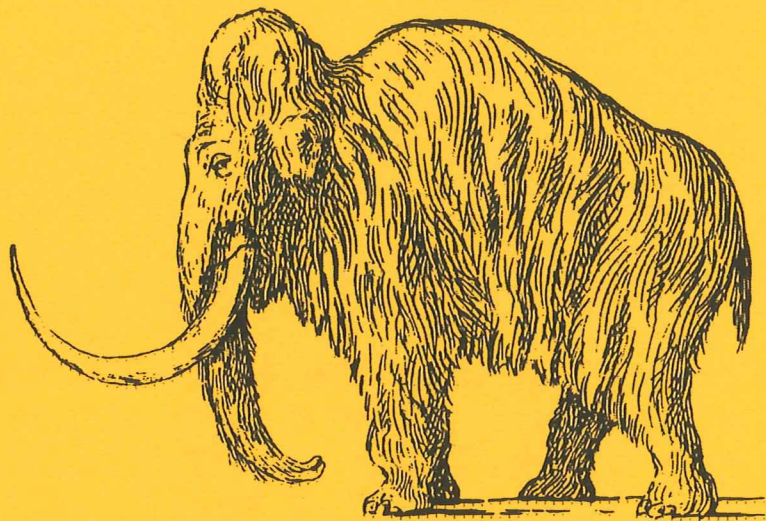


BB

# EXAMENSARBETE I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

## Kvartärgeologi

---



**Sedimentologiska och litostratigrafiska undersökningar i  
södra Malmös kvartära avlagringar, södra Sverige**

**Karl-Magnus Jönsson**

Geobiblioteket



15000

400647472

---

Lund 2000

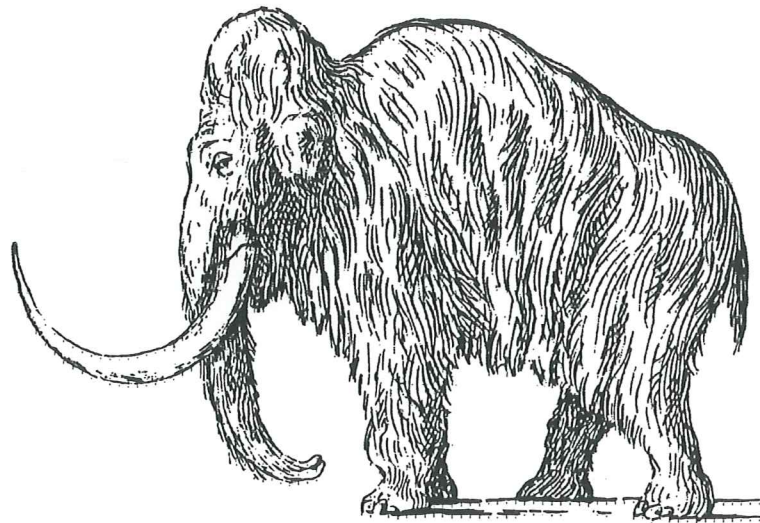
Examensarbete, 20 p  
Geologiska Institutionen, Lunds Universitet

Nr 117

# EXAMENSARBETE I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

## Kvartärgeologi

---



**Sedimentologiska och litostratigrafiska undersökningar i  
södra Malmös kvartära avlagringar, södra Sverige**

**Karl-Magnus Jönsson**

LUNDS UNIVERSITET  
GEOBIBLIOTEKET

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b> .....	<b>2</b>
1.1	Bakgrund .....	2
1.2	Syfte.....	2
<b>2</b>	<b>Områdesbeskrivning</b> .....	<b>3</b>
2.1	Skärningarnas läge.....	3
2.2	Topografi.....	4
2.3	Berggrunden .....	4
2.4	Kvartära bildningar.....	4
<b>3</b>	<b>Metodik</b> .....	<b>5</b>
3.1	Fältarbetet.....	5
3.2	Laborationsarbete .....	5
<b>4</b>	<b>Historik</b> .....	<b>6</b>
4.1	Teorier om SV Skånes glaciala historia och stratigrafi.....	6
4.1.1	Ringbergs modell (klassiska) .....	6
4.1.2	Lagerlunds modell.....	6
4.2	Tidigare undersökningar i Limhamns kalkbrott.....	7
4.2.1	Projektarbete 1989 .....	7
4.2.2	Lagerlund och Malmberg Persson 1990/1995.....	7
<b>5</b>	<b>Översiktliga skärningsbeskrivningar</b> .....	<b>8</b>
5.1	Skärning 1 (283/560 - 284/060) SO om Limhamns kalkbrott.....	8
5.2	Skärning 2 (1+380 - 1+ 780) SO om Ollebo .....	8
5.3	Skärning 3 (288/960 - 289/460) öster om trafikplats Petersborg.....	8
5.4	Skärning 4 (290/040 - 291/040) bro 11 till Lockarpsvägen.....	9
<b>6</b>	<b>Stratigrafiska korrelationer mellan skärningarna och med Limhamns kalkbrott.</b> 17	
6.1	Östra delen, skärning 3 och 4 .....	17
6.2	Västra delen, skärning 1 och 2.....	17
6.3	Jämförelser med Limhamns kalkbrott.....	17
<b>7</b>	<b>Sedimentologiska process- och miljörekonstruktioner</b> .....	<b>19</b>
7.1	Skärning 3 och 4 .....	19
7.2	Detaljstudier i skärning 2.....	21
7.2.1	Sedimentologisk beskrivning.....	21
7.2.2	Sedimentologisk tolkning.....	22
<b>8</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>29</b>
<b>9</b>	<b>Slutsatser</b> .....	<b>31</b>
<b>10</b>	<b>Tack</b> .....	<b>32</b>
<b>11</b>	<b>Referenser</b> .....	<b>33</b>
	<b>Bilaga (plansch 1-4)</b>	



# Sedimentological and lithostratigraphical investigations of the Quaternary deposits of south Malmö, south Sweden

KARL-MAGNUS JÖNSSON

Jönsson, K.-M., 2000: Sedimentologiska och litostratigrafiska undersökningar i södra Malmös kvartära avlagringar, södra Sverige. *Examensarbeten i Geologi vid Lunds Universitet - Kvartärgeologi*, nr 117. 34pp.

Extensive excavations in Quaternary deposits were performed during road and railway constructions in southern Malmö in connection with the new Öresund bridge. The aim of this study was to investigate lithostratigraphy and sedimentology of these deposits. 2.5 km of the sections were briefly documented and some parts were studied in more detail with fabric analyses and sampling for grain size and clast lithology analyses.

An upper and a lower diamicton were recognised in all sections, but differences occur between the western and eastern parts. In the east the diamictons are thicker and the two diamictons are interlayered by laterally extensive beds of silt and sand with a contribution of gravel and interfingering heterogeneous diamicton. In the west the Quaternary deposits are thinner, the interlayers are missing and the lower diamicton is more complex.

The upper diamicton seems to completely cover the area. Deformation structures in the diamicton and

in the underlying sediments suggests an interpretation as deformation till deposited by an active glacier from SW. The silt and fine sand sediments were deposited in a low energy fluvial environment. The interfingering of diamicton beds suggest deposition in extensive, subglacial cavities. The lower diamicton unit, which reaches down to the limestone bedrock, is a massive, clayey diamicton. Inclusions of deformed and undeformed layers of sand and gravel occur in the western part. The lower diamicton is also interpreted as a deformation till combined with subglacial cavity sedimentation.

The deformation tills were transported as water-rich, viscous, deformation layers under an active glacier. The friction at the base was strongly reduced by high pore water pressures and subglacial cavities. This suggests a thin, fast moving, low gradient glacier.

*Keywords:* deformation till, cavities, glacial sediments

*Karl-Magnus Jönsson, Department of Quaternary Geology, Lund University, Sölvegatan 13. S-223 62 Lund, Sweden*



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

I samband med byggandet av Öresundsbron mellan Malmö och Köpenhamn görs också stora anläggningsarbeten av anslutande vägar och järnvägar runt Malmö. Dessa schaktas ofta ner i marken för att störa landskapsbilden mindre. Därmed uppkommer imponerande, kilometerlånga och upp emot tio meter djupa skärningar i de kvartära avlagringarna. De stora skärningarna ger ett bra tillfälle att studera geologin runt Malmö. Arbetet med att undersöka dessa koncentrerades på en ca 7 km lång sträcka mellan Bunkeflostrand och Fosieby/Lockarp. Endast de större och djupare skärningarna undersöktes, totalt ca 2,5 km.

## 1.2 Syfte

Syftet med arbetet är följande:

- Att snabbt och översiktligt dokumentera så mycket som möjligt av geologin och stratigrafin längs skärningarna i södra Malmös utkanter. Detta material kommer sedan att användas som underlag till Malmö GeoAtlas. Detta är ett 3-D-informationssystem om Malmös geologi som tas fram av VBB VIAK och Malmö gatukontor.
- Att göra en mer detaljerad sedimentologisk studie av ett utvalt parti för att kunna göra tolkningar av sedimentationsprocesser och avlagringarnas bildningsmiljö.

## 2 Områdesbeskrivning

### 2.1 Skärningarnas läge

Det undersökta området ligger strax söder om Malmö i Skåne, södra Sverige (fig.1). Den aktuella väg- och järnvägssträckan sträcker sig ungefär i väst-östlig riktning från Bunkeflostrand, strax söder om Limhamns kalkbrott, i väster, till Lockarpsvägen vid Fosieby i öster. Landskapet domineras av fortfarande använd eller nerlagd jordbruksmark. Arbetet koncentrerades till fyra av de största och intressantaste skärningarna (fig. 2). Den västligaste (skärning 1) utgjordes av en 500 m lång sträcka sydost om Limhamns kalkbrott, den andra (skärning 2) 400 m skärning sydost om Ollebo, PEABs platskontor söder om Vintrie, den tredje (skärning 3) strax öster om korsningen med Trelleborgsvägen (Petersborgs trafikplats) 500 m och östligast (skärning 4) en sträcka av 1000 m längs anläggandet av järnvägsspåret fram till Lockarpsvägen.

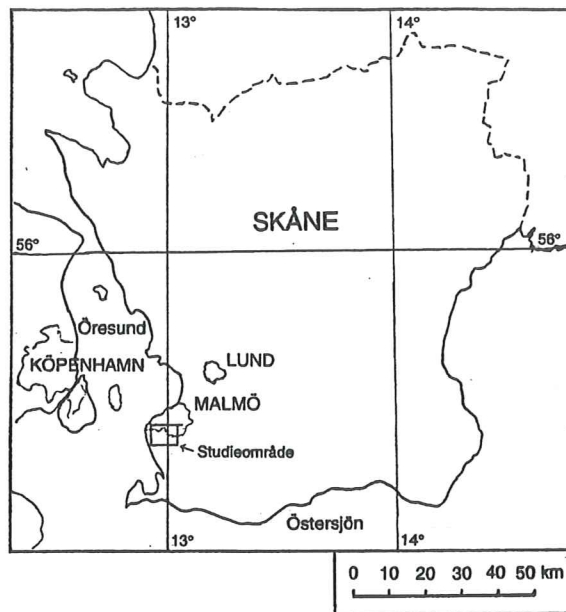


Fig. 1. Översiktsskarta visar södra Sverige. Rutan markerar studieområdet i fig. 2.

