,25 m o.h. Overhænget har haft en dybde på 8-10 m, og blokken har en tykkelse på 15 m svarende til bryozokalkens tykkelse. Fra pynten mellem Lille Hedding Vig og Harvig og til trappen 500 m længere mod nord er kalkklint med et beskedent overhæng på 1-5 m beskyttet af et 10-15 m bredt bælte af blok-skred og en 5-10 m bred strand-bred med flinterullesten.



Figur 14. Kyststrækningen fra blokfaldene ved Knøsen og vestpå til den lille hofde i bunden af Harvig er karakteriseret af en mængde uregelmæssige blokskred på nær de vestligste 100 m, som består af et "bart stykke", der er direkte eksponeret mod kysterosion. Overhængen her beløber sig til 6 m, og det må forventes, at det inden for 25 år vil være eroderet ind til en risiko-betinget størrelse. Fra de gamle kalkgrave ved Knøsen og nordpå til Højerup gl. Kirke er kyststrækningen befæstet af tidligere klippeskred, som ikke udgør nogen umiddelbar skredrisiko.

7) Harvig C

Hvor den inderste del af Harvig knækker fra at stryge N-S til at stryge mod Ø er kysten opdelt i en ueksponeret kalkklint mod syd og en blokskred domineret kyststrækning mod øst. Den eksponerede kyststrækning er ca. 100 m lang og har et 6 m stort overhæng lokaliseret i 8 meters højde (Figs 14 & 15). Dybden af overhæng ved skredfarlige klippefald, blokfald

og stenras vil i løbet af nogle 10-år medføre, at dette kystsegment vil være eroderet ind til 10 meters dybde, hvorpå skredrisikoen anses for stor.

Kystsegmentet østpå er karakteriseret ved, at blokfaldene allerede er sket, så her ligger skreddene allerede på stranden og beskytter klinten mod yderligere erosion i en lang række år fremover (Fig. 14).



Figur 15. Kyststrækningen i den indre del af Harvig, hvor overhængen over den eksponerede kridtklint er op mod 6 m. Det forventes, at det i løbet af en periode på 40 år vil være forøget til omkring 10 m, hvorefter faren for et klippekollaps vil være overhængende.

8) Harvig N

Den sydligste gård i Højerup ligger næsten helt ude ved klinten. På dette sted er klinten flere steder blevet udsat for blokskred, som nu danner et beskyttende bælte langs kysten. Neden for gården tæt ved klinten går en trappe ned til et lille hofdeanlæg, hvor en jolle kan være fortøjet. Klintkysten SV for hofdeanlægget er således dækket af skred, mens kysten mod NØ er en eksponeret kalkklint med et betydeligt overhæng, omkring 6-7 m. Overhængen 12 til 18 m tykt giver dog nogen stabilitet. Men flere stenskal og enkelte blokfald ses langs med kysten, hvilket placerer den i en mellem risikogruppe.

9) Knøsen

Omkring 250 m syd for Gl. Højerup Kirke ligger det gamle kalkgravsområde Knøsen (Fig. 14). Kyststrækningen fra kirken og 200 m sydpå er domineret af blokskred, som beskytter kysten på dette sted. Men en 120 m lang kyststrækning neden for det gamle kalkgravsområde består af en eksponeret kridtklint. Oven for kridtklinten står uregelmæssige kalkklipper frem som ruiner efter den gamle kalkbrydning. Enkelte af disse har et overhæng på 8-10 m med kun nogle få meters bryozokalk over. Disse og overhængen under gulvet i den gamle grav anses for at være skredfarligt, men de vil dog kun give anledning til blokskred. Et godt eksempel på en større skredtype findes syd for knøsen, hvor et klippekred opfylder stranden på en 50 m lang kyststrækning. Kyststrækningen fra nedgangen ved kirken og frem til hofdeanlægget må betragtes som befærdet. Risikoen for ulykke ved skred er derfor større end ved kyststrækninger, der er mere øde.

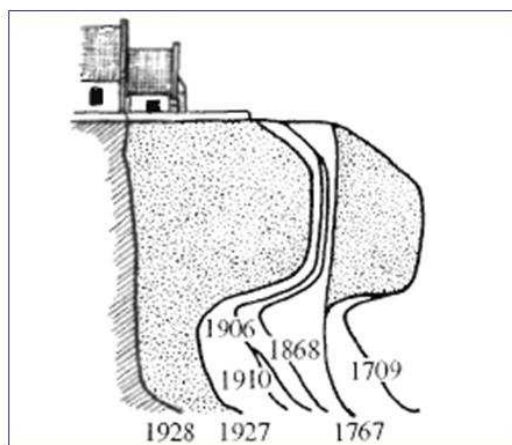
10) Kirkevig

Det sted folk normalt kommer, når de besøger Stevns Klint er Højerup Gl. Kirke og nedgangen umiddelbart syd for den (Fig. 16). Det klippefald og klippeskred, som skete i 1928 (Fig. 17) ligger stadig som beskyttelse af resten af kirken mod kysterosion. Fjeldskredet ved kirken og syd for denne gør stadig kysten her til et område i lav risikogruppe (Fig.18). Nord for Højerup fjeldskredet står kridtklinten eksponeret lodret ned til strandplanet. De første 120 m er neden for Højerup gamle kalkgrube, hvor bryozokalken oven over kridtet allerede er fjernet ved kalkbrydningen, så her forekommer ingen overhæng (Fig. 19). Nord for kalkgruben står bryozokalken frem i et ca. 15 m tykt lag, der gør klinten relativ stabil, selvom overhængen her beløber sig til op mod 10 m. Længere nordpå langs Kirkevig er overhængen allerede skredet ned ved blokfald, og her er kysten atter beskyttet, indtil man nå ud til kalkgruberne ved vigens yderste pynt. Her optræder både klippefald og blokskred, og ind imellem sidder der stadig nogle dramatiske overhæng tilbage. Overhængene her har en stor skredrisiko, idet de har de største overhæng, op mod 12 m, og samtidig er ruiner efter den gamle kalkbrydning, hvilket gør, at deres forankring ikke er særlig stor. Disse overhæng forventes at kollapse ved klippefald inden for de nærmeste år. Imidlertid lader det ikke til, at der har været aktive fjeldskred inden for de sidste 20 år. Dette kunne tyde på, at den interne flintlagsstruktur er af en sådan art, at den giver stor brudstyrke. Flintlagsstrukturen stabiliserende faktor er en kombination af det tektoniske netværk og cementationsgraden, d.v.s. graden og kontinuiteten af flintdannelse i lagene.

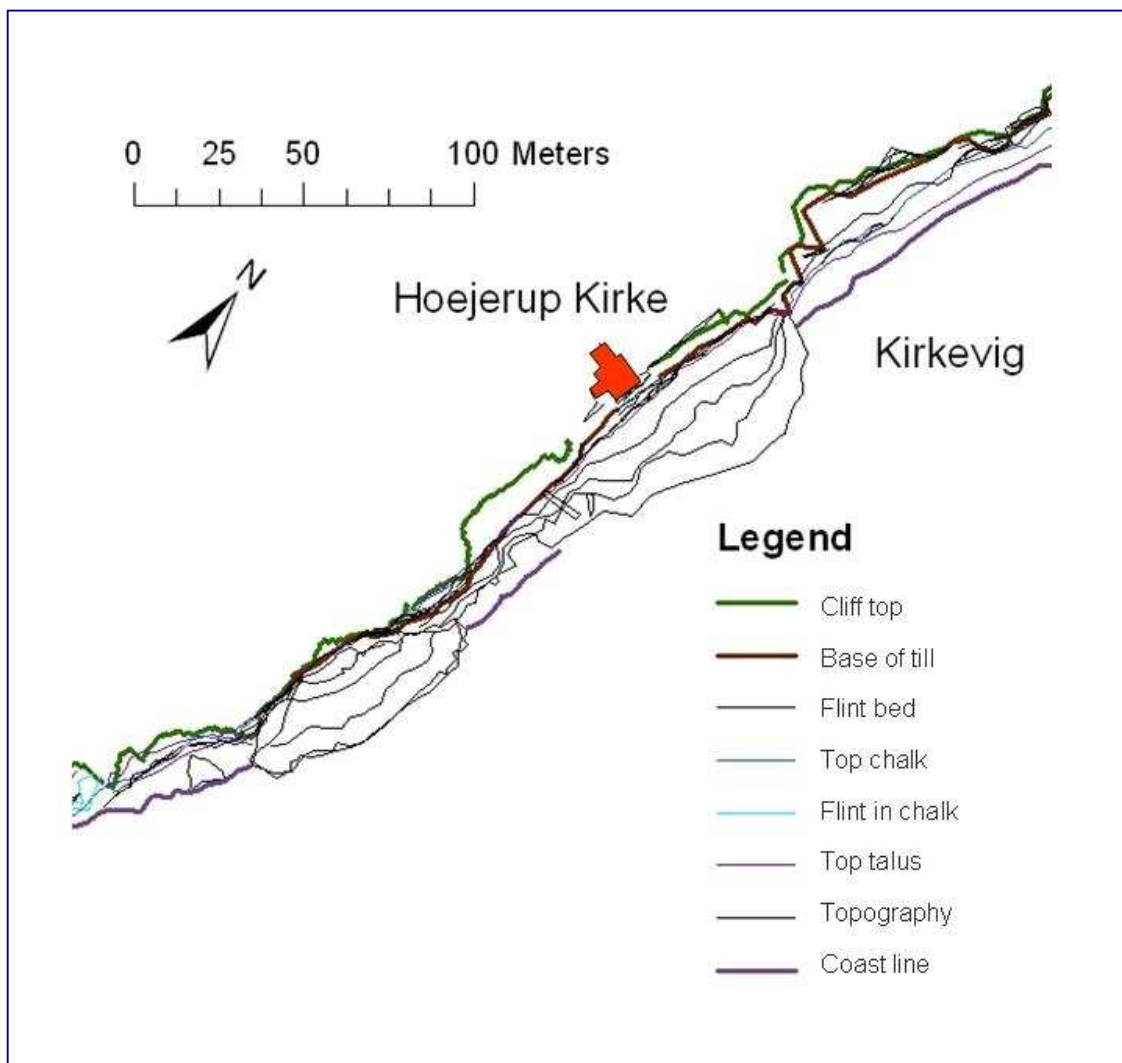
Det bør nok tilføjes, at nøjes man med at betragte kyststrækningen 200 m henholdsvis mod nord og syd for Højerup Gl. Kirke, er skredfaren ikke stor. Men risikoen er stor, da frekvensen af besøgende er stor. Ved udtegnings af de store fjeldskred i nærheden af Højerup er der udtegnet 2,5 m højdekurver for at give et indtryk af den nedskredne fjeldskredsmasse.



Figur 16. Klippeskredet ved Højerup gamle kirke. Toppen af skredmassen ligger i en højde af c. 15 m o.h., og tåen af skredet er kystbeskyttet mod erosion ved hjælp af "importerede" blokke. Den nye kirke i Højerup blev bygget i 1913, idet den lokale befolkning frygtede en kollaps af overhængen, som den gamle kirke lå oven på (sammenlign med Fig. 17).



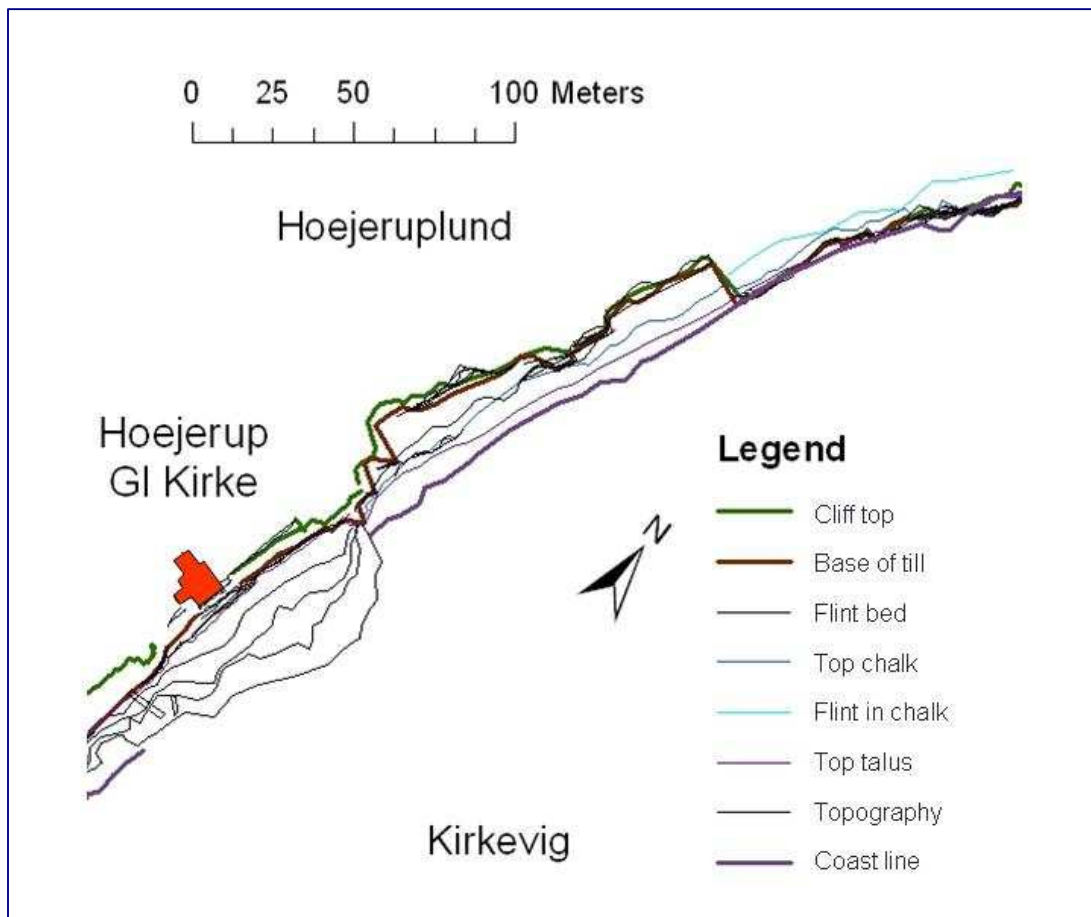
Figur 17. Tilbagerykningen af klippen neden for Højerup gl. Kirke efter Rasmussen (1967). Bemærk at de to store historiske skred sker med c. 60 års mellemrum efter udhulingen af et overhæng på 10–12 m.



Figur 18. Fotogrammetrisk udtegnings af kysten neden for Højerup gl. kirke. Højdekurverne some markerer skreddenes omfang er udtegnet med 5 m's ækvidistance.

11) Vindehuse

Nord for Kirkevigen findes en klintstrækning som også ligger neden for gamle kalkgruber. Ud for gruberne er klinten karakteriseret ved blokskred, delvis kombineret af fyld fra fjernel-sen af den oprindelig 3 m tykke dækkende moræneler. Imellem gruberne står bryozokalken frem med overhæng, men adskillige af disse er allerede kollapsede ved klippefald. Jævnt hen beskyttes kysten ud for Vindehuse af et op til 25 m bredt bælte af blokskred med blokke på op til 50 m³. Dog findes der overhæng på op til 2,50 m ud for de gamle gruber, mens overhængene på ruinerne imellem gruberne er 2,5-3,0 m.



Figur 19. Fotogrammetrisk udtegnning af kysten nord for Højerup gl. kirke, som viser den 120 m lange strækning neden for Højeruplund gamle kalkbrud. Her er for tiden ikke noget overhæng, og kridtklinten står eksponeret direkte mod kysterosion. Der vil her sandsynligvis ikke blive skabt noget dramatisk overhæng før erosionen er nået ind til bagvæggen af kalkbruddet, idet det tynde overhæng nok vil falde ned ved mindre, hyppigt tilbagevendende blokfald og stenras. Derimod vil overhænget, mere end 10 m dybt, nord for denne kyststrækning blive forøget til en størrelse, der inden for en 50 årig periode vil kollapse.

12) Stevns Fyr

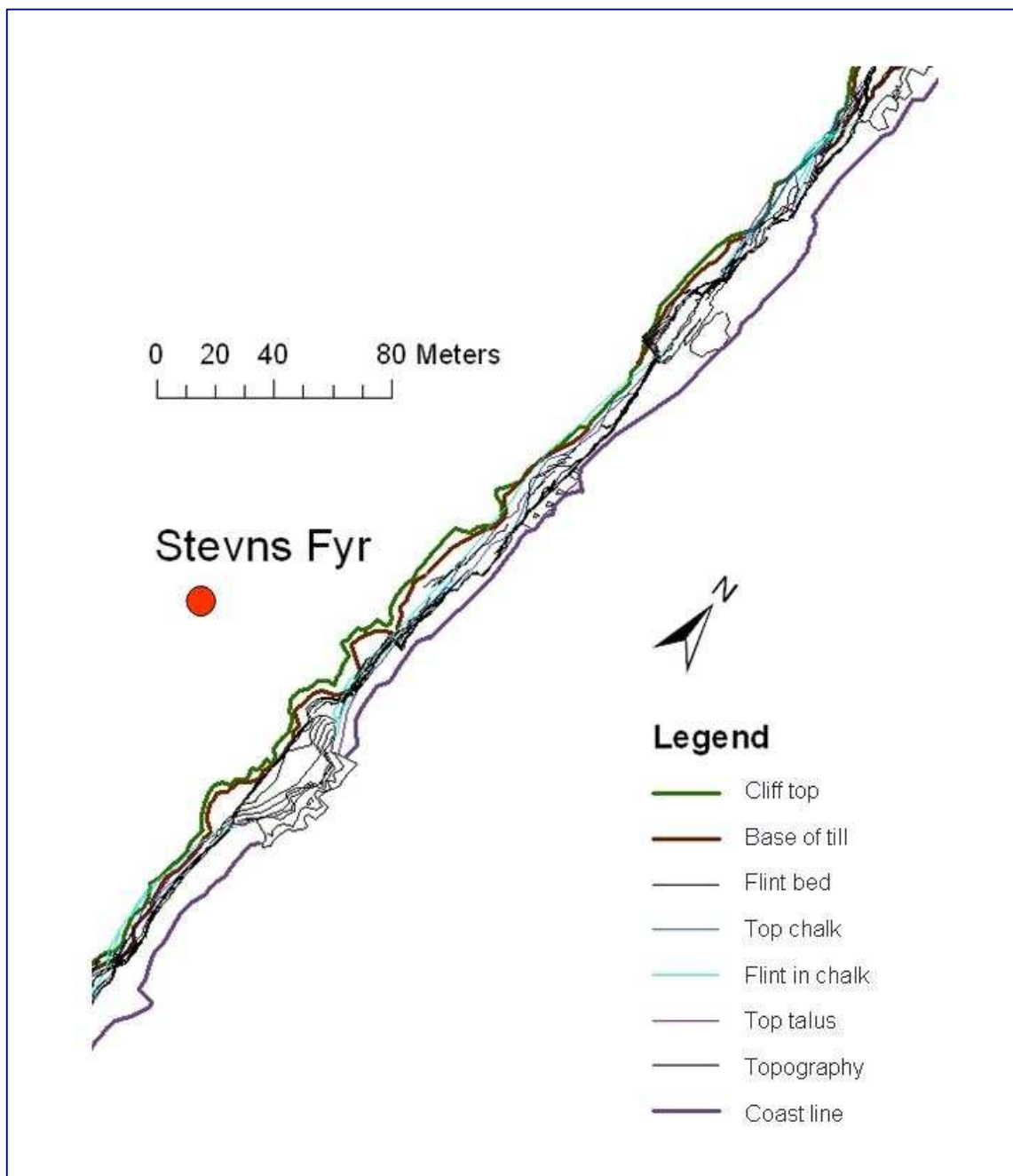
Kyststrækningen neden for Stevns Fyr er sandsynligvis det segment med den største skredrisiko (Fig. 20 & 21). Højden af kalkklippen er her 38 m, som overlejres af en op mod 4 m tyk moræneler. De største klippeskred syd for fyret når mere end 60 m ud i vandet, hvilket dog stadigvæk er inden for dimensionen af $1\frac{1}{2}$ gange højden af klinten. De største blokke i fjeldskredet måler 100 m^3 , og højden af skredmassen er nu 12,5 m. Overhænget, d.v.s. K/T-grænsen er beliggende i 13–14 meters højde, og bredden af det horisontale overhæng ved denne grænse er omkring 4 m både syd og nord for fyret, men dog kun 2 m på klinten lige nedenfor. Men dette er ikke hele målet af overhæng. Måler man afstanden fra yderste flintbånd og ind til den inderste erosion af skrivekridtet er der 8 m, jævnt stigen-

de til næsten 10 m nord for fyret. På dette sted over en strækning på ca. 50 m forekommer et overhæng af bryozokalk, som ved en afrundet beregning vil rumme 10.000 m^3 . Et yderligere bidrag til faren ved overhæng er den metode, der blev anvendt ved den gamle kalkstensbrydning. Bryozokalken er ca. 16 m tyk, og under brydningen er man gået længere og længere ind under klippen, jo dybere man har brudt sig ned. Det medfører, at ved bunden stod under et overhæng, som gik 6,5 m ud over grubekantens negative hældning. Dette har muligvis været hensigtsmæssigt for kraner og spil, man har anvendt ved transport af kalksten op fra gruben (Tove Damholt, pers. com. 2011).



Figur 20. Stevns Fyr står på det højeste punkt langs Stevns Klint, ca. 41 m o.h. Neden for fyret ses et perfekt eksempel på et klippefald (sammenlign med Fig. 21). Nord for fyret (mod højre) ses et af de største overhæng langs klinten (8–10 m). Neden for det store overhæng ses et eksempel på stenskal.

Et meget flot eksempel på et klippefald findes lige ud for fyret. Her er hele klippen, med bevoksning og trappebrydningsanlæg bevaret intakt, faldet lodret ned på stranden fra 34 meters højde, så overfladen i dag står i 12–14 meters højde. De store klippefald er alle ældre end 20 år. Men hen langs stranden nordover findes et par tilfælde af blokfald og stenskal, som er sket inden for de sidste 20 år, sandsynligvis endda inden for de sidste 10 år at dømme ud fra den begrænsede erosion, der er sket af de friske kalkblokke på stranden.



Figur 21. Fotogrammetrisk udtegnning af kyststrækningen ud for Stevns Fyr. Bemærk at de udtegnede højdekurver, som viser konturerne af klippefaldet (sammenlign med Fig. 20), har ækvidistance på 2,5 m. Nord for fyret repræsenterer afstanden mellem de blå linier og de tæt-liggende sorte linier størrelsen af overhænget (8-10 m).

13) Tommestrup

Et godt eksempel på et recent blokskred findes ved pynten 300 m N Stevns Fyr (Fig. 22). På sydsiden af dette skred sidder der stadig et overhæng med 10 m bryozokalk overlejret af 4 m moræneler. Overhængen starter ved 14 m o.h., og tykkelsen af den nedskredne pakke 25 m. Før skreddet har overhængen nok været af størrelsesordenen 10 m, men i dag er der 6 m overhæng på siden af skredet, som må forventes at falde ned ved stenslag eller blokfald. Resten af den N-S gående kyststrækning ud for Tommestrup består af nedfald fra et tidligere klippe- og blokfald. Vurderet ud fra modenheden af vegetation og graden af efterfølgende erosion virker det nærmest som om hele klintens overhæng er faldet ned ved en kollaps-begivenhed. Dette nedfald beskytter stadig kystklinten mod erosion, og selvom der er målt tilbagestående overhæng på op mod 6 meters dybde, anses dette kystsegment ikke for at have en stor skredrisiko.



Figur 22. Segmentet ud for Tommestrup domineres af et stor klippeskred, hvor vegetationen, der voksede langs klippekanten inden kollapsen for mere end 20 år siden, stadig står tilbage på toppen af skreddet. Ved pynten yderst til venstre ses et blokfald, som er indtruffet for mindre end 20 år siden.

14) Telemasten

Segmentet nord for Tommestrup ligger ud for den ca. 80 meter høje telemast. På overgangen mellem de to kystsegmenter forekommer et recent blokskred på 1400 m³. Toppen af skreddet ligger i 36,5 meters højde, og at dømme ud for overhængene på hver side af skreddet har det højst været omkring 5 m. Der er stadig nogen skredrisiko ved en lille dal eller muligvis gammel kalkgrube lidt nord for skreddet. Overhængen er her 3-4 m og kalken oven over er kun 7-8 m tyk. Overhængen befinder sig i 19,5 meters højde, og stedet her

inklusiv en overkængende kalkklippe nordfor her en vis skredrisiko, især fordi de ligger på et sted, hvor kridtklinten er eksponeret. Men i øvrigt er kridtklinten over et langt stykke ud for Telemasten dækket af stenslags talus.

Som et kuriosum kan bemærkes, at morænen her er todelt, adskilt af en kalk-glacitektonit. Den umiddelbare tolkning er, at det er Midtdanske Till Formation (Houmark-Nielsen 1987) aflejret under det Svenske Isfremstød, som overlejres af Bælthav Till Formation afsat af det Ungbaltiske Isfremstød. Kalken må have været eksponeret i en banke ud for kysten, hvorfra den er blevet slæbt med langs sålen af den Baltiske Isstrøm.

15) Barmhjertigheden

Barmhjertigheden er betegnelsen for en gammel, tilvokset kalkgrube på toppen af kalkklinten nord for Telemasten ved Tømmestrup. Syd og nord for kalkgruben er kridtklinten dækket af stenslags talus og blokskred. Men ud for kalkgruben er klinten på et næsten 200 m langt stykke eksponeret, og der forekommer et 4–5,5 m stort udhæng. Udhængen tiltager på sydhjørnet af grubern til 7 m og på nordhjørnet til 6,5 m. Overhængene, som bærer den gamle grubes gulv med fyld af bortgravet moræneler, er kun 5 m tykt. Det må forventes at der vil ske en del skred fra denne grube. Men det er muligt at erosionen vil foregå som stenskal og stenras, hvilket kan forklare, at den 7–8 m brede forstrand domineret af flint rullesten.



Figur 23. Segmentet ud for den gamle kalkgrav Barmhjertigheden. Overhængen her er 4–7 m og består af en tynd skive af kalk med fyld af moræneler og andet bortgravet materiale, nu dækket af buske og træbevoksning. Kysten neden for er eksponeret, og det må forventes at overhængen kolliderer ved jævnligt forekommende blokfald.

16) Storedal

Fra Barmhjertigheden og frem til Storedal er kysten karakteriseret ved gamle blokskred, der alle er ældre end 20 år. En kyststrækning på ca. 75 m omkring 300 m S Storedal har et overhæng på 6–8 m oven for en eksponeret kridtklint. Den lille lund oven for kridtklinten er sandsynligvis en gammel kalkgrube, da der på dette sted ikke er bevaret moræneler. Erosionen af denne kridtklint foregår sandsynligvis ved stenskal og –ras, hvilket er årsag til den ral-belagte 8 m brede forstrand.

Nord og syd for udløbet af åen fra Storedal går kridtklinten direkte i havet. Her er der dannet et par meter dybe brændingshuleler. Klinten består her af kridt op til 21 m o.h. Nord for Storedal ligger grænsen til moræneler i 25 m o.h. og K/T grænsen forsvinder ved at blive skåret af inkonformiteten under de kvartære lagserier. Morænen er her 7 m tyk, og længere mod nord ligger morænen hen over et lokalt bassin med glaciolacustrint ler, der opnår en tykkelse på mere end 10 m. Den store mægtighed af kvartære aflejringer, op mod 20 m, aftager hen mod Lilledal, hvor kridtklinten er eksponeret frem til kanten af Sigerslev kridtbrud.

Segmentet mellem Storedal og Lilledal menes ikke at have nogen fjeldskredrisiko. Hvor det kvartære bassin har sin største tykkelse forekommer et lerskred, men denne type af skred anses ikke for at indebære nogen særlig fare for færdsel langs stranden.

17) Sigerslev

Klintstrækningen mellem Lilledal og Sigerslev består af en kridtvæg uden overhæng. Forstranden er 5-8 m bred og består af rullestensflint. Strandstykket ud for kridtgraven har kun en få meter høj kridtklint, hvor der ikke er nogen skredrisiko. Desuden forekommer der en del fyld, som ikke påkalder sig nogen opmærksomhed i denne forbindelse.

18) Flagbanken

Nord for Sigerslev kridtgrav står et lodret profil tilbage fra skæret i graven. Her er K/T-grænsen blotlagt ved bortfjernelse af bryozokalken, og grænsen står flot frem ved hjørnet lige nord for kalkværket Bryozokalken er kun nogle få meter tyk, men tykkelsen stiger mod nord, idet K/T-grænsen falder til lavere og lavere niveau. 100 m nord for hjørnet ved Sigerslev kridtværk ligger den en 120 m lang gamle kalkgrube oven på klinten. Her ligger K/T-grænsen i ca. 13 m o.h. og toppen af klinten, som her består af bryozokalk ligger ca. 30 m o.h. Men under kalkgruben er der et stort udhæng som varierer fra 6 til 9 m. Klinten kollapser her som blokfald, og klinten er ret eksponeret oven for en c. 10 m bred ral-belagt strandbred.