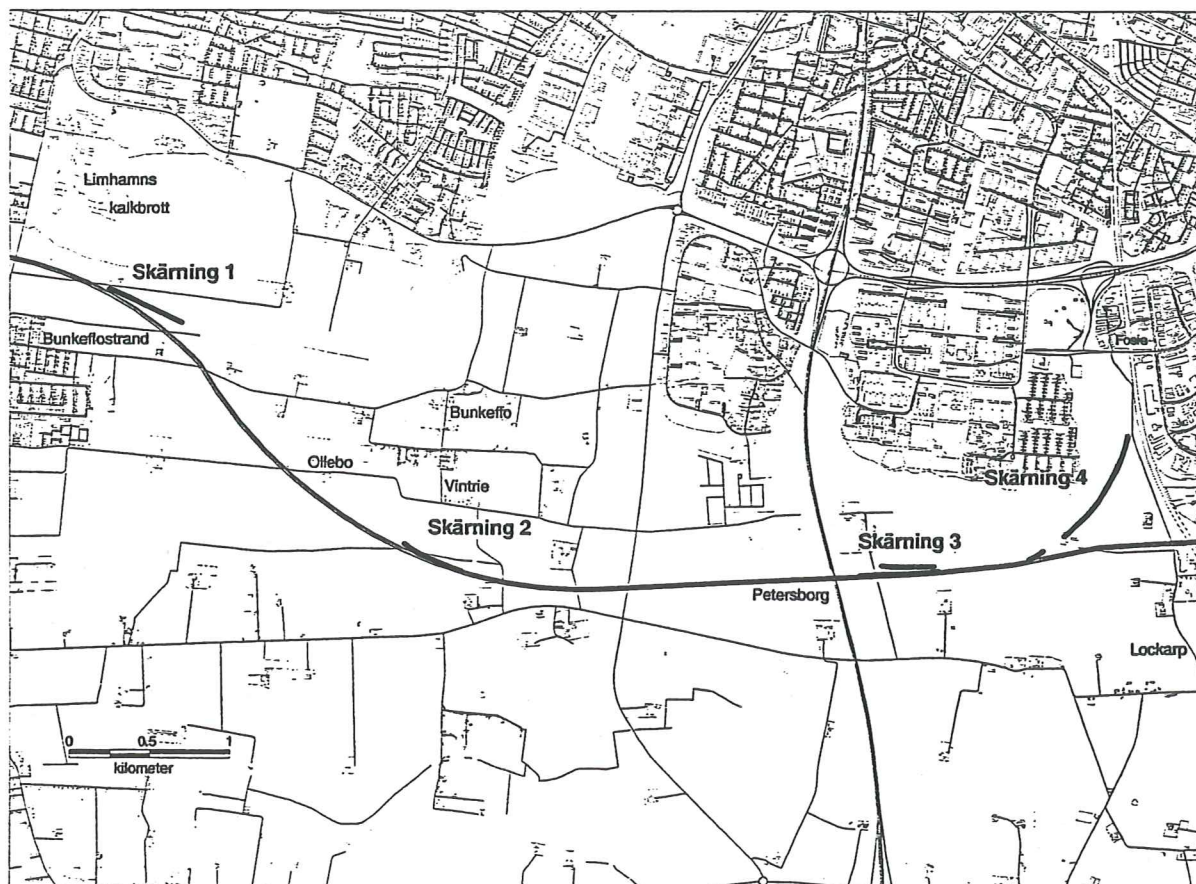


Fig. 2. Kartan visar de fyra undersökta skärningarnas läge i södra Malmös utkant.

## 2.2 Topografi

Markytan är flack till svagt undulerande. Flackheten är mest utmärkande i väster. Markytan stiger generellt från väster mot öster. I väster ligger den på ca 9 m ö h (meter över havet) för att i öster nå 36-37 m ö h. Artificiella kullar har skapats på vissa platser av överblivna schaktmassor. Dessa försvårar ibland urskiljandet av den naturliga markytan.

## 2.3 Berggrunden

Berggrunden består i hela undersökningsområdet av danienkalksten (Ringberg, 1975). Det är en ljusgrå kalksten med subhorisontella anrikningar av flinta. Flintlagren gör att den får ett randigt utseende i en skärning. Berggrunden blottas inte naturligt någonstans i området. Berggrundsytan ligger yttligare i

väster (ca 4-5 m djupt) än i öster (ca 20 m djupt). Blottningar av berggrunden finns i de västligaste schakten. Den översta delen av berggrunden är starkt vittrad och uppsprucken. Det är därför ställvis svårt att exakt lokalisera gränsen mot överliggande kalkrika morän.

## 2.4 Kvartära bildningar

Berggrunden täcks av kvartära sediment som är mäktigast i öster. Lagerföljden i Malmö kan generellt beskrivas som två diamiktoner med mellanliggande sorterade sediment bestående av grus, sand och silt, men även vissa diamikta inslag (Ringberg, 1975). Enligt SGU:s jordartskarta (Ringberg, 1975) består yjordarterna till största delen av moräner dominerade av silt och ler samt mindre partier av sand och isälvsediment.



## 3 Metodik

### 3.1 Fältarbetet

Fältarbetsperioden inföll i augusti till början av oktober 1998. Intensivast var arbetet under den senare delen av perioden. Drygt halva fältarbetet innebar översiktlig dokumentering av de största skärningarna; fyra huvudskärningar på totalt 2,5 km. Skärningarna mättes upp, rensades där det var nödvändigt och dokumenterades.

Dokumentationen innebar huvudsakligen avritning på millimeterpapper i skala 1:100 men även fotografering, mätning av paleoströmriktningar i vatten-sorterade sediment och provtagning för kornstorleksanalys och bergartsanalys.

Byggbolagets stakkäppar med positionsangivelse i längd och höjd användes som referenser för mätningarna. Käpparna fanns vanligtvis utmed sträckningen var 20:e meter. På käpparna fanns en kilometerangivelse och en meterangivelse inom denna kilometer. Uppmätningen är från väster mot öster dvs lägst värden i väster som stiger mot öster. Kilometerangivelserna för järnvägssträckningen börjar på 280 vid Lernacken och finns kontinuerligt längs skärningssträckorna. Motorvägens kilometerangivelser är 20 km lägre än järnvägens och börjar således på 260 vid Lernacken. Det finns även mer lokala referenssystem vid ramper och broar som ibland använts. Dessa är alla någonstans kopplade till de större systemen. Det är huvudsakligen järnvägens referenssystem som används i figurerna men även de andra förekommer. Alla skisser är konstruerade så att betraktaren ser mot en ca nordlig riktning.

De sista två veckorna av fältarbetsperioden inriktades på att göra en mera detaljerad sedimentologisk studie på en utvald skärning vid Ollebo (skärning 2). Den innebar rensning och avritning på millimeterpapper i skalorna 1:25 och 1:10, fotografering, riktningsanalyser, paleoströmmätningar i sorterade sediment samt provtagning för kornstorleksanalys och bergartsanalys. Vid riktningsanalyserna (fabricanalyserna) mättes orienteringen av både a- och b-axlar på grövre gruspartiklar inom ett litet område så att minst 20 b-axelmätningar på varje prov erhöles. Kvoten mellan längderna av partiklarnas a- och b-axlar var minst 1,5. Kvoten var också minst 1,5 mellan b- och c-axlarna då b-axlarna mättes. Vid paleoströmmätningarna mättes stupningsriktningen och stupningen av tydliga foresetbäddar i två- och tredimensionella dyner.

### 3.2 Laborationsarbete

Kornstorleksanalyserna utfördes enligt Talme och Almén (1975). Resultaten bearbetades med datorprogrammet M-korn. Bergartsproverna siktades för att sortera ut fraktionerna:  $-2\Phi$  till  $-2,5\Phi$  (4 - 5,6 mm), huvudfraktion och  $-1,5\Phi$  till  $-2\Phi$  (2.8 - 4 mm), hjälpfraktion. Hjälpfraktionen användes när antalet partiklar i huvudfraktionen inte var tillräckligt. Uppdelning i olika bergartsgrupper gjordes under ljusmikroskop. Bergartsgrupperna som identifierades var:

- urberg, sura och basiska magmatiska och metamorfa bergarter (tex gnejs, granit och diabas) huvudsakligen från den skandinaviska urbergsskölden, som dominerar Skandinavien norr om Mellanskåne, men även från de skånska horstarna
- paleozoisk kalksten, röd och grå, finns framför allt i och runt Östersjön t.ex på Öland och Gotland
- krita- och danbergarter, huvudsakligen kalksten och flinta från den lokala berggrunden som dominerar Sydvästskåne från en linje mellan Landskrona och Ystad
- skrivkrita; vit, mjuk krita från delar av södra Östersjön
- röd sandsten, möjligen paleozoisk, från nordvästra eller sydvästra Östersjön
- kvartssandsten, kambrisk, finns exempelvis i sydöstra Skåne
- övrig sandsten, siltsten; oftast mesozoisk och finns i Nordväst- och Sydöstskåne samt i Östersjön.
- skiffer, finns i Mellanskåne och i centrala Östersjön
- övrigt

Flinta och kalksten hör till gruppen lokala bergarter medan övriga räknas som mera långtransporterade. Antalet analyserade partiklar var mellan 300 och 500 i varje prov. Resultaten bearbetades i MS Excel. Riktningsanalyserna bearbetades statistiskt enligt egenvaluemetoden (Mark, 1973) och plottades i stereogram med hjälp av programmet Stereo.



## 4 Historik

### 4.1 Teorier om SV Skånes glaciala historia och stratigrafi

Skånes glaciala historia har varit föremål för ett stort antal undersökningar och flera modeller har utarbetats under de senaste drygt hundra åren. Idag finns två huvudmodeller. Den klassiska, som för första gången presenterades av Torell (1872, 1873), har omarbetats och modifierats av åtskilliga personer under 1900-talet (bl a Holmström, 1904; Munthe, 1920; Wennberg, 1949 och Ringberg, 1988). En annan glaciationsmodell lades fram av Lagerlund (1980, 1987). Den klassiska modellen grundar sig på att olika isströmmar (nordostliga samt baltiska från sydväst till sydost) under glaciationen dominerat inlandsisens isflöde i olika grad. Lagerlunds modell bygger på att marginaldomer utbildats i kanten av inlandsisen och att dessa i sin tur styrte isflödet.

#### 4.1.1 Ringbergs modell (klassiska)

I Ringbergs (1988) modell, som bygger på den klassiska, för glaciationen i Sydsverige påverkas Sydvästskåne av tre isframstötter under Senweichsel. Den första kallas den gammalbaltiska isframstötten och skulle ha en riktning från sydost i området. Moränavsättningen efter denna is kallar Ringberg Kvarnby Till i Sydvästskåne och den har ett högt innehåll av baltiska bergarter (paleozoisk kalksten, krita och danienkalksten). Stora skållor av skrivkrita är funna öster om Malmö. Denna första is smälte bort och lämnade sorterade sediment ovanpå moränen. Isen breddade ut sig på nytt fram till maxläget på Jylland.

Avsmältningen skedde sedan inte jämnt utan innehöll oscillationer med nya framstötter. Under Weichselisens maxutbredning var isrörelseriktningen från nordost men vred vid avsmältningen (Östjylländska framstötten) till en riktning mera från sydost. Detta skulle bero på att en tunnare is i huvuddomen under avsmältningen skulle påverkas av en starkare baltisk isström från sydost som hade lättare att glida fram på underlaget i Östersjösänkans botten. Moränerna i Skåne (i sydvästra Skåne S.Sallerup Till) fick mer nordostlig sammansättning (urberg, skiffer) i botten och en mer baltisk i toppen. Söder om Romeleåsen avsnördes vid deglaciationen stora mängder dödis som senare bildade backlandskapet. Havsytan var vid Lund 45 m ö h vid deglaciationen men sjönk till 25 m ö h innan nästa isframstöt. På markytan vindslipades stenar och iskilar utbildades. I avsmältningssedimenten (glacifluvium) vid Lockarp 6 km sydsydost om Malmö är en

mammutbete funnen och daterad till 13,2 - 13,3 ka BP (Berglund et al., 1976).

Den sista isframstötten kallar Ringberg Bälthavs- eller Lågbaltiska isframstötten. Isen sköt fram från söder och väster i lobar upp till 30 km från nuvarande kusten i södra och västra Skåne. Isen hade hög hastighet, var tunn och hade flack profil. Moränen som avsattes kallar Ringberg Malmö Till. Den är rik på kalksten och lera, men sten- och blockfattig. Mäktigheten är mellan 0,5 och 20 m ofta mäktigast i öster. Malmö Till når upp till 90 m ö h. Moränen har ett subglacialt ursprung men täcks ofta av supraglacialt bildad morän. Moränkilar finns ibland i kontakten med underliggande sediment.

#### 4.1.2 Lagerlunds modell

I Lagerlunds (1987) modell avancerade isen i Senweichsel genom att svämma ut i Östersjösänkans vattenfyllda bassänger. På dessa utsvämmade partier byggdes sedan en marginaldom upp. Marginaldomen gav andra isrörelseriktningar och böjde av huvudisens rörelse i kanten, men inkorporerades sedan successivt i huvudisen. Det var en svämning och uppbyggnaden av en marginaldom i södra Östersjön som gav de första Senweichselmoränerna i Sydvästskåne. Marginaldomen gav en isrörelseriktning från söder och baltisk materialsammansättning i den av Lagerlund kallade Dalby till, undre baltisk facies.

Marginaldomen inkorporerades sedan successivt och under Weichselisens maximitbredning blev isrörelsen i hela Skåne från nordost och avsatte Dalby Till, nordostlig facies.