Figur 24. Pynten Mandehoved med Flagbanken på sydsiden og segmentet Køge Bugt mod nord. Overhængen på selve Mandehoved er 7–8 m, generelt er kysten beskyttet af tidligere blokfald og skredkegler.

19) Mandehoved

Fra Flagbanken og rundt om Mandehoved er kysten karakteriseret af klippe- og blokfald. Under mandehoved ligger K/T-grænsen i 12,5 m o.h. Syd for Mandehoved aftager størrelsen af overhængen fra 7–8 m ved Flagbankens kalkgrube til mindre et par meter oven for fjeldskredsraset. Toppen af Mandehoved ligger 28,2 m o.h. og bryozokalkens tykkelse er 18 m. Der er et betydeligt overhæng på selv Mandehoved, 7–8 m (Fig. 24), så på et kort stykke rundt om pynten er der en vis skredfare. Men generelt er kysten beskyttet af skredkegler, og erosionen pågår mest som stenskal og –ras. Der er dog et par gamle brud med overhæng og sprækker, som anses for at have risiko for fald. På disse steder er der målt overhæng på 4–6 m.

20) Køgebugt

Et langt stykke langs med kysten mellem Mandehoved og vigen syd for Holtug kalkbrud er her betegnet Køgebugt. Dette klintafsnit er karakteriseret af et 12 m bredt bælte fjeldskred ras med en 6 m smal forstrand, som giver nogen beskyttelse af klinten. På et Overhænge langs med denne klint er generelt et par meter. Inderst i bugten findes et 60 m langt stykke med blottet klint, hvor overhængen øges til 4–6 m. Enkelte blokfald på 15 m³ forekommer i skredkeglerne på hver side af det blottede stykke. Stykket nordpå mod Holtug kalkgrav har 10 m tykt overhæng som rækker 4–5 m ud over stranden.

21) Holtug kalkgrav

Forstranden 200 m S for Holtug kalkgrav består af en flinte-rig grus og sandstrand 10-17 m bred foran gamle fjeldskred bevokset med græs og buske i en bræmme på 12–20 m. På nær to udspring med overhæng på op til 8 m, som nok vil blive eroderet ned ved stenskal og –ras, betragtes stranden som relativt risikofri. Nord for Holtug kalkgrav er stranden opfyldt af flintblokke og -sten (Fig. 25), som sammen med andet fyld fra kalkgraven er blevet tippet ud på kysten. En gammel kalkgrube 165 m NV for Holtugs nordre gravekant har udhæng på 4–5 m. Neden for gruben findes fyld med 30° hældende lagdeling. Fyld og skredmasse har en bredde på 12 m bag en 7 m bred forstrand med flinteral. Det nordvestligste stykke af kysten er her en kridtklint, som går direkte i havet, og hvor der er skabt et mindre antal brændingshuler. Det er ikke muligt at passere dette sted, og risikoen ved de 4–6 m store udhæng betragtes som forsvindende.



Figur 25. Kysten nord for Holtug kalkgrav er domineret af store flintesten. Disse er rester fra tipning af fyld fra den gamle kalkgrav. Langs med klinten findes overhæng på op mod 4 m, men da kridtklinten går direkte i havet i den fjerne del af billedet, er passage ikke muligt på dette sted.

22) Holtug - Bøgeskov Havn

Det sidste stykke af Stevns Klint fra Kulstirenden til Bøgeskov Havn er analyseret ved hjælp af feltbesigtigelse. Omkring 500 m SØ for trappen ned ved Kulstirenden er bryozokalken over skrivekridt eksponeret i en klint uden overhæng, og klinten går herefter direkte i havet. NV for Kulstirenden hælder lagstillingen svagt mod nord og tykkelsen af glacialaflejringer, fortrinsvis moræneler, tiltager. På dette sted, c. 2 km syd for Bøgeskov Havn har klinten nogle mindre overhæng, 1–2 m, og kombinerede jordskred med blokfald er konstateret (Fig. 26). Omkring 1500 m SØ for Bøgeskov Havn dykker kalken under strandplanet. Over kalken findes her en kalk-glacitekonit direkte oven på kalken, som overlejres af en moræneler, der igen overlejres af en kalk-glacitekonit ved sålen af den øverste tillenhed (Fig. 27).



Figur 26. Kysten mellem Holtug kalkgrav og Bøgeskov Havn, hvor tykkelsen af moræneler over bryozokalken medfører kombinerede jordskred med klippefald. Bemærk strandens dominans af flinterullesten og de små taluskegler ved foden af klinten, som skyldes den almindelige erosion af stenras på grund af vinterens frost og tør, samt sommerens vekslen mellem fugtmætning og udtørring.



Figur 27. To typer af kalk-glacitektonit optræder hvor kalken går i undergrunden c. 1500 m SØ for Bøgeskov havn. Nederst ses den permafrossent opsprækkede og omrodede overflade af bryozokalken, som overlejres af en till. Ovenpå denne findes en udvalset glacitektonit i bunden af den øverste till-enhed.

Omkring 1200 m fra Bøgeskov Havn blev der konstateret et friskt lerskred (Fig. 28), men ud over besværet med at passere sådanne langs stranden anses de ikke for at udgøre nogen risiko. Fra det sted, hvor kalken dykker under strandplanet, og nordpå består klinten af to bænke af moræneler. Den nederste mørkegrå (Midtdanske Till Formation) er foldet af det Ungbaltiske Isfremstød fra syd mod nord. Langs med sålen af den nedre moræneenhed (Midtdanske Till Formation) findes slæbefolder, der viser at den nederste enhed er afsat af

den Svenske Is. Oven på denne enhed kan et gruslag, $\frac{1}{2}$ –1 m tykt følges i hele moræneklintens udstrækning. Grushorizonten overlejres af den Ungbaltiske moræneler, der er rig på melanger af kalk og flintsten. Stranden langs med morænelerklinten er dækket af vandreblokke, der i nogen grad beskytter klinten. Der findes dog en enkelt pynt, hvor kystbeskyttelsen er forøget med betonblokke, omkring en halv kilometer syd for havnen.



Figur 28. Friskt jordskred opstået i morænelersklinten c. 1 km SØ for Bøgeskov havn. Pilen på billedet angiver en længde på c. 1 m og peger ind i foldeaksens retning på en overklippet synklinal. Det foldede lag består af en till-enhed rig på kalk-melanger. Enheden, som er foldet fra syd mod nord under det Ungbaltiske Isfremstød, tolkes som Midtdanske Till Formation. Den foldede till-enhed overlejres diskordant af øverste og yngste till-enhed i området, som henføres til den Østjyske Till Formation.

	Områdebetegnelse	Overhæng	Tykkelse	Eksposering	Færdsel	Risiko
1	Korsnæb	x	xx	x	xxx	xx
2	Boesdal	xxx	xx	xxx	—	—
3	Stevnsfort S	xxx	xx	xxx	—	—
4	Stevnsfort N	xxx	xxx	xxx	—	—
5	Lille Heddinge Vig	xxx	xx	xx	x	x
6	Harvig S	xx	xx	x	x	x
7	Harvig C	xxx	xxx	xxx	xx	xxx
8	Harvig N	xx	xx	xxx	xx	xx
9	Knøsen	xx	xxx	xxx	xxx	xxx
10	Kirkevig	xx	x	xx	xxx	xx
11	Vindehuse	x	x	x	x	x
12	Stevns Fyr	xxx	xx	xxx	x	xxx
13	Tommestrup	xx	xx	x	x	x
14	Telemasten	x	x	x	x	x
15	Barmhertigheden	xx	xxx	xxx	x	xx
16	Storedal	x	x	xx	x	x
17	Sigerslev	—	—	xx	xx	—
18	Flagbanken	xxx	xxx	xx	xxx	xxx
19	Mandehoved	xx	xx	x	xxx	xx
20	Køgebugt	xx	xx	xx	xx	xx
21	Holtug	x	x	x	xx	x
22	Holtug- Bøgeskov Havn	—	x	x	xx	—

Tabel 1. Skematisk sammenstilling af vurderingen af fjeldskredsrisiko for de enkelte segmenter i Stevns klint. Fire vigtige parameter indgår i her i risikoanalysen, nemlig størrelsen af overhæng, tykkelsen af overhæng, eksponeringen af kystklinten og færdselsfrekvensen. Segmentnumrene og lokaliseringen af navnene fremgår af Figs 2 & 4.

Sammendrag

Den foreliggende vurdering af fjeldskredsrisko på Stevns Klint har taget sit udgangspunkt i opmåling af klinten ved hjælp af fotogrammetri, ved analyse af størrelsen af overhæng og tykkelsen af overhænget, samt ved opmåling og analyse af kystklingens eksponeringsgrad. Den vigtigste faktor er størrelsen af overhængene. Såvel ud fra de historiske data som ud fra opmålingen af klippefald er det tydeligt, at overhængenes maksimale størrelse er omkring 10 til 12 m før et kollaps. Imidlertid indgår tykkelsen af overhæng i høj grad i risikoen for kollaps. Jo tyndere overhænget er, des mindre stabilt er det. Dette følger af at brudstyrken er en funktion af normaltrykket og af tangentialspændingen (shear stress). De sidste forhold er en funktion af materialets egenart, mens det første forhold er relateret til tykkelsen af bjergarten. Jo større normaltryk des større tangentialspænding skal der til før bjergarten overskrider sin brudstyrke (Hobbs, Means & Williams 1976, Mandl 1988). En følge af dette er, at jo tykkere overhænget er, des større stræk kan det bære. Eller omvendt, et tyndere overhæng vil brække i stykker ved et mindre udhæng. Til gengæld vil disse skred være betydeligt mindre.

Det er umiddelbart indlysende, at hvis klippen er dækket af et gammelt skred, skal dette skred først eroderes væk, før der sker et nyt skred. Derfor er de eksponerede kridtklinter mest sårbare. Men hertil kommer, at saltvand nedsætter brudstyrken af kridt og kalk, hvorfor kalkbjergarter, der bliver udsat for bølgeskulp fra havet lettere eroderes (Mortimore et al. 2004).

Betragter man de sidste 20 års skredaktivitet langs med Stevns Klint må man konstatere, at den ikke er overvældende stor. Det har således ikke været muligt at registrere nogen klippefald eller klippeskred inden for denne periode. Der er blevet konstateret et enkelt blok-skred, og nogle få blokfald. Flere steder er der under overhæng registreret stenskal, mens stenras er almindeligt forekommende. At stenras er den almindeligste klintnedbrydende faktor harmonerer godt med, at erosionsraten er omkring 15 cm pr. år. Denne rate svarer til stenras afskalning ved andre klinter. Fjeldskredsriskoen er ikke så alarmerende som ved Møns Klint, hvor frekvensen af større fjeldskred i øjeblikket bevæger sig fra et større skred hvert femte år til et hvert tredje år.

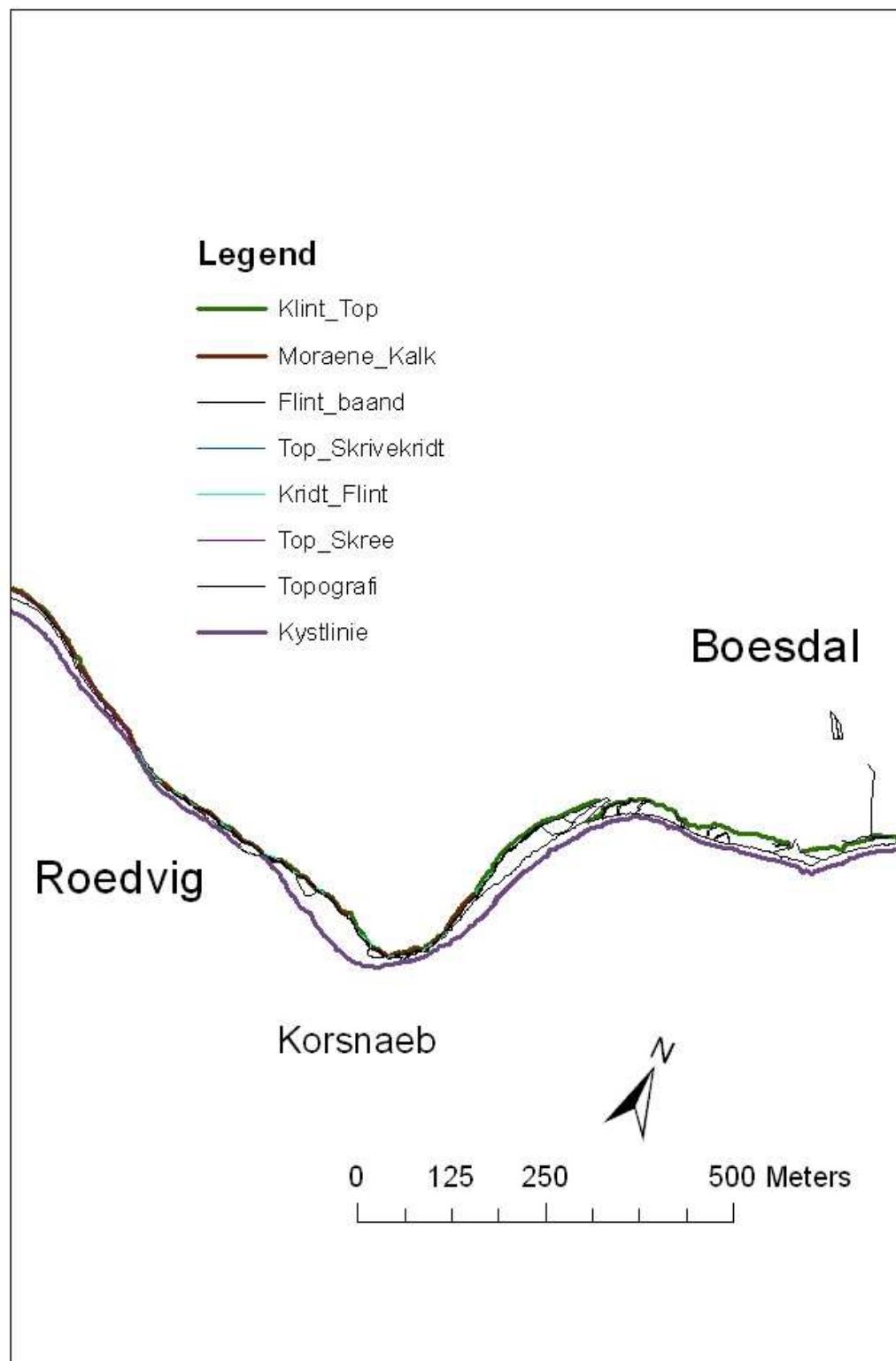
Men der er naturligvis grund til at være påpasselig med passage langs med klinter med de største overhæng, eller med de tyndeste overhæng. På disse steder skal man ikke opholde sig efter perioder med vedvarende regnvejr, da vandmætningen nedsætter brudstyrken ved forøget porevandstryk. Desuden bør man ikke passere klinter med udhæng på tidspunkter med store temperaturudsving, da disse medfører dilatation og kontraktion, der får sprækker til at give efter.