Även under isens avsmältning bildades marginaldomer på områden av dödis. En sådan i södra Östersjön var orsaken till att isrörelsen åter svängde om med ny riktning från sydost och söder samt med avsättning av baltiskt material i Dalby Till, övre baltisk facies i västra Skåne. Gränsen mot nordostlig facies i öster består av en bred övergångszon. Isen smälte sedan av snabbt från väster och isrörelsen svängde av till att komma från öster.

Den allra översta enheten i västra Skåne som motsvarar Ringbergs Malmö Till, tolkar Lagerlund och Malmberg Persson (Lagerlund 1987, Malmberg Persson 1988, Malmberg Persson & Lagerlund 1990, 1994) som ett subakvatiskt avsatt sediment med suspensionsmaterial och isbergsdumpat material. Tektonik i sedimentet har sitt ursprung i strandade isberg. Detta förutsatte en transgression från mycket låga nivåer i Malmöområdet (< +10 m) till 80 - 90 m ö h. Sedimentens norra och östra gräns representerar transgressionens högsta strandlinje. Transgressionen som möjliggjorde detta berodde troligen på



en uppdämning orsakad av glaciäris i Kattegatt och skedde över en periglacial markyta med iskilar och vindslipade stenar. Lagerlund kallar sedimentet Lund Diamikton, sedermera Öresund Diamikton (Lagerlund och Houmark-Nielsen, 1993).

## 4.2 Tidigare undersökningar i Limhamns kalkbrott

De kvartära sedimenten i området har undersökts tidigare i Limhamns kalkbrott (t ex Ringberg 1975, 1988; Berglund & Lagerlund 1981; Adrielsson *et al.* 1989; Lagerlund & Malmberg Persson 1990; Lagerlund 1995). Kalkbrottets södra sida ligger endast ca 200 m norr om skärning 1 (fig. 2). Stratigrafin i kalkbrottets olika skärningar varierar och undersökningarna har resulterat i olika tolkningar av sedimenten i lagerföljderna.

### 4.2.1 Projektarbete 1989

I ett projektarbete av en kvartärgeologisk kurs vid Lunds Universitet 1989 (KV 611) (Adrielsson *et al.*, 1989) beskrivs och tolkas skärningar i brottets östra och norra väggar.

Underst finns en homogen, massiv, blockfattig, lerig siltig diamikton. Förutom lokalt material finns även relativt höga halter skiffer och paleozoisk kalksten. Uppåt övergår diamiktonen till att bli stratifierad med tunna lager av sand. Denna understa morän är efter avlagring påverkad av glacialtektonik från en sydlig sektor och erosivt överlagrad av stenigt sand och grus.

Mäktigheten av sanden och gruset varierar från ett tunt lager stenig grusig residualyta till maximalt 2 m. I de mäktigaste partierna finns trånkors- och plankorsskiktning som visar på en strömriktning från S-SSV. Gruset överlagras av en ca 2 m mäktig sekvens av lera, silt och sand. I de sorterade sedimenten finns spår av tektonisk skjuvdeformation.

Den översta enheten vid Limhamn består till stor del av en massiv diamikton med mycket låg block- och stenhalt. Mäktigheten varierar mellan 0,7 och 2 m. Kontakten mot underliggande sediment är ore-gelbundet undulerande och visar spår av erosion och

deformation. Den viktigaste avvikelser från den undre diamiktonen är en högre halt av röd och violett sandsten i bergartssammansättningen. Det finns även mer heterogena partier med stratifierad diamikton, linser och skikt av grus och sand.

Den undre massiva diamiktonen tolkas som en bottenmorän avsatt från SSO-SSV och den stratifierade som utsmältningsmorän och flytmorän. De sorterade sedimenten är avsatta i strömmande vatten, de grovkorniga som bottentransport i vatten med högre hastighet och de finkorniga i lugnt strömmande eller nästan stillastående vatten, till stor del från material i suspension. Den översta enheten tolkas som ett ablationskomplex med flytmorän, glaci-fluviala sediment och silt från suspensionsmaterial i stillastående vatten. Dödisavsmältningen har dock föregåtts av subglacial skjuvning från en aktiv is, som deformerat de underliggande finkorniga sedimenten.

### 4.2.2 Lagerlund och Malmberg Persson 1990/1995

Lagerlund och Malmberg Persson (1990) och Lagerlund (1995) har beskrivit de södra och östra delarna av tälkten. De tolkar också den massiva, kompakta och leriga diamiktonen underst i lagerföljden som en bottenmorän (*lodgement till*) avsatt från S-SSV. Denna överlagras av utsmältnings- och flytmorän. Det överlagrande steniga gruset tolkas däremot som en strandavlagring. En vindslipad sten har hittats *in situ* på moränytan och överlagrad av lera. Lera, sanden och diamiktonen överst i lagerföljden i norra väggen tolkas som glaciolakustrint avsatta sediment. Den vindslipade stenen, grusavlagringarna, den överlagrande lera och diamiktonen tolkas som en transgressionslagerföljd och korreleras med Lund Diamikton.

I södra väggen av kalkbrottet saknas de sorterade sedimenten. Närmast markytan finns där en bottenmorän som korreleras med övre baltisk facies av Dalby Till. Den är avskild från den undre moränen (undre baltisk facies av Dalby Till) genom en blockanrikning med räfflor från SSV-SSO (Lagerlund & Malmberg Persson 1990).



# 5 Översiktliga skärningsbeskrivningar

## 5.1 Skärning 1 (283/560 - 284/060) SO om Limhamns kalkbrott

Skärningsritning finns på plansch 1. På grund av byggnadsarbeten och tidsbrist studerades den västliga delen av denna skärning endast översiktligt.

I den östligaste delen finns kalkberggrunden genomschaktad längst ner. Berggrundsytan ligger på ca + 4,5 m ö h under ca 5 m mäktiga jordlager. Berget är starkt uppsprucket och vittrat. Kontakten mellan berg och morän blir därför diffus och räfflor från någon övergående inlandsis existerar inte. Västerut sjunker berggrundsytan och försvinner ner under schaktbotten.

Jordlagret direkt ovan berggrunden består till allra största delen av massiv, matrixstött, lerig diamikton. Denna undre leriga diamikton kan vara relativt blockrik. Den innehåller även, särskilt i botten, deformerade linser av sorterade sediment med inblandning av diamikt material och utdragna kalksliror. I ett sandparti i den undre diamiktonen var de ursprungliga sedimentationsytorna nu ställda helt vertikalt och de var genomsatta av ett stort antal subhorisontella små överskjutningar. Detta framträdde tydligt genom att ett kolanrikat lager var inbäddat i sanden. Efter sedimentationen har alltså hela sandpaketet välts över ända och skjivats från en östlig till sydlig sektor.

Gränsen mot den övre diamiktonen är ofta diffus men ibland finns en tydlig anrikning av sten och block precis i gränsen. Mäktigheten av enheten är ca 1 till 1,2 meter och når upp till markytan. På grund av branta, höga skärningsväggar och tidsbrist studerades inte denna övre diamiktonen särskilt noga på nära håll. På avstånd kunde däremot vissa iakttagelser göras i den långa skärningen. Den övre diamiktonen innehåller mycket få stenar och block och saknar dessutom större partier sorterade sediment.

## 5.2 Skärning 2 (1+380 - 1+ 780) SO om Ollebo

(Plansch 1) Även i denna skärning finns kalkberggrunden blottad i de djupare delarna. Berggrundsytan ligger på ca + 7 m ö h medan markytan ligger på +13 - +14 m ö h. Berget är också här starkt uppsprucket och vittrat. I den västra delen finns en 1-2 m mäktig zon som är svårbedömd både vad gäller utbredning och uppkomst. Materialet består av uppspruckna skarpkantade flintbitar nästan liggande som de har suttit ihop från början (*in situ*), ett kalkmjöl i siltfraktion och lite hårdare rundade kalkstenar. Kalk-

mjölet kunde fås genom att man med fingrarna krossade vittrad kalksten. Antingen är detta på plats vitttrad och krossad kalksten, rösberg, en mycket korttransporterad lokalmorän eller en övergångsfas mellan dessa. Likheten med både kalkberggrunden och den överliggande diamiktonen gjorde det svårt att exakt avgränsa materialet.

Uppbyggnaden av det överliggande jordlagret kan delas in i en undre och en övre diamikton. Den undre diamiktonen innehåller relativt mycket sten, block och sandlinser. Diamiktonerna är överlag mera sandiga och mindre leriga. Partierna med sorterat material i den undre diamiktonen är många och stora, men ej kontinuerligt sammanhängande. Det sorterade materialet visar tecken på deformation och diamiktisering där skjuvdeformationen blandat från början sorterade sediment, men ofta, och speciellt i de mäktigare partierna, är primärstrukturerna väl bevarade. Mätningar av paleoströmriktningar i de sorterade sedimenten antydde en strömriktning nästan rakt mot väster (tabell 1).

Sluttningsriktning (°)	Lutning (°)
235	28
243	28
260	32
240	30

Tabell 1. Paleoströmmätningar i sandlager inneslutna i den undre diamiktonen i skärning 2.

Den övre diamiktonen har en mäktighet på 1,5 - 2 m. Den är sten- och blockfattig samt innehåller inga partier med sorterat material. En röd slira iakttoogs i botten av enheten. Sliran innehöll röd sandsten. I det allra östligaste partiet, precis i den undre gränsen av den blockfattiga diamiktonen fanns ett halvmeterstort block nedpressat i den underlagrande sanden. Sandstrukturerna var nerböjda och uppressade på ett likartat sätt på båda sidor om blocket vilket antyder att det blivit nedpressat vinkelrätt mot skärningsriktningen: antingen från nordost eller sydväst.

## 5.3 Skärning 3 (288/960 - 289/460) öster om trafikplats Petersborg

(Plansch 2) Denna skärning är uppdelad i två delskärningar med en terrass mellan sig. Terrassens bredd är ca 50-60 m i väster och ca 25 m i öster. Sedimenten skiljer sig ganska mycket från de två



tidigare beskrivna skärningarna och liknar mer den östligaste som beskrivs nedan. Markytan ligger på mellan +31 och +33 m ö h. Berggrundsytan är inte på något ställe blottad. Uppbyggnaden av sedimenten är här mer överensstämmande med den stratigrafiska modellen: undre diamikton, heterogen diamikton och sorterade sediment, en övre diamikton och ibland sorterade sediment på toppen.

*Den undre diamiktonen.* - Den undre diamiktonen finns i de understa delarna av skärningen men endast i den östra delen. Den är blågrå, massiv, matrixstödd och lerig. Matrix domineras av silt och ler. Sten- och blockhalten är låg. Stenarna är vanligtvis kantavrundade och en del är glacialt abraderade med centimeterkorta räfflor i olika riktningar. Den undre diamiktonen är något ljusare än överlagrande diamiktoner.

*Heterogen diamikton och sorterade sediment.* - I en 1-1,5 m mäktig zon strax under det tämligen kontinuerliga lagret av sorterade sediment är diamiktonen inte homogen utan innehåller mycket linser av deformerad silt, sand, grus och koncentrationer av skrivkrita. Denna skillnad är mindre märkbar i den västra delen av skärningen där det kontinuerliga silt/sandlagret upphör.

Det ca 1 m mäktiga lagret av silt och sand är tämligen kontinuerligt i öster och troligen korrelerbart med liknande lager i skärning 4. Sedimentet är vanligtvis siltigare i botten och sandigare upptill. Det förekommer också att silten interfingrar med den heterogena diamiktonen, speciellt i den östra delen. Längre västerut blir de sorterade sedimenten mer deformerade och oregelbundna. Runt 289/160 tunnar sanden ut och försvinner. Sanden förekommer ofta varvat med silt eller som någon sorts parallellaminering med något grusigt inslag. Deformation av sedimenten i veck och diamiktisering i form av uppblandning och homogenisering har ofta utplånat primärstrukturerna. Deformationen i sanden vid 289/0 visar utdragna, avklippta linser. Från 289/160 övergår deformationen i veck och överskjutningar. Veckens lutning indikerar en deformationsriktning från en västlig sektor. Deformationen har inträffat efter påbörjad avlagring av den övre diamiktonen. De deformerade lagren av sand, grus och silt återkommer i väster fast på en något lägre nivå. Sand och gruslagren på den lägre nivån växer i mäktighet västerut mot trafikplatsen ( $\geq 2$  m,  $\leq +23$  m ö h) men

Sluttningsriktning (°)	Lutning (°)
350	26
342	30
334	29

Tabell 2. Paleoströmmätningar i korsskiktade sandlager strax utanför den västliga delen av skärning 3.

tunnar sedan ut och försvinner på andra sidan trafikplatsen. Detta finns ej med på någon figur. På ett par platser iaktogs stora block ( $\geq 0,5$  m) helt inneslutna i dessa sandlager. I de mäktigare delarna finns primärstrukturer i form av trågorsskiktning bevarade. Paleoströmmätningar i dessa västliga sandlager angav en strömriktning mot nord eller nordnordväst (tabell 2).