Referencer

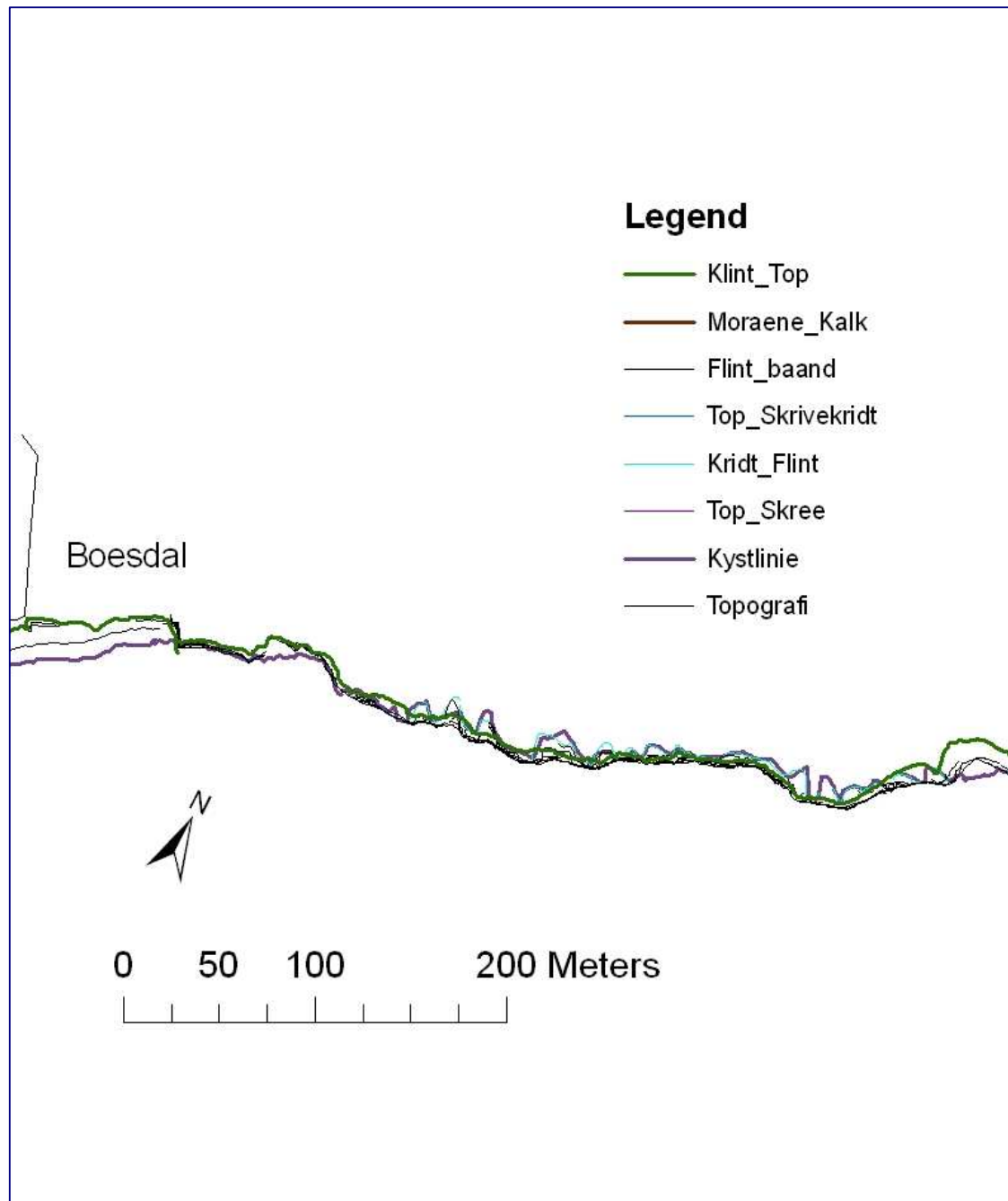
- Hobbs, B.E., Means, W.D. & Williams, P.F. 1976: An outline of structural geology. John Wiley & Sons, New York, 571 pp.
- Houmark-Nielsen, M. 2007: Extent and age of Middle and Late Pleistocene glaciations and periglacial episodes in southern Jylland, Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 55, 9–36.
- Mandl, G. 1988: Mechanics of tectonic faulting. Elsevier, Amsterdam, 407 pp.
- Mortimore, R.N., Stone, K.J., Lawrence, J. & Duperret, A. 2004: Chalk physical properties and cliff stability. In: Mortimore, R.N. & Duperret (eds): Coastal Chalk Cliff Instability. Geological Society, London, Engineering Geology Special Publication 20, 75–88.
- Nadim, F., Pedersen, S.A.S., Schmidt-Thomé, P., Sigmundsson, F. & Engdahl, M. 2008: Natural hazards in Nordic Countries. *Episodes*, 3 (1), 176–184.
- Pedersen, S.A.S. 1986: Rubjerg klint, Rubjerg klit, årsag og virkning. *Varv* nr. 3 1986, 84–98.
- Pedersen, S.A.S. 1994: Skred på Møns Klint. *Geologisk Nyt* nr. 3 1994, 3–5.
- Pedersen, S.A.S. & Gravesen, P. 2009: Structural development of Maglevandsfald: a key to understanding the glaciotectionic architecture of Møns Klint, SE Denmark. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 17, 29–32.
- Pedersen, S.A.S., Foged, N. & Frederiksen, J. 1989: Extent and economic significance of landslides in Denmark, Faroe Islands and Greenland. In: Brabb, E.E. & Harrod, B.L. (eds): Landslides, Extent and Economic Significance. Balkema, Rotterdam 1989, p.153–156.
- Rasmussen, H.W. 1967: Skrivekridtet og kalkstenene. In: Nørvang, A. & Meyer, T.J. (eds): Danmarks Natur, Bind I: Landskabets Opståen. Copenhagen, Politikens Forlag, 131–160.
- Surlyk, F., Damholt, T. & Bjerager, M. 2006: Stevns Klint: Uppermost Maastrichtian chalk, Cretaceous-Tertiary boundary, and lower Danian bryozoan mound complex *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 54, 1–48.

Appendix

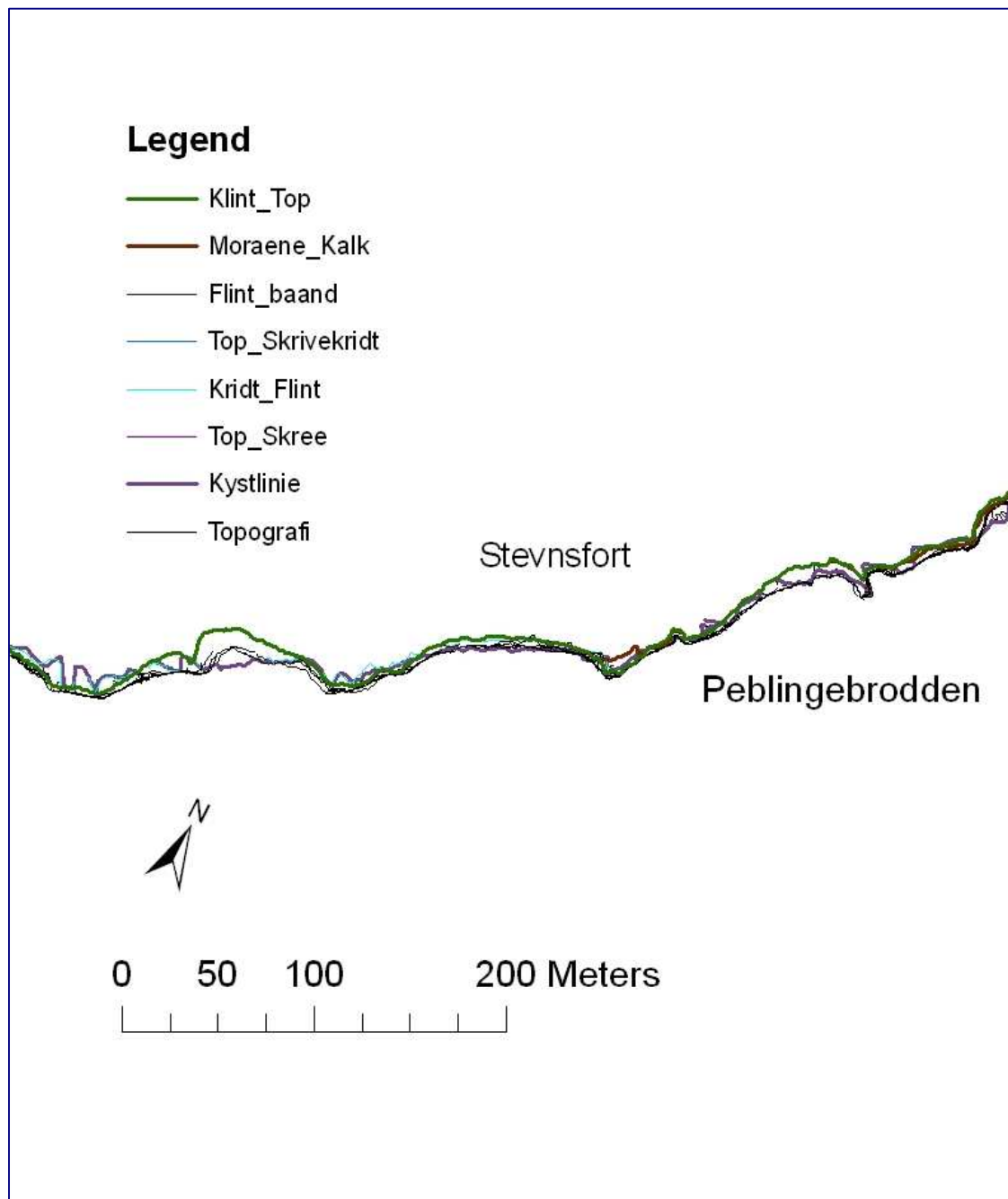
Segment 1



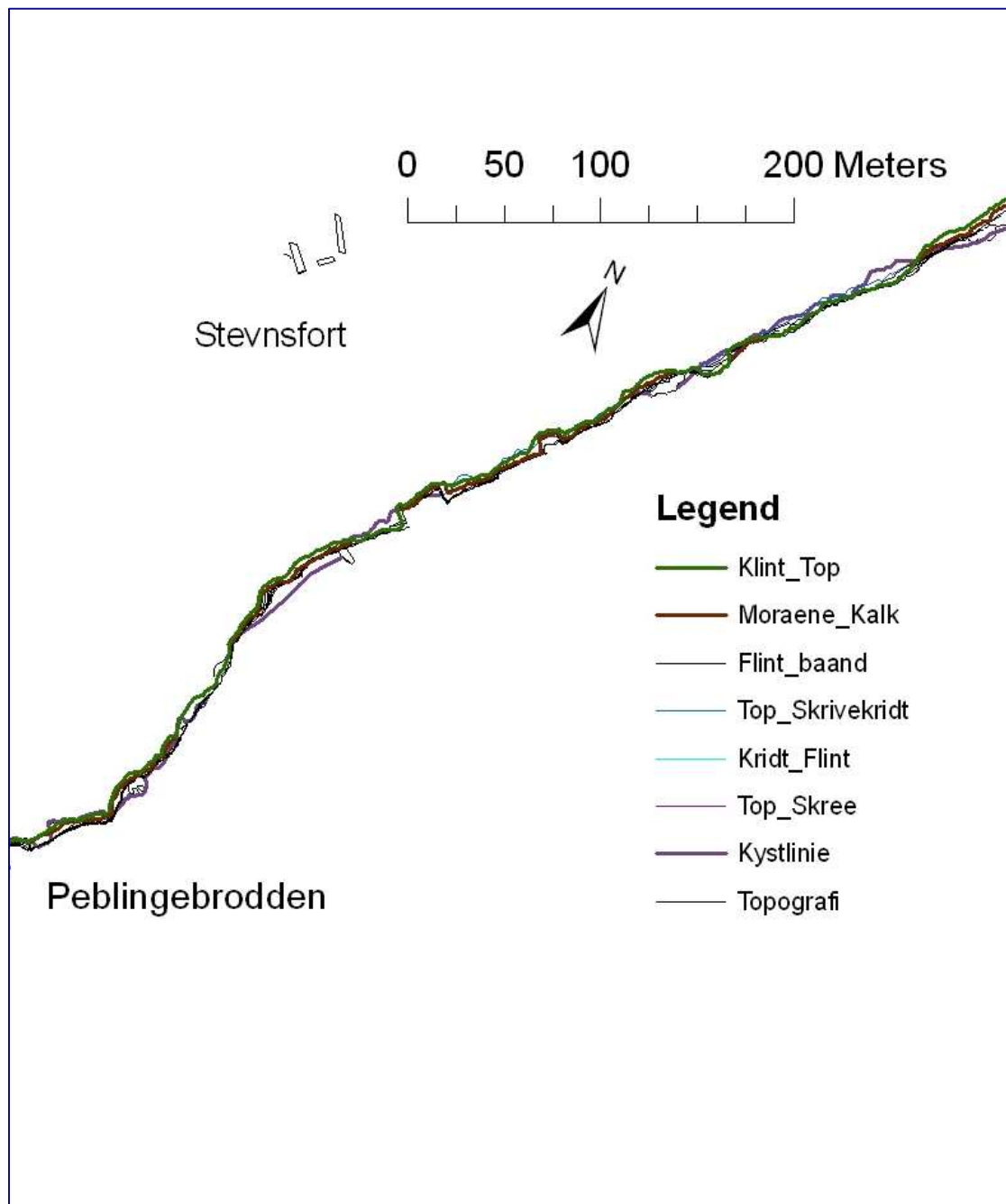
Segment 2



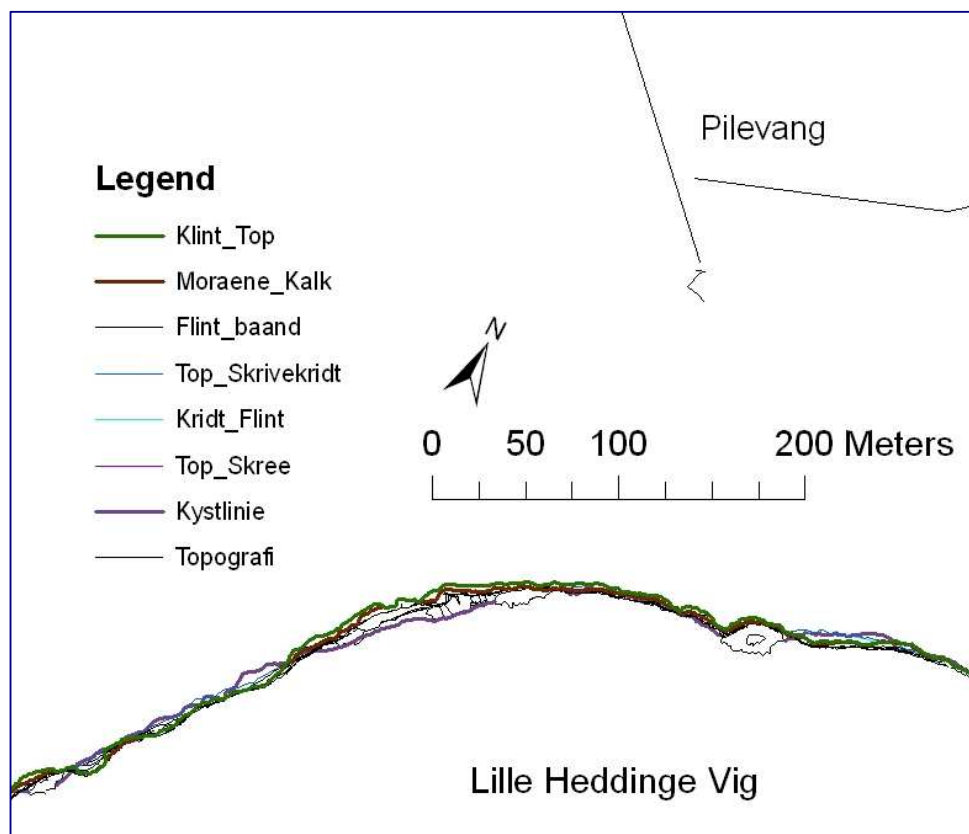
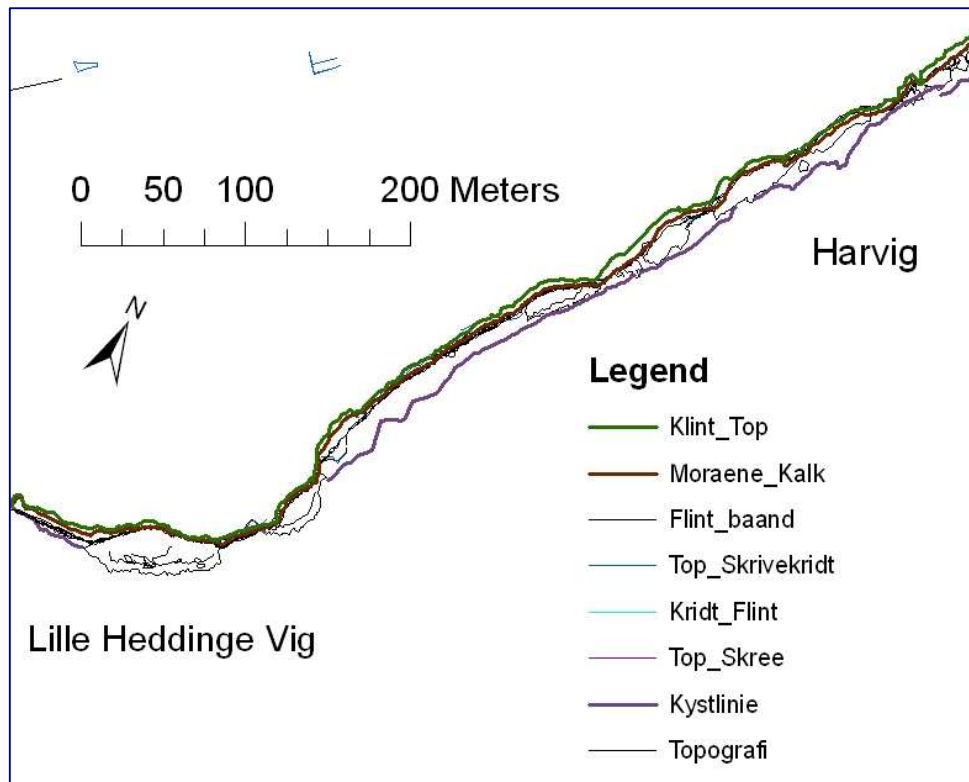
Segment 3



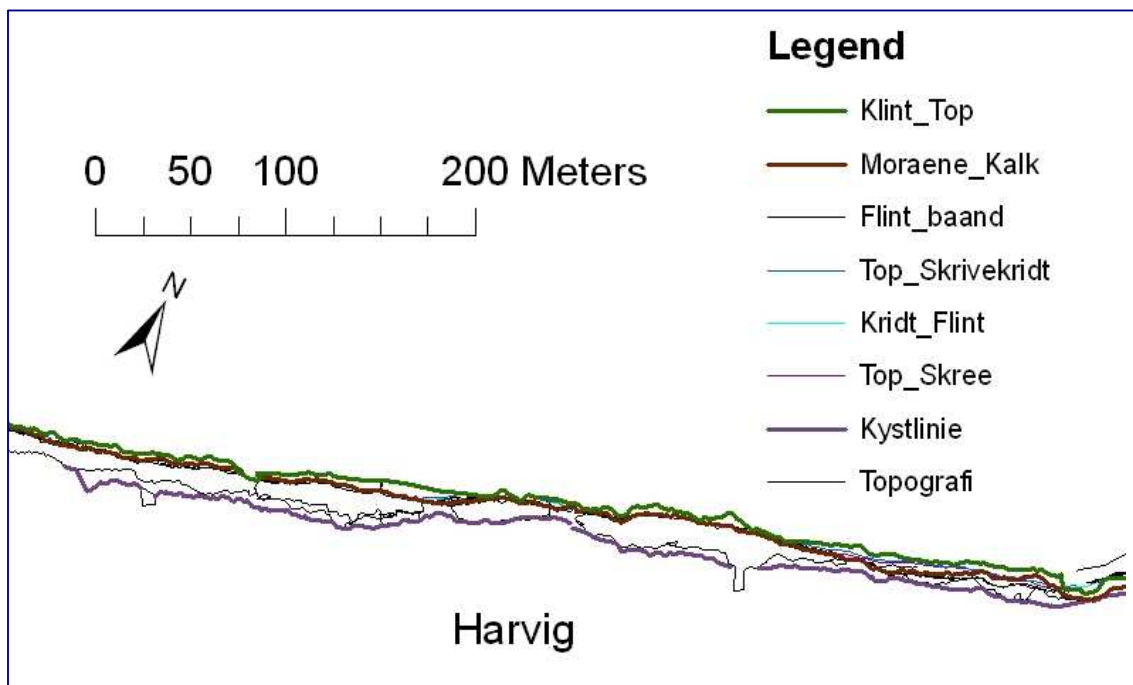
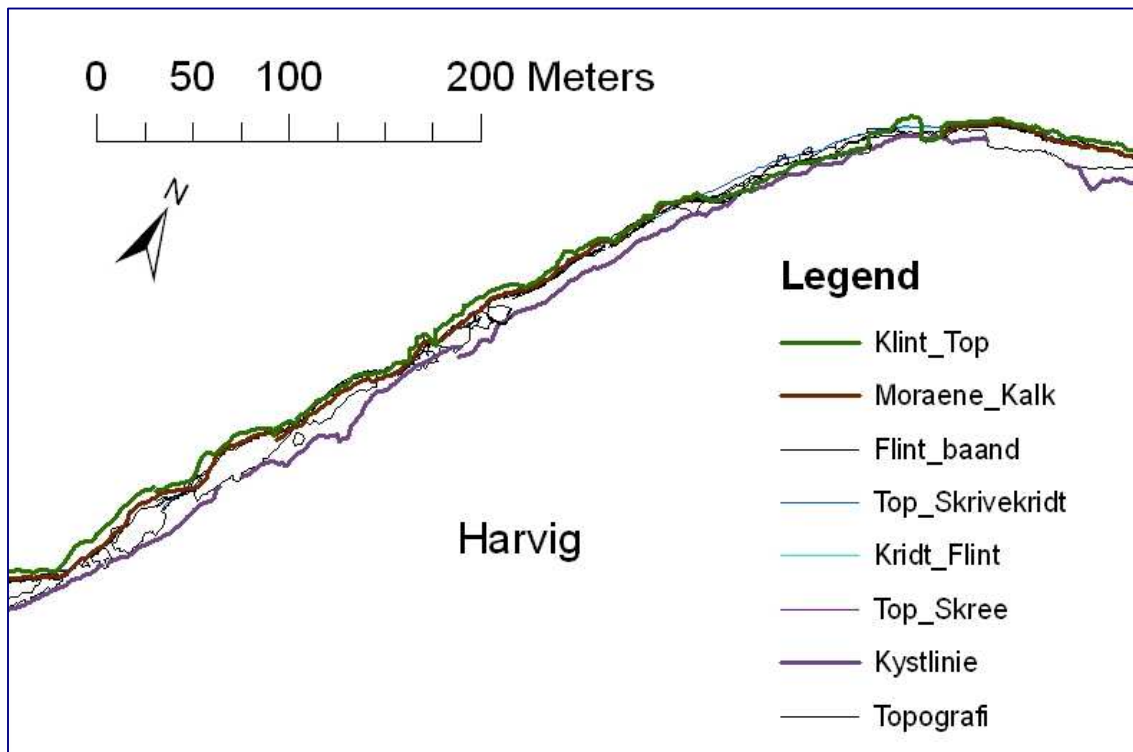
Segment 4