*Den övre diamiktonen.* - Den översta diamiktonen, som når upp till markytan, är relativt starkt varierande i mäktighet. Vanligtvis är den 3 - 4 m men där den underliggande sanden skjuter upp i veck kan den vara betydligt tunnare. Diamiktonen är relativt homogen, matrixstödd och siltig-lerig. Sten och blockhalten är låg. Färgen är grå och ljus gulbrun närmast markytan på grund av oxidation. I den övre diamiktonen finns kritkorn och talrika röda sliror. Slirorna finns mest i den undre delen av den övre diamiktonen. Dessa sliror innehåller ofta en röd sandsten. De typiska röda slirorna återfinns även i några av de andra skärningarna. Ovan försänkningar i den underliggande sanden var diamiktonen ställvis mycket mörkare, nästan svart.

Allra överst vid markytan finns här och där flacka, skålformiga avlagringar med mer sorterade sediment: sand, grus och silt. Gränsen mot diamiktonen är skarp men oregelbunden. Sorteringsgraden är ganska låg. Ofta finns det lite grövre grus i botten av skålarna som sedan övergår i sand och silt längre upp. Överst i skålen kan sedimenten vara diamiktigen. Allra längst i väster på den övre skärningen iaktogs en skålformad avlagring fylld med svagt lutande, upprepade lager av siltig sand, grusig sand och grönaktig siltig sand.

## 5.4 Skärning 4 (290/040 - 291/040) bro 11 till Lockarpvägen

(Plansch 3 och 4) I denna skärning är jordlagren uppbyggda på i princip samma sätt genom hela skärningen. Sedimenten kan delas upp i tre stratigrafiska enheter, en undre diamikton, en heterogen diamikton och sorterade sediment samt en övre diamikton (fig. 6). Berggrunden är ej heller här blottad, men geotekniska borrhningar visar att den ligger på ca +18 m ö h vid bro 13 och att lermorän följer ovan berggrundsytan. Markytan stiger från ca +32 m i väster till ca +37 m ö h i öster. För att få reda på om diamiktonernas olika utseende hade någon förklaring i kornstorleks- eller bergartssammansättning togs fem jordprover SV om bro 13 och kornstorleksanalys och bergartsanalys är utförda på dem (fig. 3, 4 och tabell 3). Prov 4:1 är från den undre diamiktonen, 4:2 från den heterogena och 4:3, 4:4 samt 4:5 är från den övre diamiktonen.

*Den undre diamiktonen.* - Materialet består av en homogen, blågrå, massiv, matrixstödd, lerig

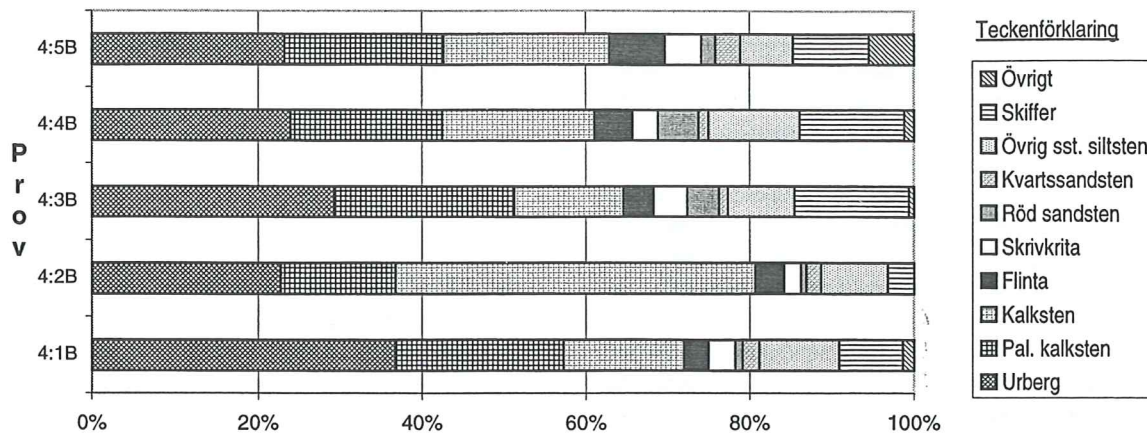


Fig. 3. Stapeldiagrammen visar bergarternas procentuella fördelning i fingrusfraktionen för prov 4:1B till 4:5B i skärning 4. Proverna är tagna i diamikta lager.

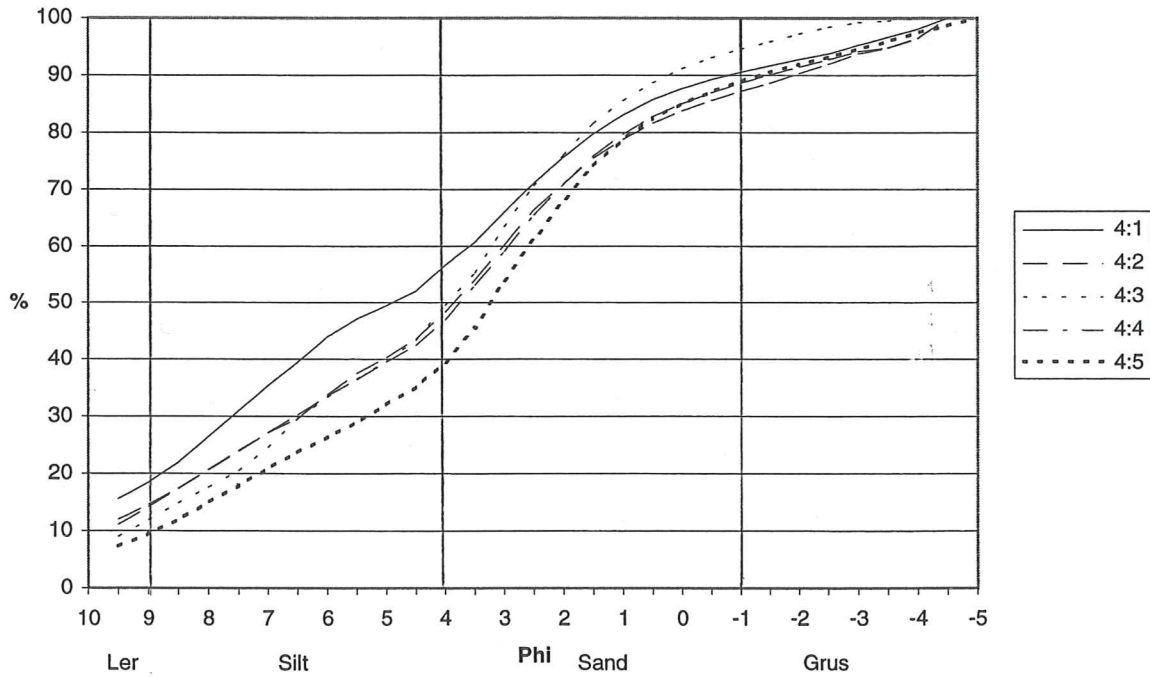


Fig. 4. Kurvorna visar den kumulativa kornstorleksfördelningen för de sorterade jordproverna 4:1 till 4:5, tagna i skärning 4.

Provrnr:	4:1	4:2	4:3	4:4	4:5
ler (%)	18,5	14,6	11,9	14,2	9,5
silt (%)	38,2	33,8	37,7	32,7	30,0
sand (%)	33,9	38,8	45,0	41,7	49,5
grus (%)	9,5	12,7	5,4	11,4	11,0

Tabell 3. Tabellen visar den procentuella kornstorleksfördelningen i jordproverna från skärning 4, motsvarande diagramkurvorna i fig. 4.



diamikton (fig. 7). Kornstorleksanalysen (prov 4:1 från +25 m ö h) gav en lerhalt på 18,5% (tabell 3). Sten- och blockhalten är låg och stenarna är ofta försedda med korta räfflor i olika riktningar. Fabricanalyser utförda av kursen KVG 525 (1998) visade på isotrop fördelning av partiklarnas längdaxlar. Bergartsanalysen i diamiktonens allra översta del (4:1B fig. 3) visar att långtransporterade bergarter, urberg och paleozoisk kalksten, dominerar över de lokala bergarterna. Enhetens överyta undulerar svagt och sjunker ner under schaktbotten mot väster.

*Heterogen diamikton och sorterade sediment.* - Enheten varierar i sammansättningen längs skärningen. En underindelning av enheten underlättar beskrivningen. I största delen av skärningen överlagras den undre diamiktonen av en heterogen diamikton. Mäktigheten av den är ca 2 m men varierar mellan 0 och ca 3 m. Materialet består av diamikta lager blandade med lager av silt, sand och grus. De olika lagren, diamikta och sorterade, är deformerade tillsammans. De diamikta delarna är massiva, matrixstödda och leriga. Färgen är mörkare och mer brungrå än underliggande diamikton. Stenar och block saknas nästan helt. Ler- (14,6 %) och silthalten är lägre än i underliggande diamikton medan sand- och grushalten är högre (Prov 4:2 på +29 m ö h tabell 3). Fabricanalyser (KVG 525, 1998) visar svaga styrkevärden. Bergartssammansättningen är troligen också mycket heterogen. Det finns diamikta lager som helt domineras av långtransporterade bergarter, framförallt urberg och paleozoisk kalksten, medan mellanliggande gruslager har mindre av dessa bergartsgrupper.

Från ca 290/730 och vidare mot NO saknas den heterogena diamiktonen helt. Här överlagras istället den understa diamiktonen av grus och sand (fig. 10). Mäktigheten är ca 0,5 - 1 m. Kornstorleken blir finare uppåt med det grövre gruset i botten och sandigare material upptill. Maxpartikelstorleken är 4-8,5 cm (b-axlar) i botten. Bäddformerna varierar från diffus skiktning i gruset till planparallell-, tråkgors-, plankorsskiktning och även ripplar i fingrusig sand. Bergartsanalys angav en fördelning liknande den i den underlagrande moränen (KVG 525, 1998). Paleoströmmätningar gav en riktning mot en NO

Slutningsriktning (°)	Lutning (°)
50	25
30	24
20	32
19	30

Tabell 4. Paleoströmmätningar i det undre, sandiga gruslagret i skärning 4.

sektor (tabell 4). I ytan mellan den undre diamiktonen och gruset hittades flera tydligt vindslipade stenar (KVG 525, 1998).

Den heterogena diamiktonen och gruset överlagras genom hela skärningen av silt och sand, utom där sorterade sediment saknas helt. Vid 290/730 upphör den heterogena diamiktonen mot NO. I gränsen interfererar diamiktonen lateralt med silten och finsanden. Undre delen, ca 0,4 m, av de sorterade sedimenten utgörs av planlaminerad silt som kan följas som ett lager genom i stort sett hela skärningen. Silten övergår uppåt i allt sandigare sediment. Mäktigheten av sanden är starkt varierande och kan ligga mellan nästan ingenting och upp till ca 3 m. Bäddformerna varierar; planparallell laminering, lågvinklig korsskiktning, rippellaminering. Överytan är undulerande och kontakten mot överlagrande diamikton (fig. 9) är skarp och ibland erosiv eller utgörs av en tunn subhorisontell skjuvzon. Strax sydväst om bro 13 finns en kilformig spricka en dryg meter ner från sandens överyta. Sprickan är igenfylld med diamikt material uppifrån och nedrasad sand från kanterna (fig. 12).

*Den övre diamiktonen.* - Överst i skärningen finns en relativt homogen, massiv, matrixstödd, siltig/lerig diamikton. Mäktigheten uppgår vanligen till ca 4 -5 m men ibland ända upp till 8 m. Kornstorleksanalyserna ger en lerhalt på 10-15 %. Stenhalten är låg. Många av stenarna är kantavrundade med korta räfflor i olika riktningar. Framförallt i den understa delen av diamiktonen finns talrika, mer eller mindre sammanhängande, röda sliror och band. Slirorna är av samma slag som nämnts tidigare och innehåller röd sandsten (fig. 8). Bergartsanalyserna (4:3B-4:5B, fig. 3) visar på en blandad sammansättning av bergarter (drygt 20% urberg, 20% paleozoisk kalksten, 25 % kalksten och flinta). Partikelorienteringarna visar att a-axlarna har en prefererad NO-SV-riktning (KVG 525, 1998). B-axlarna kan ibland indikera en orientering längs en storcirkel vinkelrätt mot a-axlarna. Vid 290/810 finns skjuvsprickor och skjuvplan utbildade i botten av enheten. Dessa lutar mot väster eller västnordväst (se tabell 5) och når ner till sanden under. De röda slirorna är utdragna i samma riktning som skjuvplanen (fig. 11). Fabric mätt här (fig. 5, D1) visar en starkt prefererad (S1=0,847) a-axel-

Stykning (°)	Lutning (°)
11	22
33	väster
357	30
36	väster

Tabell 5. Orientering för skjuvplan i övre diamikton i skärning 4

riktning (230°) med dip åt SV. Längst upp vid markytan finns grunda, skålformade avlagringar med sand, grus och silt, liknande de som finns i skärning 3.