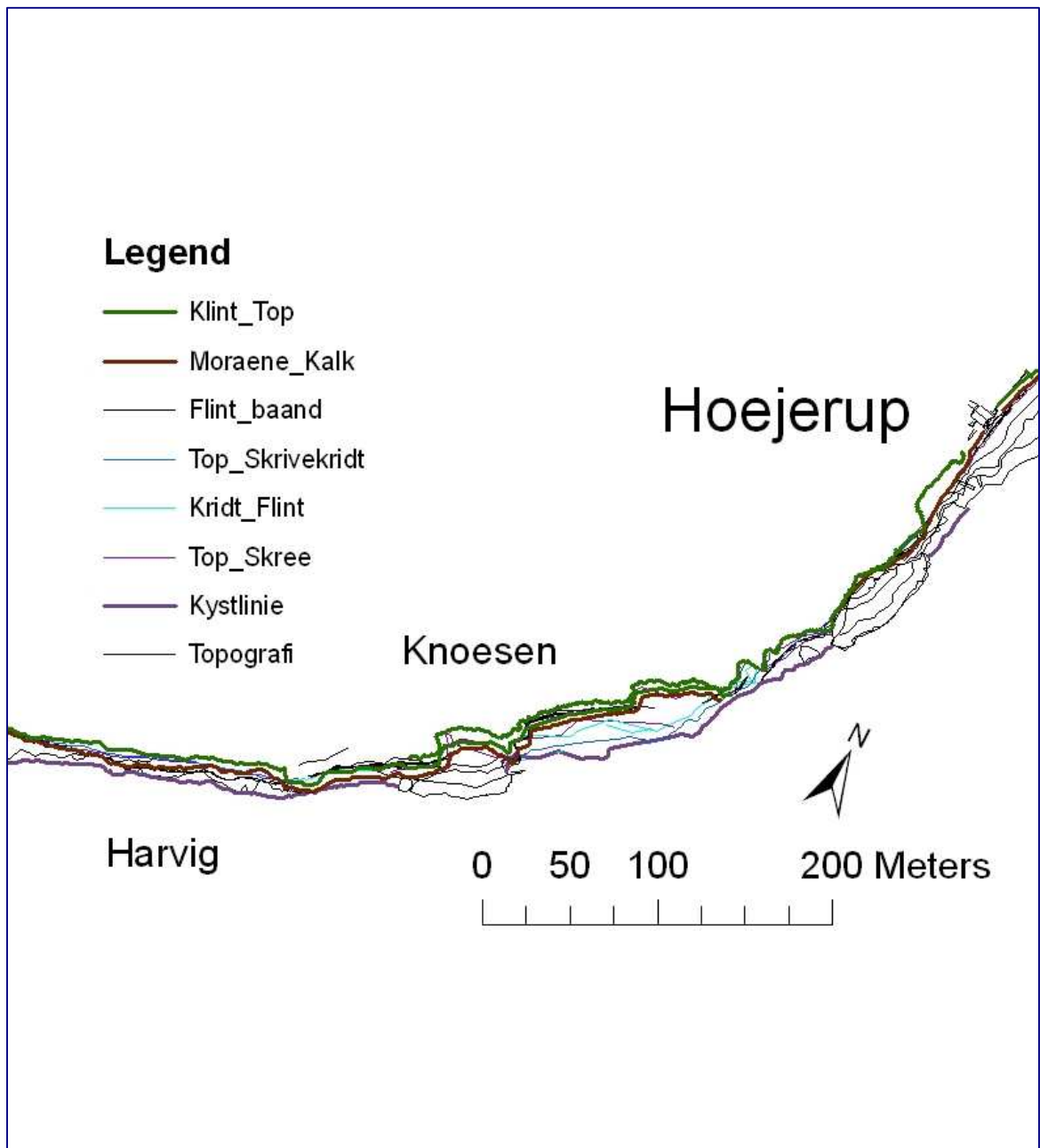
Segment 5 & 6



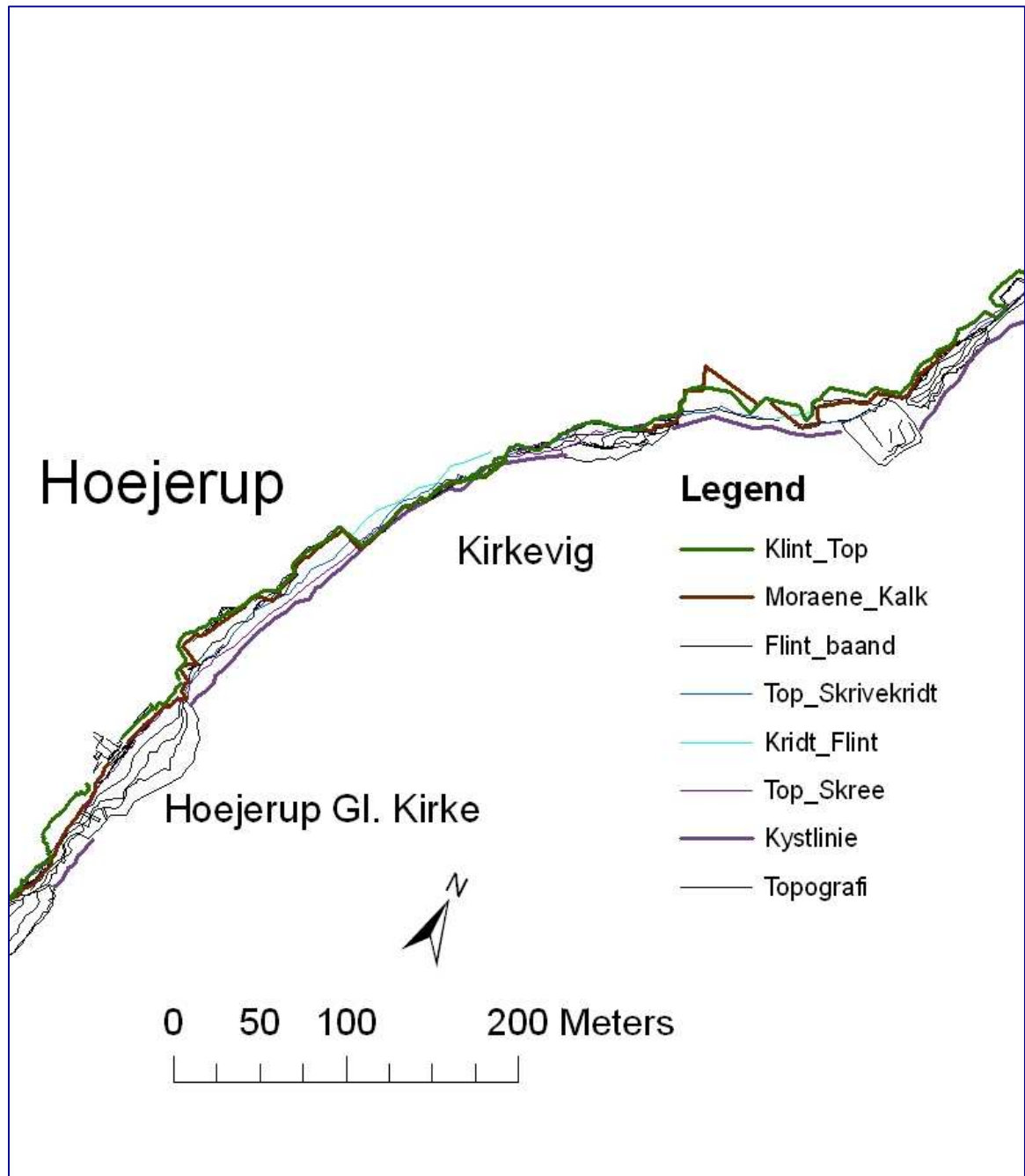
Segment 7 & 8



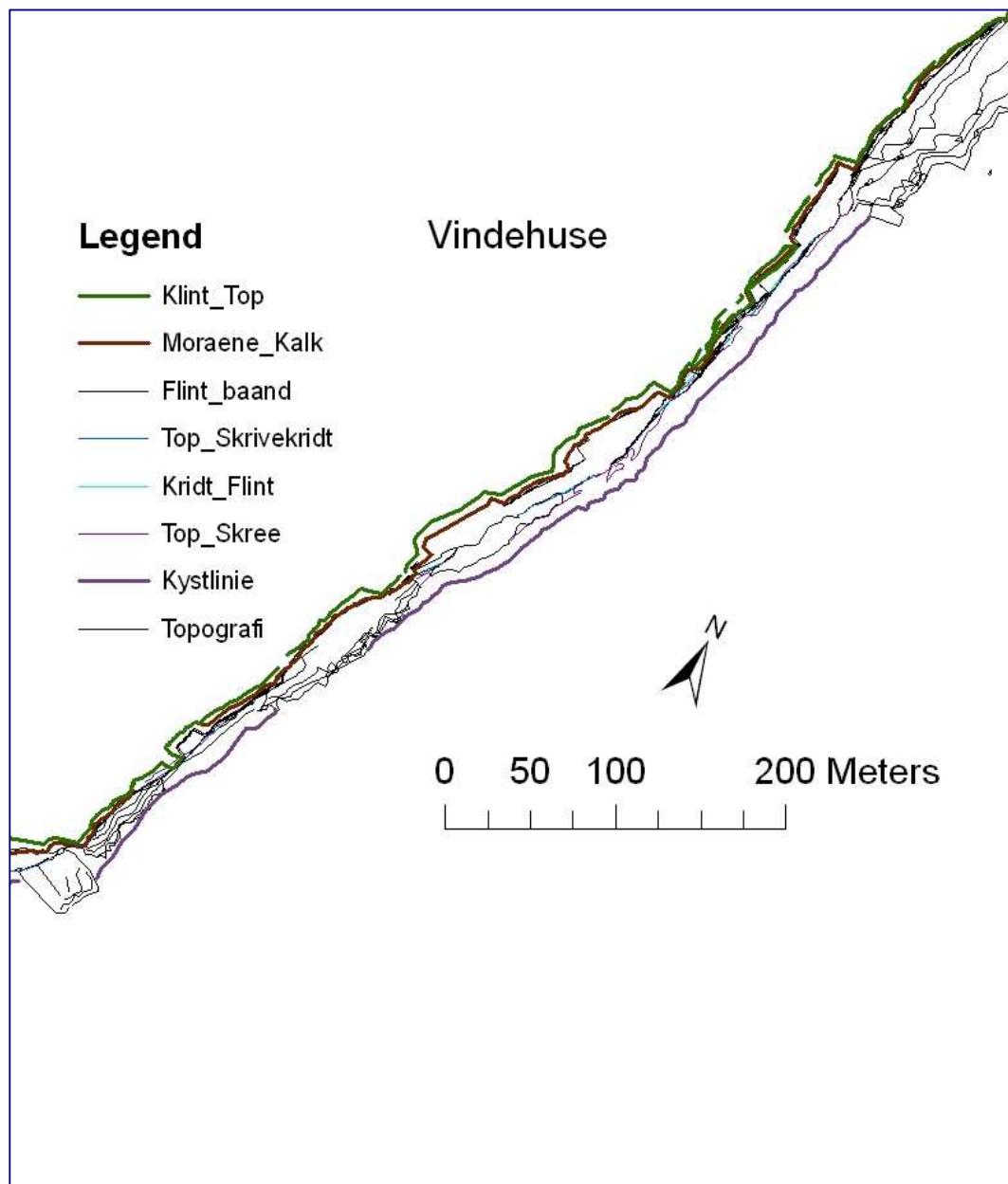
Segment 9



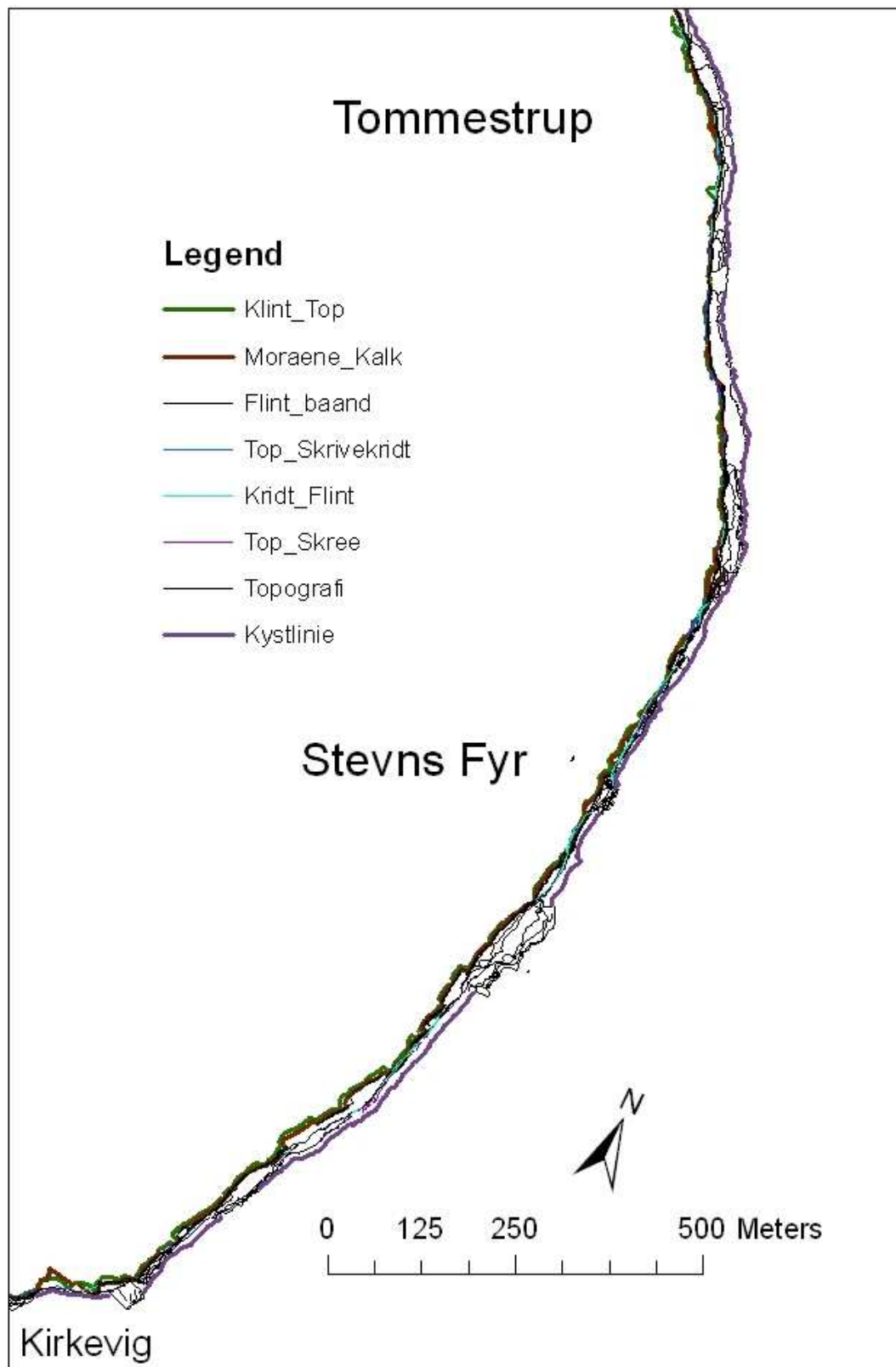
Segment 10



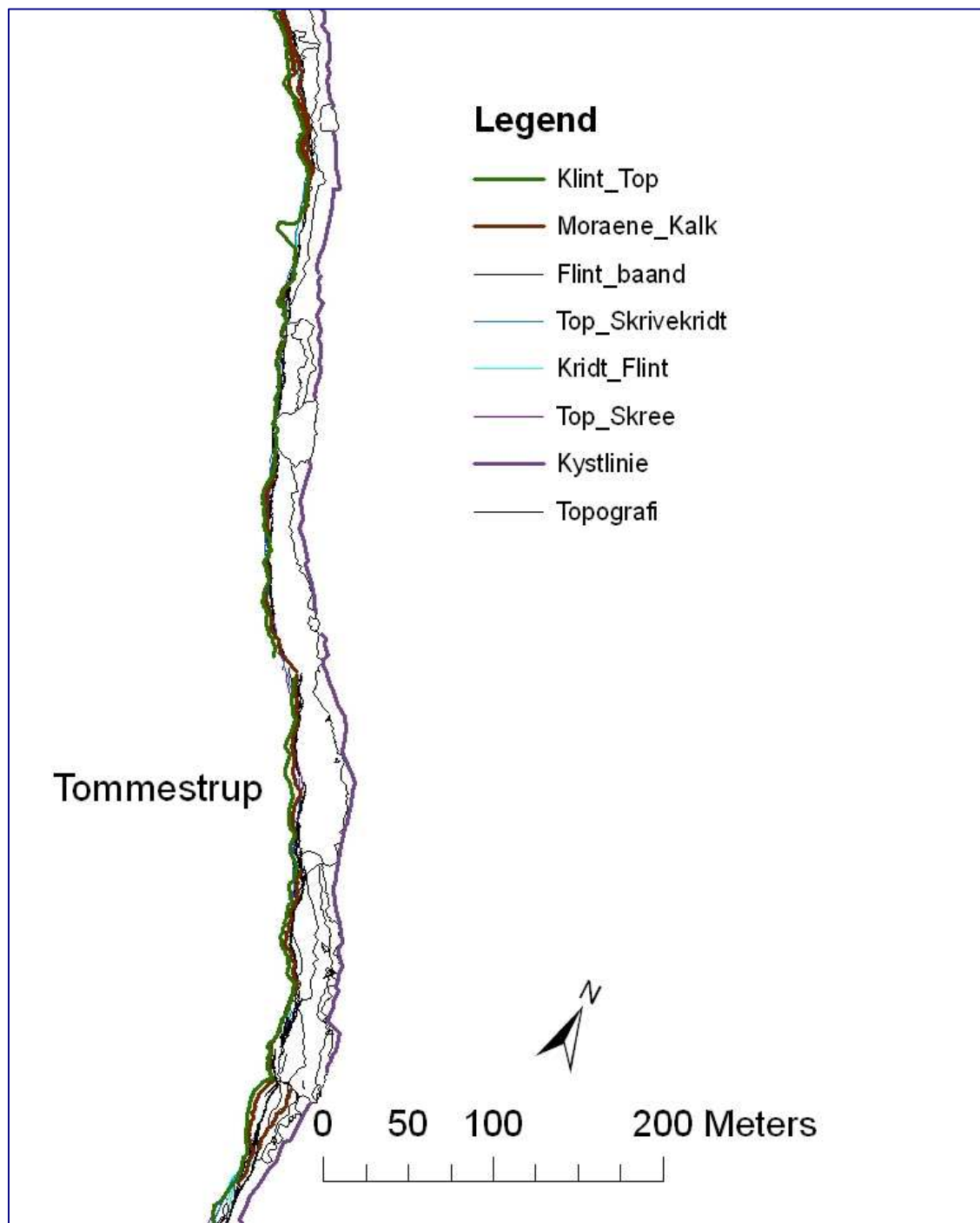
Segment 11



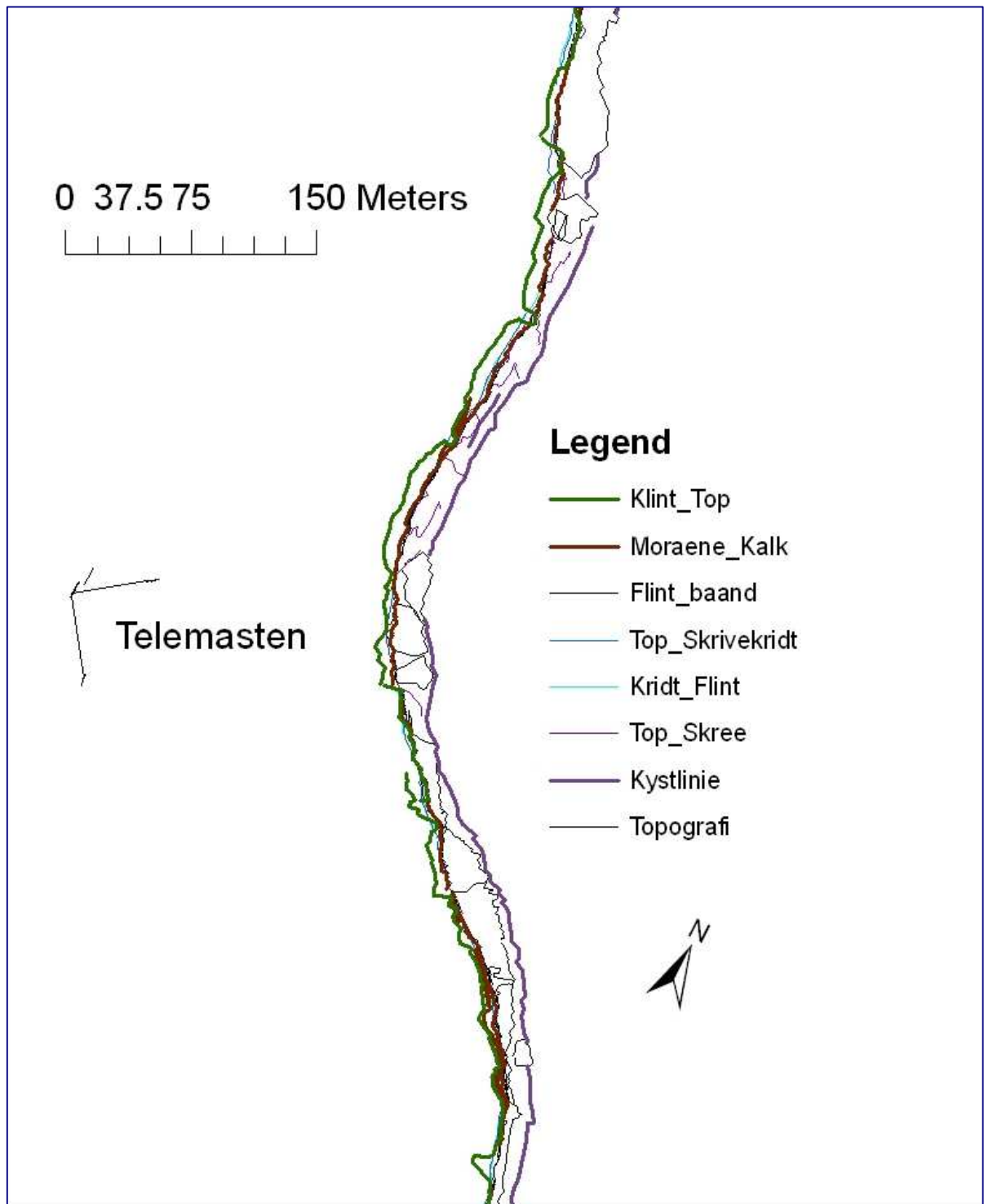
Segment 12



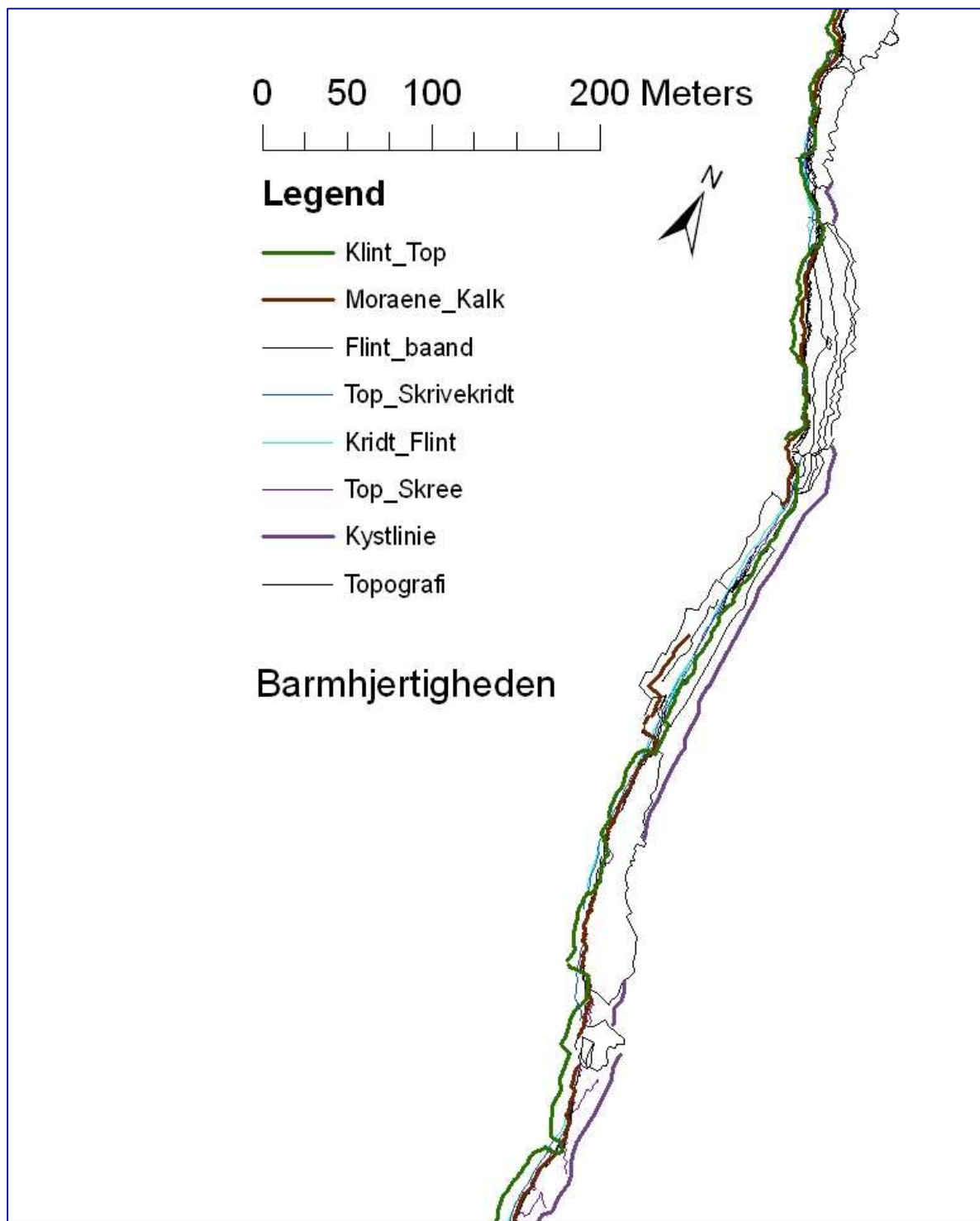
Segment 13



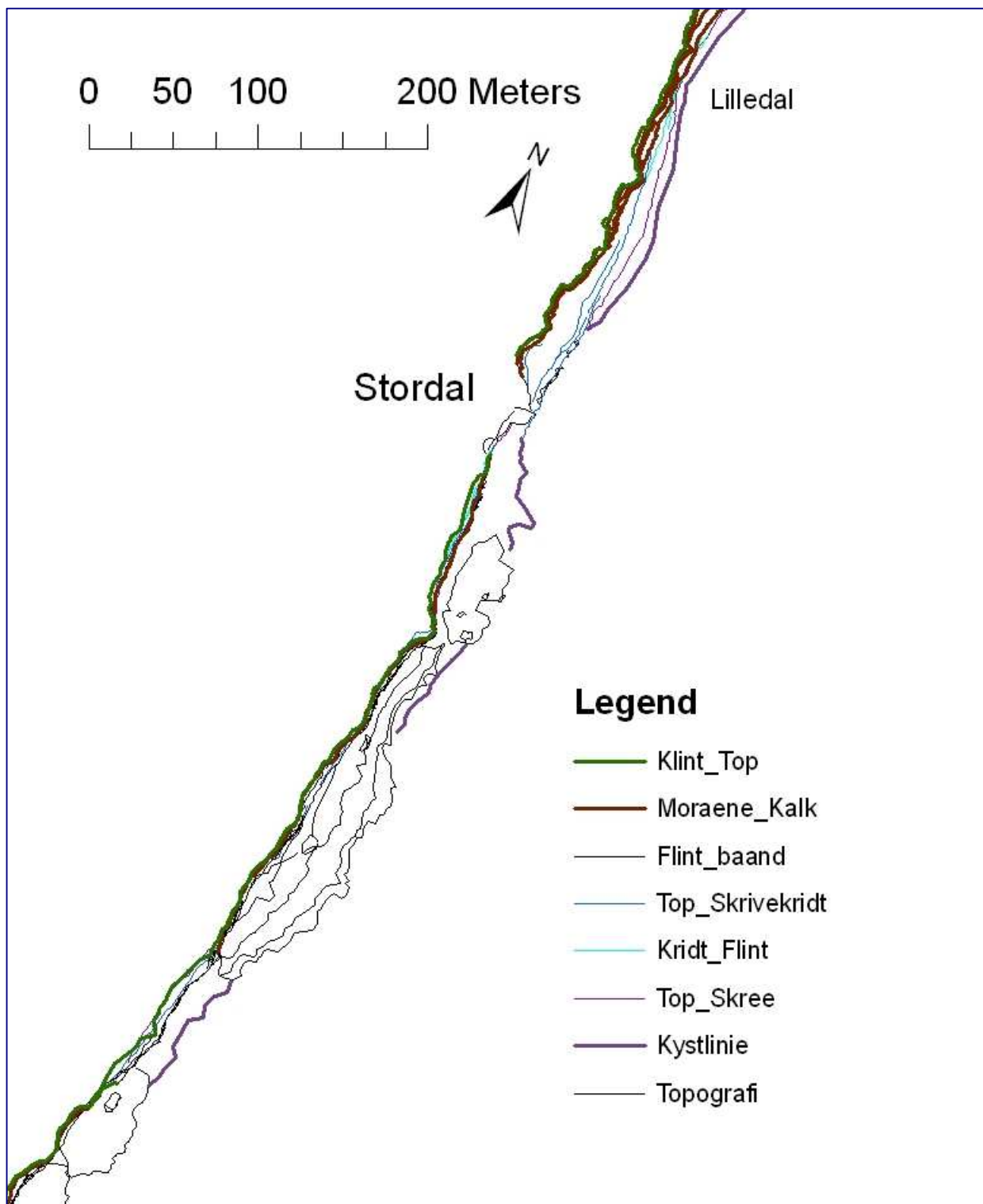
Segment 14



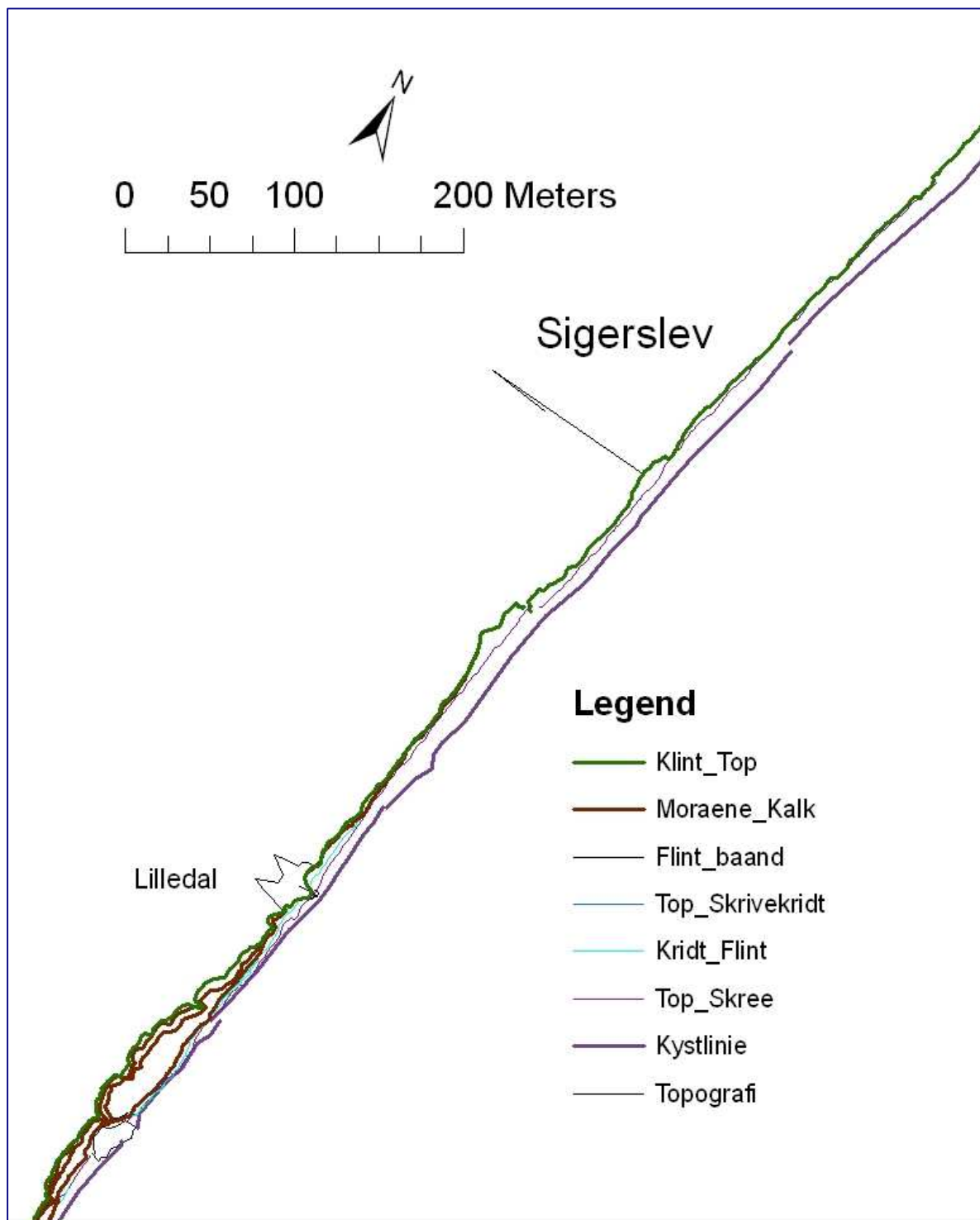
Segment 15