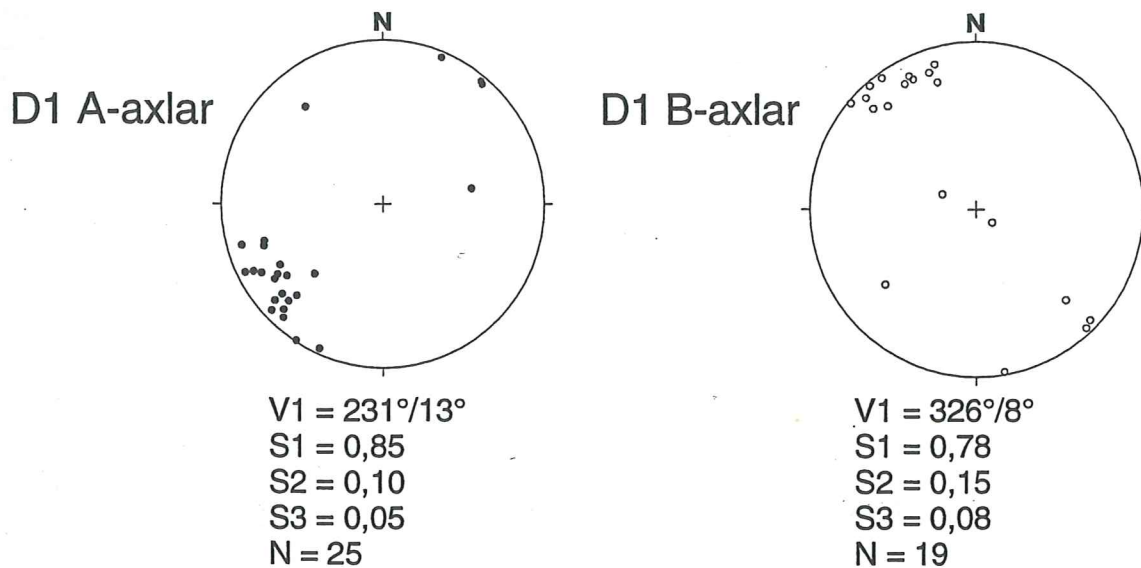


Fig. 5. Riktninganalys (fabric) utförd i skärning 4 vid 290/810, där talrika skjuvplan och utdragna röda sliror förekom.

Fig. 6. Översikt över skärning 4 vid 290/600-290/620. Observera att bilden är spegelvänd i förhållande till hur skissen är ritad. Underst i skärningen syns den gråa, homogena, undre diamiktonen. Gränsen till den överlagrande, brunare, heterogena diamiktonen syns tydligast i den högra kanten av bilden. Däröver följer silt och sand. Den översta diamiktonen är ljusare p g a oxidation.

Fig. 7. Bilden visar den massiva, leriga, undre diamiktonen i närbild i skärning 4.

Fig. 8. Tvärs över bilden går en tydlig röd slira som är karaktäristisk för de undre delarna av den övre diamiktonen. Skärning 4 vid ca 290/760.



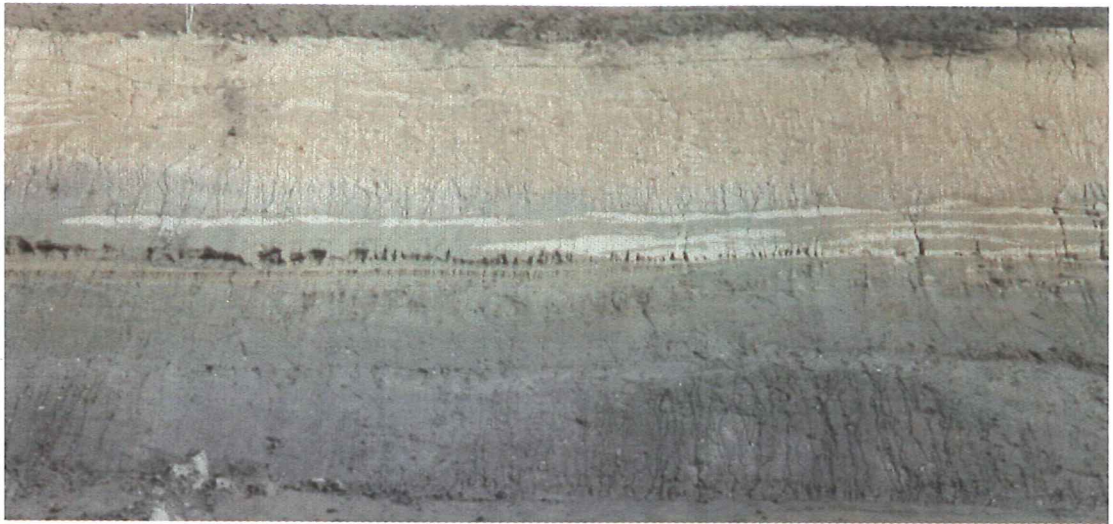


Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.





*Fig. 9. De övre delarna av sanden och finsanden vid ca 290/740-290/760 i skärning 4 visade planlaminering och rippelstrukturer. Vid spadens handtag syns även här de röda slirorna i den överlagrande diamiktonen.*



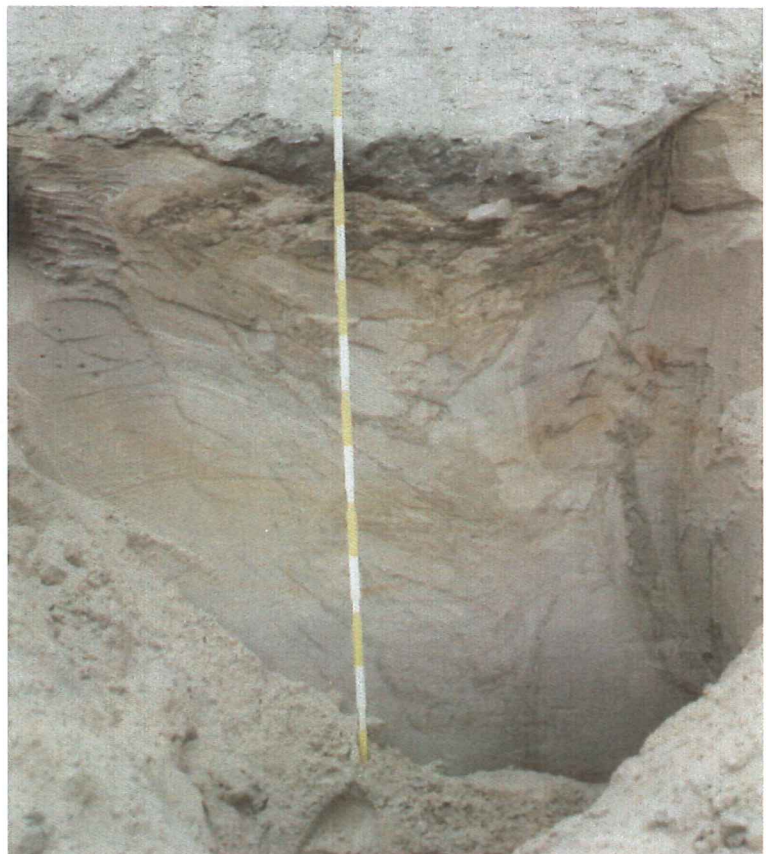
*Fig. 10. Sand och grus i skärning 4 vid ca 290/760. Spaden står på ytan av den homogena, undre diamiktonen där vindslipade stenar hittats. Överst i bilden syns den överlagrande silten.*





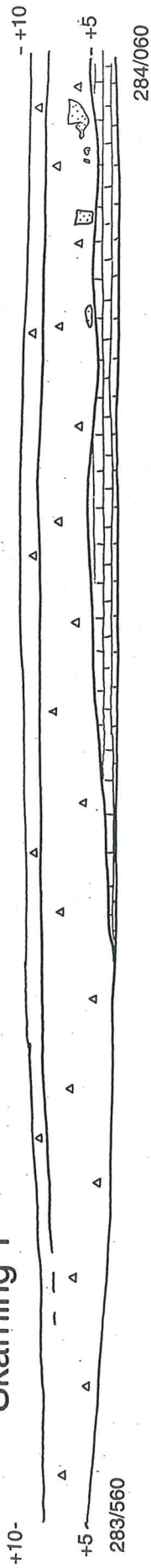
*Fig. 11. Vid 290/810 i skärning 4 fanns i undre delarna av övre diamiktonen skjuvplan och de röda sliorna var utdragna i överstjälpta veck. Bilden är tagen mot ca NNV och vecken är således överstjälpta mot Ö. Fabricanalys DI är gjord här.*

*Fig. 12. Vid 290/770 i skärning 4 hade kontakten mellan sand och överlagrande diamikton störts av en tensionsspricka. Silt och diamikton hade trängt ner i sprickan uppifrån samtidigt som sand kommit från kanterna.*

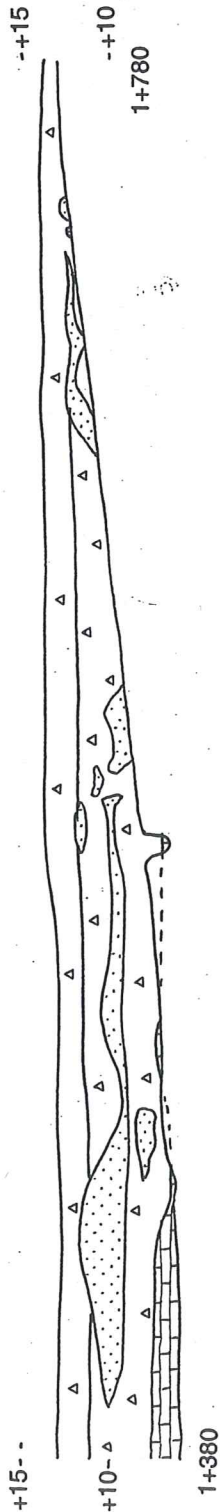




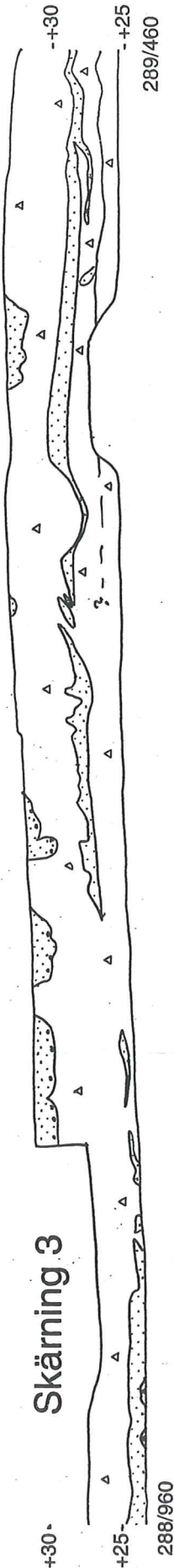
### Skärning 1



### Skärning 2



### Skärning 3



### Skärning 4

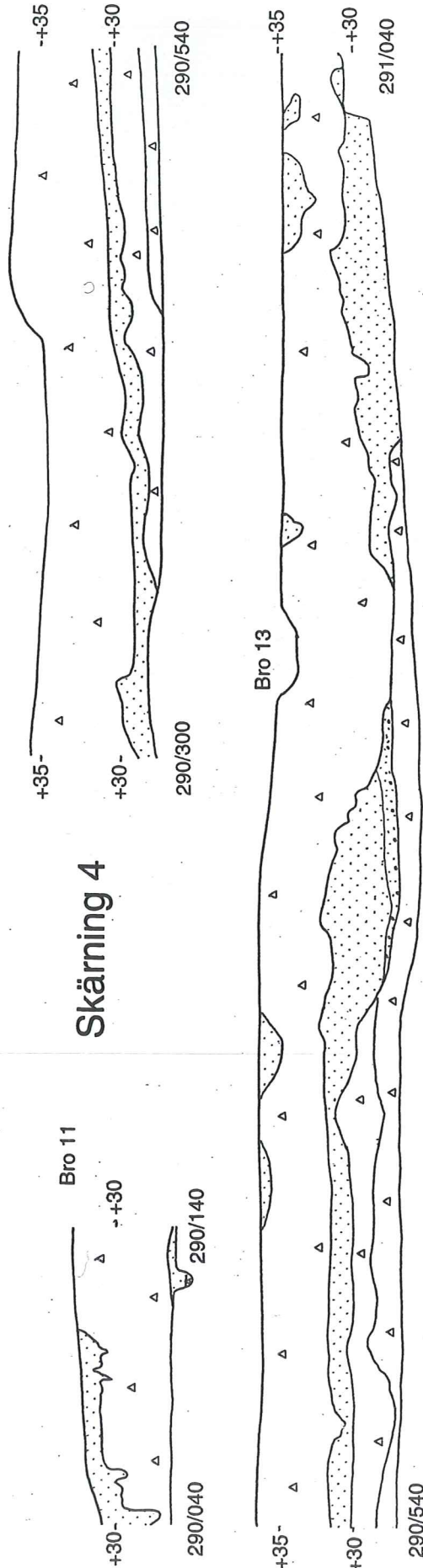
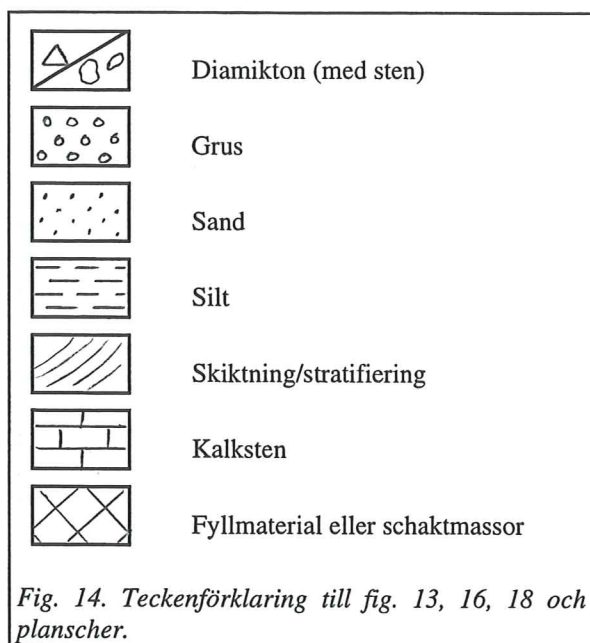


Fig. 13. Översikter för skärningarna 1-4. Observera att höjdskalan är 5 gånger större än längdskalan. Teckenförklaring finns i fig. 14.

## 6 Stratigrafiska korrelationer mellan skärningarna och med Limhamns kalkbrott

Här görs ett försök till korrelation av de olika sedimenten i skärningarna men även en jämförelse med undersökningarna från Limhamns kalkbrott (se kap. 4.2). En översikt av alla skärningarna finns i fig. 13. Observera att längdskalan är 5 gånger mindre än höjdsckalan. Teckenförklaringen till översikten finns i fig. 14. Trots de relativt korta avstånden mellan skärningarna är skillnaderna stora och korrelationerna långt ifrån självklara. De två östra skärningarna har en mycket likartad tredelad stratigrafisk uppbyggnad medan de två västliga saknar motsvarande tydliga uppdelning. Den östra och den västra delen diskuteras därför var för sig.



### 6.1 Östra delen, skärning 3 och 4

Korrelationerna mellan skärning 3 och 4 är relativt okomplicerade. I båda skärningarna finns:

1. en undre diamikton som i skärning 4 avslutas med vindslipade stenar.
2. däröver en stratigrafisk enhet med heterogen diamikton som interfingerar med silt och sand. Uppåt övergår sekvensen i lateralt utbredda, fin-korniga, sorterade sediment.
3. en övre, massiv, matrixstödd diamikton som i sin undre del har tunna, lateralt utbredda sliror av röd diamikton.
4. en skjuvdeformation, som skett under avsättningen av den övre diamiktonen och som orsakat

tensions- och kompressionsstrukturer både i diamiktonen och den övre delen av sanden. Skjuvriktningen i tektoniken är från väster eller sydväst. Den yngsta, mer djupgående deformationen är från V-VNV.

5. skålformade avlagringar med måttligt sorterade sediment i översta delen.

Den totala mäktigheten ovanför den fossila markytan är max. ca 8 m. Från den fossila markytan till berggrundsytan finns det ca 6 m lerig diamikton.

### 6.2 Västra delen, skärning 1 och 2

Både skärning 1 och 2 har en undre diamikton med starkt lokalt präglad materialsammansättning i den understa delen, som direkt överlagrar en starkt söndersprucken berggrundsytta. Denna typ av diamikton saknar motsvarighet i skärning 3 och 4. Sorterade sediment förekommer som grovklastiska lager eller som deformerade linser i diamiktonen. I skärning 2 finns mellan den lokalt präglade diamiktonen i botten och den översta diamiktonen flera lager av mer eller mindre sammanhängande sand- och grusavlagringar med inslag av silt och tunna diamiktoner. Lateralt utbredda finkorniga sediment som mellanlagrar den övre och den undre moränen saknas således i de två västra skärningarna. Den övre diamiktonen i skärning 2 innehåller samma typ av röda moränsliror som i skärning 3 och 4. Mäktigheten av den övre diamiktonen är emellertid mycket mindre i väster.

### 6.3 Jämförelser med Limhamns kalkbrott

Undersökningarna i kalkbrottets östra vägg antyder en uppdelning i tre stratigrafiska enheter, en undre diamikton (undre Dalby Till) och en övre diamikton (Lund Diamikton) med mellanlagrande sorterade sediment. En vinslipad sten *in situ* på den undre diamiktonens överyta antyder en fossil markyta före pålagring av de sorterade sedimenten (Lagerlund & Malmberg Persson 1990). Lagerföljden är i stort identisk med de östra skärningarna, skärning 3 och 4 men med skillnaden att den översta diamiktonen i Limhamn är betydligt tunnare än längre österut.

Lagerföljden från den södra skärningen i Limhamns kalkbrott, som saknar sorterade sediment, är i stort sett identisk med lagerföljden i skärning 1. Det



mycket korta avståndet mellan skärningarna gör att den undre diamiktonen i skärning 1 korreleras med den undre diamiktonen i Limhamn.

Generellt kan sägas att den undre enheten till största delen består av homogen, massiv, matrixstödd, lerig diamikton. Denna undre enhet sträcker sig från berggrundsytan och upp till en yta med vindslipade stenar (i Limhamn (Lagerlund 1995)) eller sorterade sediment och sandlinser. Bergartssammansättningen domineras oftast av långtransporterat baltiskt material, men lokalt material får ofta en större roll i de undre delarna mot berggrunden. Den undre delen av skärning 2 har däremot en mer komplex uppbyggnad än i skärning 1 och i Limhamn. Den extremt lokala sammansättningen på diamiktonen alldeles ovanför berggrundsytan är dock mycket likartad den undre delen av diamiktonen i skärning 1.

Den översta diamiktonen, som når upp till markytan, har ett likartat utseende i alla skärningarna. Karaktäristiska drag är:

- Diamiktonen är sten- och blockfattiga

- Bergartssammansättningen visar en hög andel långtransporterat, baltiskt material med ett litet inslag av lokala bergarter.
- Röda diamikta sliror med innehåll av röd sandsten förekommer särskilt i den undre delen av diamiktonen.
- Diamiktonen har ett tydligt inslag av skrivkrita.
- Skjuvdeformation är vanlig i kontakten mot underlaget och uppe i diamiktonen.
- Skålformade avlagringar med sorterade sediment, ofta med diamikta inslag, förekommer på flera ställen allra överst i diamiktonen.

Direkta stratigrafiska korrelationer baserade på sedimentens stratigrafiska läge, utseende och sammansättning ger inte tillräcklig information för helt säkra korrelationer. Detta gäller särskilt den undre delen av lagerföljden. Ytterligare stöd för korrelationer kan man få genom process- och miljöutvecklingsrekonstruktioner baserade på genetiska tolkningar av sedimenten.

# 7 Sedimentologiska process- och miljörekonstruktioner

Nedan görs en process- och miljötolkning av skärning 3-4 och en detaljstudie av skärning 2 med syfte att få fram sedimentologiska utvecklingsförlopp dels för de östra skärningarna, dels för de västra.

## 7.1 Skärning 3 och 4

Tolkningarna är baserade på beskrivningarna i kap. 5.3 och 5.4.

*Undre diamiktonen.* - Den undre diamikta enheten tolkas som en subglacialt avsatt morän. Homogeniteten och sammanblandningen av långtransporterade och mera lokala bergartspartiklar visar på en effektiv homogenisering. De abraderade partiklarna med korta, böjda räfflor i korsande riktningar visar att materialet genomgått en basal transport där partiklarna roterat, ideligen ändrat läge och nöts mot varandra och underlaget (Benn och Evans, 1998, s.208). Matrixmassans höga innehåll av silt och ler ger moränen en hög vattenhållande förmåga och dålig dräneringsförmåga. Transporten av material under den aktiva isen, med basal temperatur på trycksmältpunkten, skedde troligen i ett visköst deformationslager med hög vattenhalt. Långtransporterade partiklar smälte successivt ut från glaciärbasen och blandades effektivt med lokalt material. En successiv frammatning och deposition av material bildade till slut ett tjockt massivt deformationslager. I det viskösa lagret hade partiklarna stora möjligheter att rotera, räfflas och omorienteras. Den slutliga partikelorienteringen kan ha uppkommit i samband med belastningsdeformation och vattenavgång utan någon dominerande skjuvspänningsriktning i ett slutskede. Detta kan ha gett den svaga partikelorienteringen med många partiklar på högkant. Avsaknaden av skjuvsprickor, som bildas genom spröd deformation, är ytterligare tecken som stöder idén om transportmekanismen med ett deformerbart, vattenhaltigt moränlager där deformationen skett plastiskt.

*Vindslipning.* - Vindslipningen av stenar ovanpå den undre diamikta enheten i skärning 4 visar att området varit isfritt mellan avsättningen av den undre diamiktonen och den övre delen av lagerföljden.

*Heterogen diamikton och sorterade sediment.* - Den mellersta enheten är, speciellt i den undre delen, uppbyggd genom ett flertal vitt skilda processer i tid och/eller rum. Alla processer verkar inte ha skapat avlagringar överallt utan har begränsats till speciella partier.

Det gruslager som ligger över undre diamiktonen har en partikelstorleksfördelning och bäddformer

som visar på att gruset är avsatt som bottenavsättning i en vattenström med relativt höga strömhastigheter. Partikelstorleken avtar uppåt vilket tyder på en avtagande strömhastighet och utbildning av bäddformer som tredimensionella dyner och ripplar. Strömriktningen har varit mot mellan nord och nordost vilket också är fallet i västra delen av skärning 3.

Den heterogena diamiktonen i skärning 3 och 4 där det grova gruset inte finns, innehåller sorterade sediment som visar på en avsättning i vatten med varierande strömhastighet eller i nästan stillastående vatten. Dessa sedimentkroppar har sedan till stor del deformerats och dragits ut till sliror. Den diamikta massan som utgör huvuddelen av diamiktonen tolkas som en subglacial deformationsmorän p g a den homogena texturen, massiva strukturen och den svaga partikelorienteringen. Dessutom saknas tecken på gradering och sortering som är vanligt i gravitationsavsatta *debris-flow*-avlagringar (Bennett och Glasser, 1996, s. 183; Benn och Evans, 1998, s.407). De sorterade slirorna verkar vara skjuvade av en aktiv is. Interfingringen av morän med finkornig silt visar att de avsatts samtidigt.

Det överlagrande silt- och sandlagret, som kan följas kontinuerligt i nästan hela skärning 4 och stora delar av skärning 3 (uppemot 2 km), är avsatt i ett fluvialt system. Den suspensionsavsatta silten visar på låga strömhastigheter i en lugn sedimentationsmiljö. Övergången till sandavsättning visar på en något ökad strömhastighet. Bäddformer i form av bankar och ripplar visar på en strömriktning från S-SO (KVG 525, 1998). Den översta delen av sanden med ett jämntjockt, draperande (oberoende av underliggande topografi) lager av ripplar förklaras som vattengenomströmning i ett tunt skikt mellan glaciärbasen och redan avlagrad sand. Sanden avslutas med en tunn skjuvzon, erosion och deformation i form av bl a veck. En kil ner i sanden tolkas som en tensionspricka som sedan fyllts med nerfallande sand och moränmaterial. Detta visar att sanden fått kontakt med den glidande glaciärbasen. Skjuvningen och deformationen visar på låg hållfasthet p g a låg effektiv normalspänning.