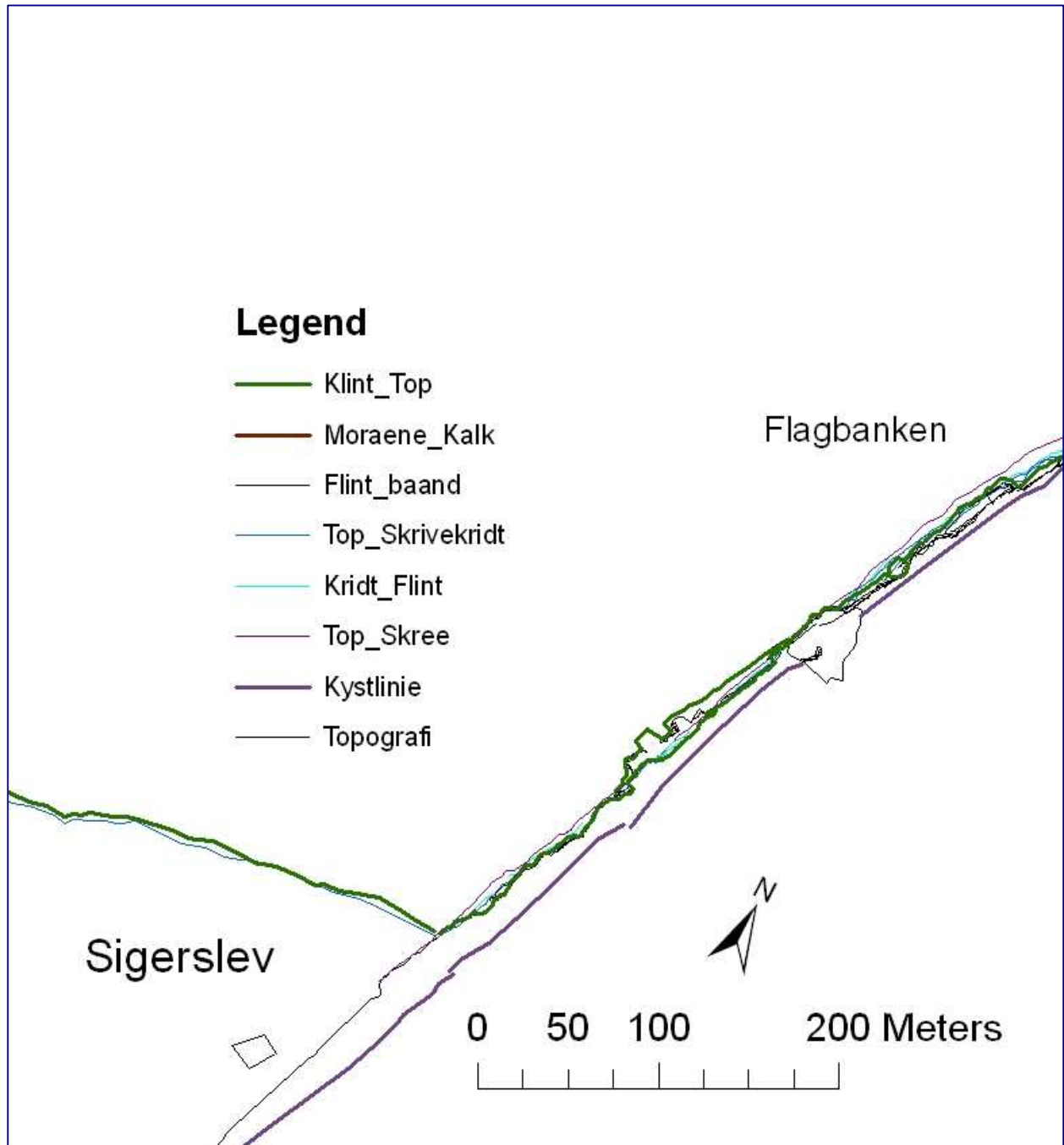
Segment 16



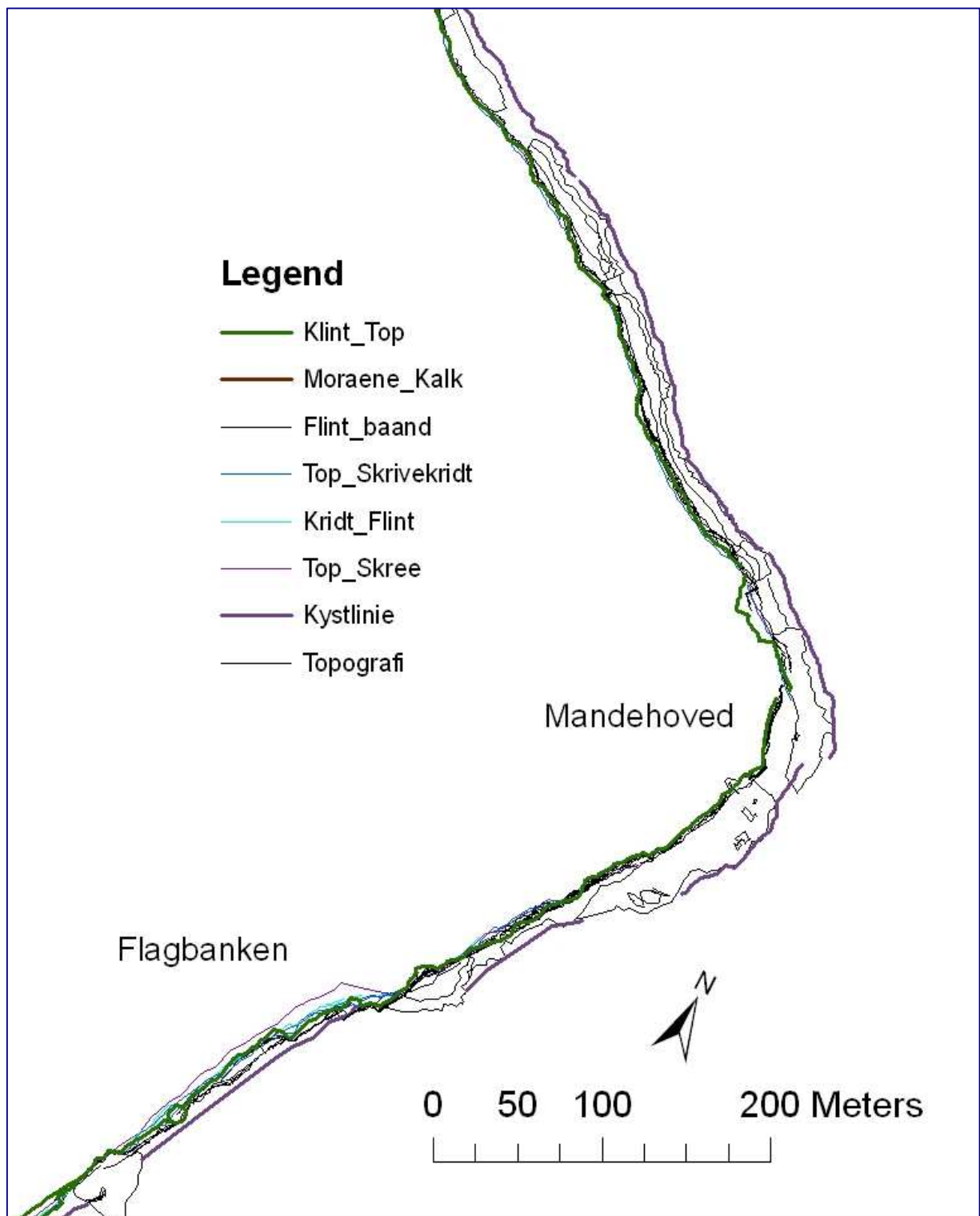
Segment 17



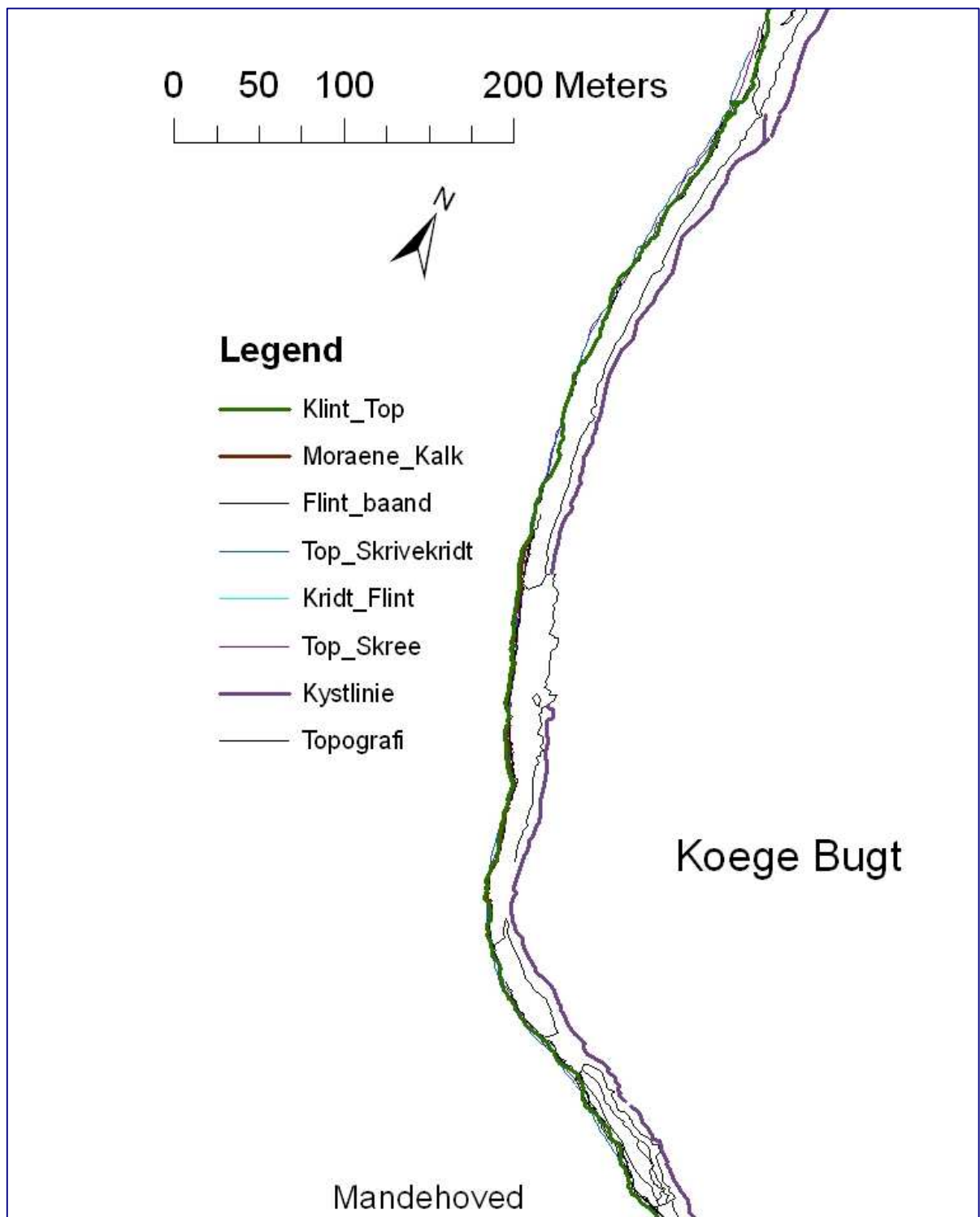
Segment 18



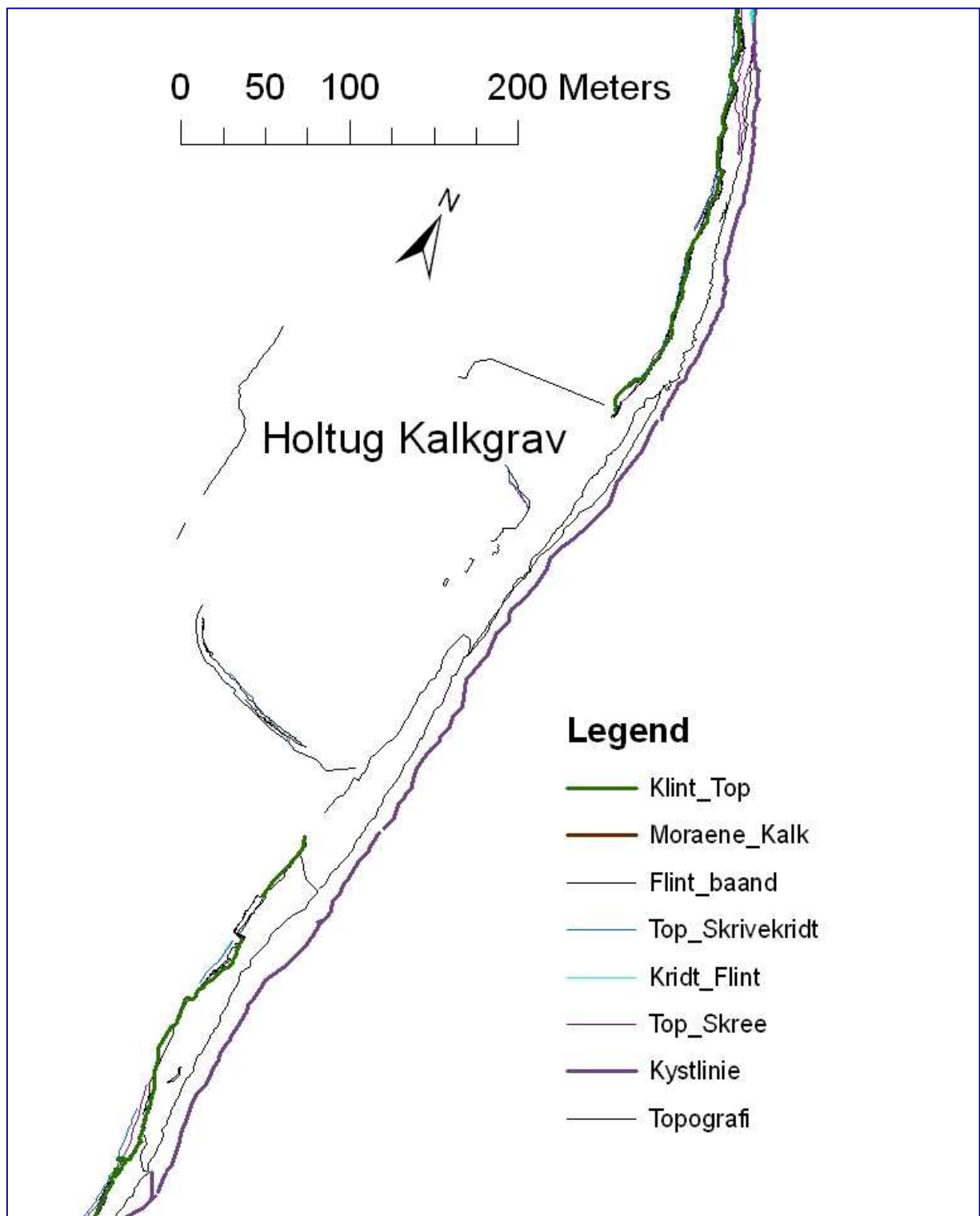
Segment 19



Segment 20



Segment 21



Segment 22