Miljötolkningen vid avsättningen av de sorterade och diamikta lagren mellan de två huvudmoränerna är mer osäker. Sedimentationen började troligen på en subaeril, vindslipad markyta och den avslutades säkerligen subglacialt. Det grova gruset, som direkt överlagrar de vindslipade stenarna i en depression i skärning 4, har avlagrats i ett grunt, strömmande vatten antingen framför den annalkande glaciären eller i kanaler i submarginalt läge. Den heterogena diamiktonen, som interfingrar med silten och sanden



kan förklaras genom att sedimentationen skett helt subglacialt. Det höga porvattentrycket lyfte hela isen och skapade tillsammans med isens rörelse en subglacial kavitet. I denna samlades nästan stillastående vatten där silt kunde avsättas. Den heterogena diamiktonen och interfingringen med silten är orsakad av upprepade öppning och tillslutning i kanten på kaviteten. Porvattentrycket ökade ytterligare och kaviteten och dess sedimentation breddade ut sig över ett större område. Övergången från silt till sand-sedimentation avspeglar förhållandena från lugnt vatten i en isolerad kavitet till högre genomströmning i ett nätverk av sammanlänkade kaviteter. Slutligen sjönk porvattentrycket något och kaviteten slöt sig på grund av effektivare dränering eller ökad istjocklek. Moränavsättningen fortsatte.

**Övre diamiktonen.** - Den diamikton som finns överst i hela det undersökta området visar på avsättning av en aktiv is, i alla fall i de undre delarna. Tydlig skjuvning och deformation har skett av underlaget. I de undre delarna av diamiktonen har sliror deformationerats plastiskt i form av tension och kompression genom skjuvning. Den utpräglade koncentrationen av långtransporterat material i röda sliror i botten av diamiktonen vid skärning 2, 3 och 4 kan tolkas som att när glaciären kom i kontakt med underlaget var den enda materialkällan utsmältning av långtransporterat material från botten av isen. Efterhand utvecklades ett subglacialt deformationslager där material från omgivande, underlagande

moräner och mera lokalt material kunde transporteras. Uppblandningen och homogeniseringen blev effektivare och lokalt material ökade i andel. Fabricanalyserna från skärning 2 och 4 tyder ganska tydligt på en isrörelseriktning från sydväst (fig. 5 och 22). Den plastiska deformation har någon gång efter avlagringen övergått i en storskalig spröd deformation som syns t ex vid 290/800-820 där skjuvplan och skjuvsprickor utbildats i moränen.

De allra översta delarna av diamiktonen med mer eller mindre sorterade avlagringar av silt, sand och diamikton visar på en kombination av processer med avsättning i stillastående vatten från suspension, strömmande vatten med viss sortering och *debris-flow*-avsättning av diamikta lager. Deformationerna här är inte orsakade av aktiv skjuvning utan är snarare ett resultat av sättningar och gravitationsbetingade rörelser. Glaciärens rörelse har alltså avstannat och sedimenten utgör troligen ett supraglacialt ablationskomplex. Gränserna neråt är inte identifierade men troligen finns det också någonstans mellan den under en aktiv is avsatta moränen i botten och markytan en basal utsmältningmorän om inte dödisen varit mycket ren.

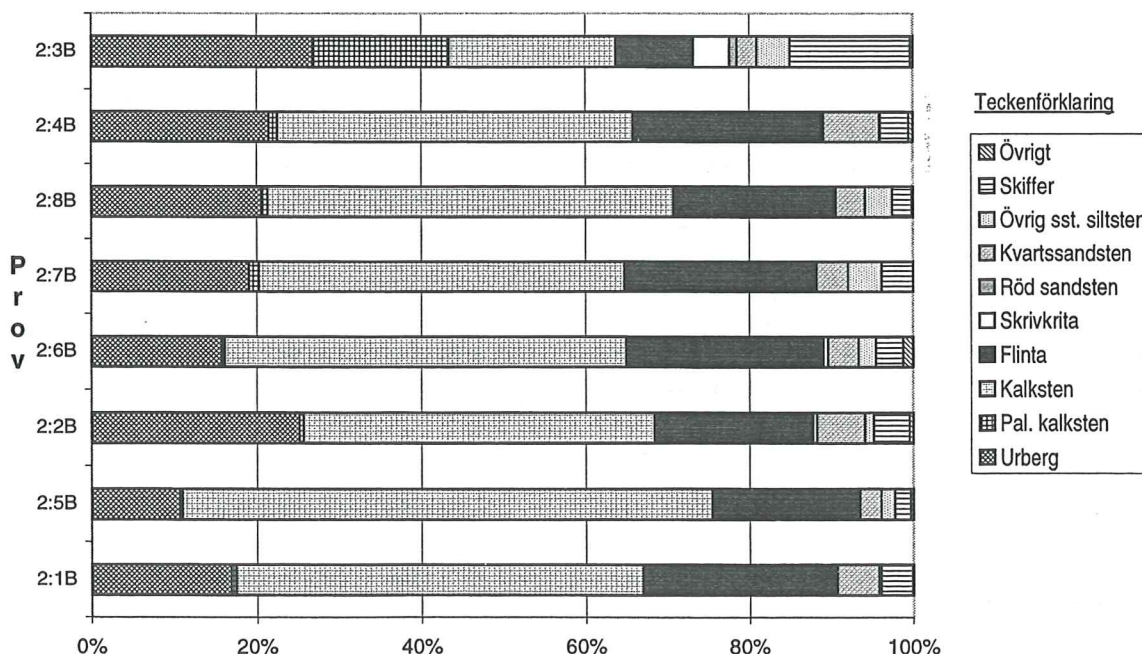


Fig. 15. Stapeldiagrammen visar bergarternas procentuella fördelning i fingrusfraktionen för prov 2:1B till 2:8B i skärning 2. Placeringen i diagrammet motsvarar det stratigrafiska läget i skärningen, d v s det understa provet i skärningen är 2:1B, det näst understa 2:5B, o s v. Prov 2:1B till 2:4B är från diamikta lager, de övriga från sorterade.



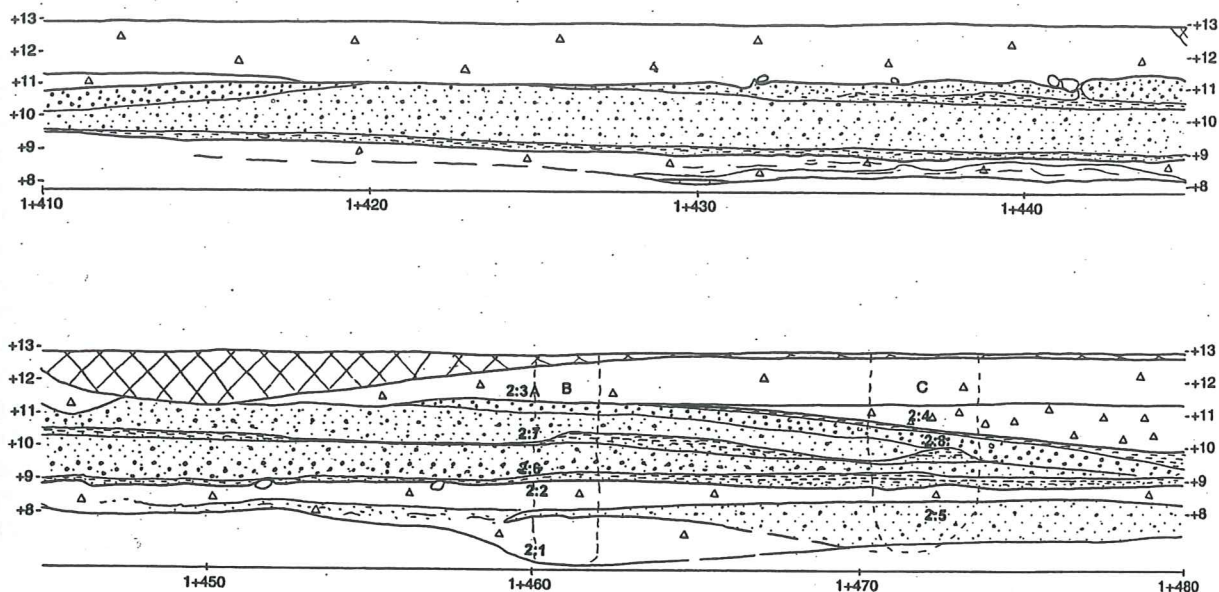


Fig. 16. Skissen visar en del av skärning 2 med de tre detaljstuderade ytorna A, B och C (A är vinkelrät mot skissplanet). Provtagningspunkterna är markerade med siffror. För teckenförklaring se fig. 14.

## 7.2 Detaljstudier i skärning 2

### 7.2.1 Sedimentologisk beskrivning

I skärning 2 gjordes en mera detaljerad undersökning av en del av skärningen (fig. 16). Arbetet koncentrerades till området mellan 1+460 och 1+475. Skärningen består grovt uppdelat av en undre diamikton, grus och sand inbäddat i den undre diamiktonen och en övre diamikton (fig. 17). Tre mindre skärningsytor (A, B och C) rensades och avritades mera i detalj (se fig. 18 och tabell 6). De beskrivs nedan enligt sifferindelningen i fig. 18. Bergartsanalyser från fyra diamikta prover och fyra sand/grusprover redovisas figur 15. Kornstorleksfördelningen från dessa prover redovisas i figur 19 och tabell 7. Fem fabricanalyser finns i figur 22 och 23.

Sammanlagt urskiljdes 13 olika lagerenheter från och med berggrunden upp till den översta diamiktonen som bildar markytan (fig. 18).

*Enhet 1.* - Den uppsprungna kalkberggrunden ligger vid 1+460 på +6,20 m ö h.

*Enhet 2.* - Direkt ovan berggrunden finns ett 3 dm mäktigt lager av den tidigare beskrivna svårdefinierade kalkmoränen som består av skarpkantade flintbitar, ett kalkmjöl i siltfraktion och lite hårdare, rundade kalkstenar (fig. 21). Kalkmoränen ökar i mäktighet mot väster.

*Enhet 3.* - Diamiktonen som överlagrar kalkmoränen är massiv, matrixstödd och sandig. Lerhalten är bara 4% medan sandhalten är 48% (prov 2:1). Det finns relativt gott om sten och block i diamiktonen

(fig. 21). Kontakten neråt är skarp. Strax ovan botten iaktogs några tunna sliror med helt avvikande färg (mörk och ljus) troligen på grund av annat bergartsinnehåll. Bergartsanalysen 2:1B visar ett mycket högt innehåll av lokala bergarter, ca 75%. Fabricanalysen A1 visar att partiklarnas a-axlar har en måttligt ( $S1=0,686$ ) prefererad orientering ( $V1=27^\circ$ ) med dip mot NO ( $11^\circ$ ).

*Enhet 4.* - Ovan detta diamikta lager finns ett lager av sorterat material, huvudsakligen sand. Vid 1+460 är det bara ca 3 dm mäktigt och försvinner bara några meter ytterligare åt NV, medan de åt SO vid 1+472 är minst 1,6 m mäktigt. I den tunnare delen är materialet skjuvat och består av massiv, siltig sand. Mitt i sanden observerades en ensam skarpkantad sten, helt avvikande kornstorleksmässigt. Kontakten neråt är skarp men oregelbunden medan kontakten uppåt är mera svårbestämd eftersom överlagrande diamikton innehåller mycket sand och silt, diamiktiserad, d v s tektoniskt homogeniserad och till viss del ihopblandad med grövre partiklar. I den mäktigare delen är däremot primärstrukturerna väl bevarade med trågorsskiktning i grusig sand och under den rippellaminerad sand och massiv, siltig sand. Bergartsanalysen 2:5B angav en halt av lokalt material på över 80%. I den undre delen finns horisonter med lera och lerig diamikton som klaster i sanden.

*Enhet 5.* - Diamiktonen ovan sanden är siltig, sandig, massiv och matrixstödd. Sten och blockhalten är låg och lerhalten (8%, prov 2:2) samt silthalten är större än i diamiktonen under sanden (enhet 3). Den undre delen av diamiktonen ovan sanden består till största delen av tektoniskt homogeniserad sand och



silt. En fabricanalys, C1, gav här mycket starka styrkevärden ( $S1=0,854$ ), ( $V1 = 49^\circ$ ) med en svag dip mot NO ( $6^\circ$ ). I den översta delen av diamiktonen är materialet mycket hårt och genomsatt av skjuvsprickor. Fabricanalys A2 gav även här en NO-riktning ( $S1=0,694$ ) ( $V1 = 37^\circ$  dip =  $4^\circ$ ). Bergartsanalysen 2:2B angav en liten minskning av de lokala bergarterna och en ökning av de långtransporterade (framförallt urberg, kvartssandsten och skiffer) men med fortfarande låga värden av paleozoisk kalksten. Denna diamikton finns upp till ca +9 m ö h i denna del av skärningen.

**Enhet 6.** - Runt +9 m ö h, direkt ovanpå diamiktonen finns ett 2-4 dm mäktigt sand-siltlager. Det är normalgraderat, sandigare i botten och siltigare upptill. Lagret draperar stenar och block som skjuter upp ur den underliggande diamiktonen. Stenar med ett tunt lager diamikton på ytan helt inlagrade i de sorterade sedimenten observerades.

**Enhet 7.** - Ovan det sandiga, siltiga lagret finns en siltig diamikton bestående av homogeniserade och uppblandade sorterade sediment. Övergången uppåt från de sorterade sedimenten till en diamikt sammansättning är diffus.

**Enhet 8.** - Grus och sand med skarp och erosiv gräns mot underlagrande diamikton. Trågformer har utorderats. I gränsen finns också klumpar eller klaster av lera. Bland bäddformerna i sand och grus är trågorsskiktning vanligast men även plankorsskiktning förekommer. Uppmätta riktningar av paleoströmningarna redovisas i tabell 1. En strömriktning mot sydväst var generell bland alla dynstrukturerna. I de grusigare partierna är lagringen diffus eller massiv. Bergartssammansättningen (2:6B) liknar de undre diamiktonernas och innehåller mycket lokalt material.

**Enhet 9** - Runt +10 m ö h finns ett siltlager i sanden. Sand och grus är ofta inblandat, speciellt i NV, vilket gör att sammansättningen blir diamikt.

**Enhet 10.** - Den övre sanden och gruset har också en erosiv kontakt neråt. Lagringen består av trågorsskiktning, plankorsskiktning och planlamining. Det allra översta grusiga lagret har massiv klasterstödd struktur och innehåller stora partiklar med maxpartikelstorlek 5,5-11 cm (b-axlar). Bergartsinnehållet (2:7B - 2:8B) är till största delen lokalt och liknar de undre diamiktonernas sammansättning.

**Enhet 11.** - I skärning C finns ett decimetertjockt lager planlaminerad silt. Lagergränserna är relativt skarpa.

**Enhet 12.** - Ovan siltlagret finns ett kilformat lager stenig diamikton under den översta diamiktonen. Diamiktonen är massiv och matrixstödd. Stenhalten är lateralt graderad och avtar i skärningen åt OSO. Där är sammansättningen mer grusig. Matrix domineras av sand (57%). Fabric (C2) gav svaga styrkevärden ( $S1 = 0,57$ ) och bergartsanalysen 2:4B liknande sammansättning som den undre diamiktonen.

**Enhet 13.** - Den övre diamiktonen utgör ett relativt jämnt lager med en mäktighet på ca 1,5 m. Diamiktonen är massiv, matrixstödd och lerig (11%, prov 2:3). Sten och blockhalten är mycket låg. Kontakten med underlagrande grus i skärning A och B är skarp och troligen erosiv. Här finns sprickor och förkastningar i den övre delen av gruset. Dessa är fyllda med diamikt material uppifrån, som fått en något sandigare sammansättning i sprickorna (fig. 20). Bergartsanalysen 2:3B visar en markant skillnad mot underliggande diamiktoner. Inslaget av lokala bergarter är mycket mindre, bara ca 30%, medan skiffer och paleozoisk kalksten ökat sina andelar markant. Många partiklar är också starkt vittrade. I botten av lagret i skärning C observerades en röd slira analog med de funna i skärningar längre österut (3 och 4). Fabricanalysen A3 visade att de flesta a-axlarna var lutade mot SV ( $S1 = 0,65$ ,  $V1 = 217^\circ$ , dip  $11^\circ$ ) medan b-axlarna var riktade mot SO ( $S1 = 0,68$ ,  $V1 = 139^\circ$ , dip  $12^\circ$ ).

Osorterade jordarter	Tillägg
D - Diamikton	mm - massiv, matrixstödd
(St, S, Si, C) - stenig, sandig, siltig, lerig	sm - stratifierad, matrixstödd (def) - deformerad
Sorterade jordarter	
G - grus	m - massiv
SG - sandigt grus	cm - klasterstödd massiv
GS - grusig sand	pp - parallellt planlaminerad
S - sand	pc - plankorsskiktad
SiS - siltig sand	tc - trågorsskiktad
SSi - sandig silt	r - rippellaminerad
Si - silt	l - laminerad
GSSi - grusig, sandig silt	(n) - normalgraderad

Tabell 6. Facieskoder som används i fig. 18.

## 7.2.2 Sedimentologisk tolkning

**Enhet 1.** - Uppsprucken kalkberggrund

**Enhet 2.** - Övergången mellan berggrund och morän utan abrasion av berggrundsytan och bildandet av lokalmoränen visar på omfattande upplöckning. Det är i huvudsak två olika processer som är aktiva vid upplöckning av material. (Bennet & Glasser, 1996) När glaciärbasen rör sig över den oregelbundna berggrundsytan bildas områden med högre tryck, t ex på uppströmssidan av ett berggrundshinder. Det höga trycket sänker smältpunkten och tillåter att isen smälter. Vid smältningen åtgår latent värme, vilket gör att ismassan kyls. På läsidan sjunker trycket och smältvatten fryser tillsammans med berggrundspartiklar. Vid tillfrysningen avges latent värme och isbasen värms upp. Om inte allt smältvatten kan återfrysas uppkommer kalla fläckar under isen. I dessa kan berggrundsbitar frysa fast och transporteras med isen. Denna effekt kallas "heat-





Fig. 17. Översikt från det detaljstuderade området i skärning 2. A-skärningen finns till vänster om den blå slangen, B under slangen och C till höger vid stegen. Den övre diamiktonen är ett jämntjockt (ca 1,2-1,5 m) lager. Den undre delen består av många komplext lagrade diamiktoner och sorterade sediment.

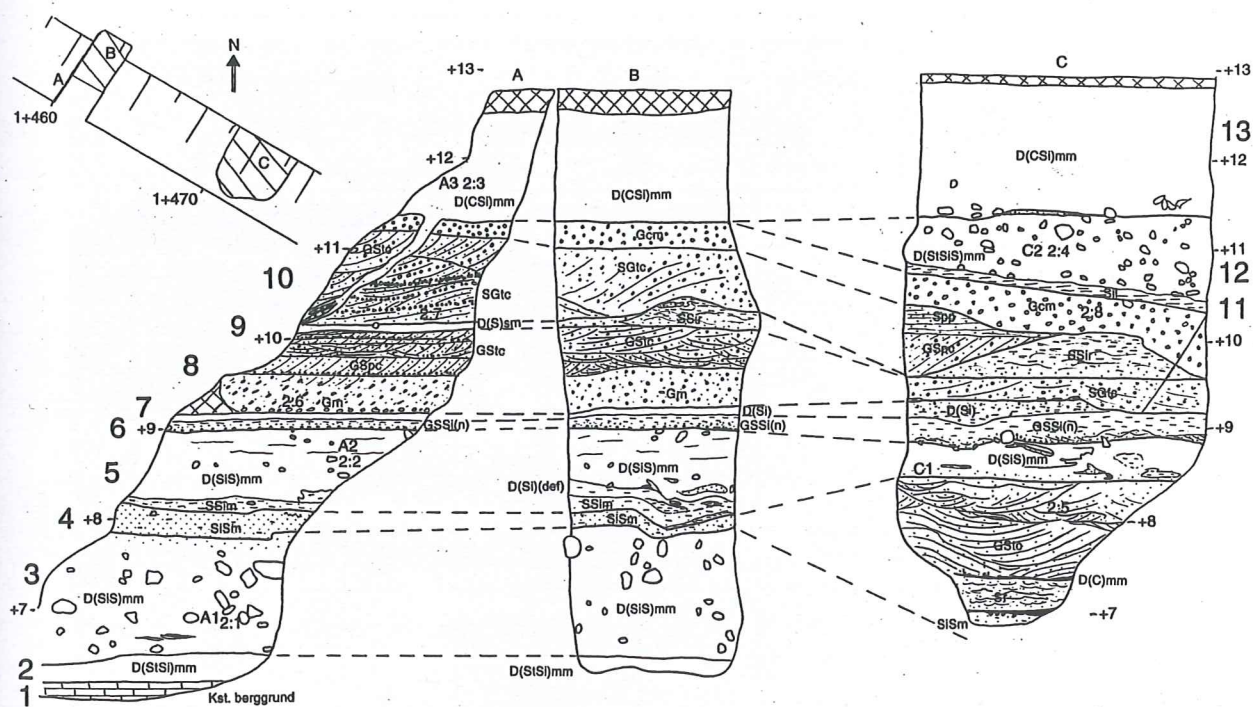


Fig. 18. Detaljskisser över delarna A, B och C i skärning 2. Övan till vänster finns en skiss som visar skärningarnas lägen uppifrån. De stora siffrorna i kanten markerar de beskrivna enheterna. Facieskoderna finns beskrivna i tabell 6.



Provnr:	2:1	2:2	2:3	2:4
ler (%)	4,4	7,6	10,8	4,9
silt (%)	30	32,5	34,0	23,6
sand (%)	47,9	47,6	44,6	57,1
grus (%)	17,8	12,3	10,5	14,4

Tabell 7. Tabellen visar den procentuella kornstorleksfördelning i de osorterade jordproverna från skärning 2, motsvarande diagramkurvorna i fig. 19.

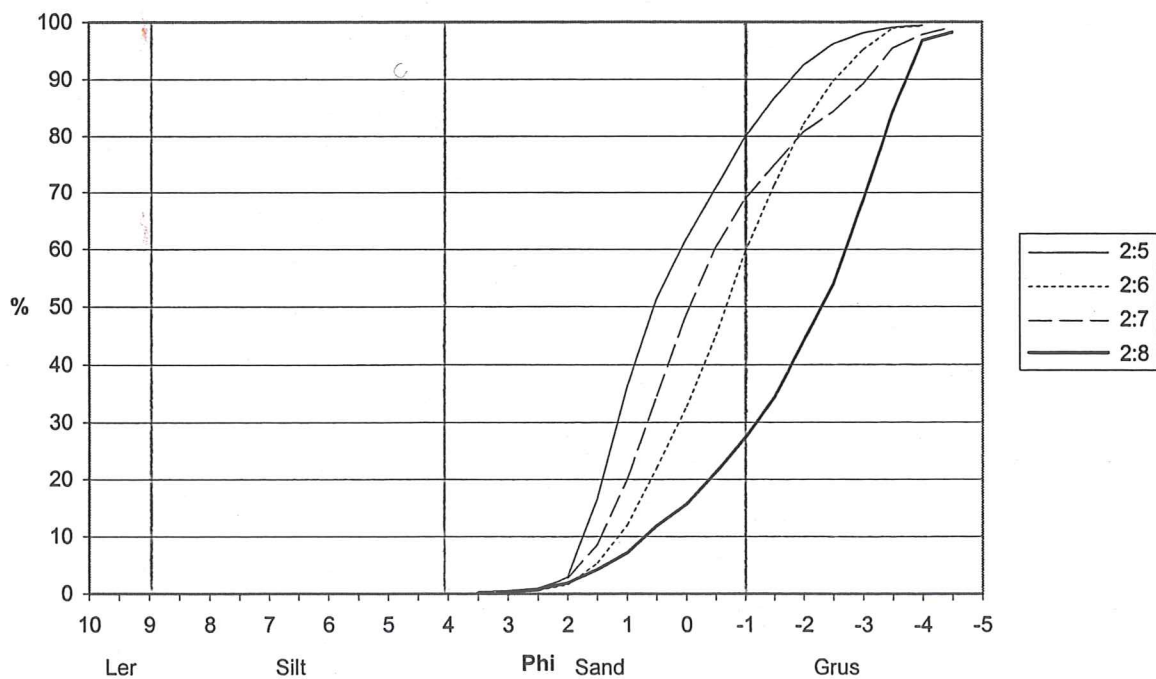
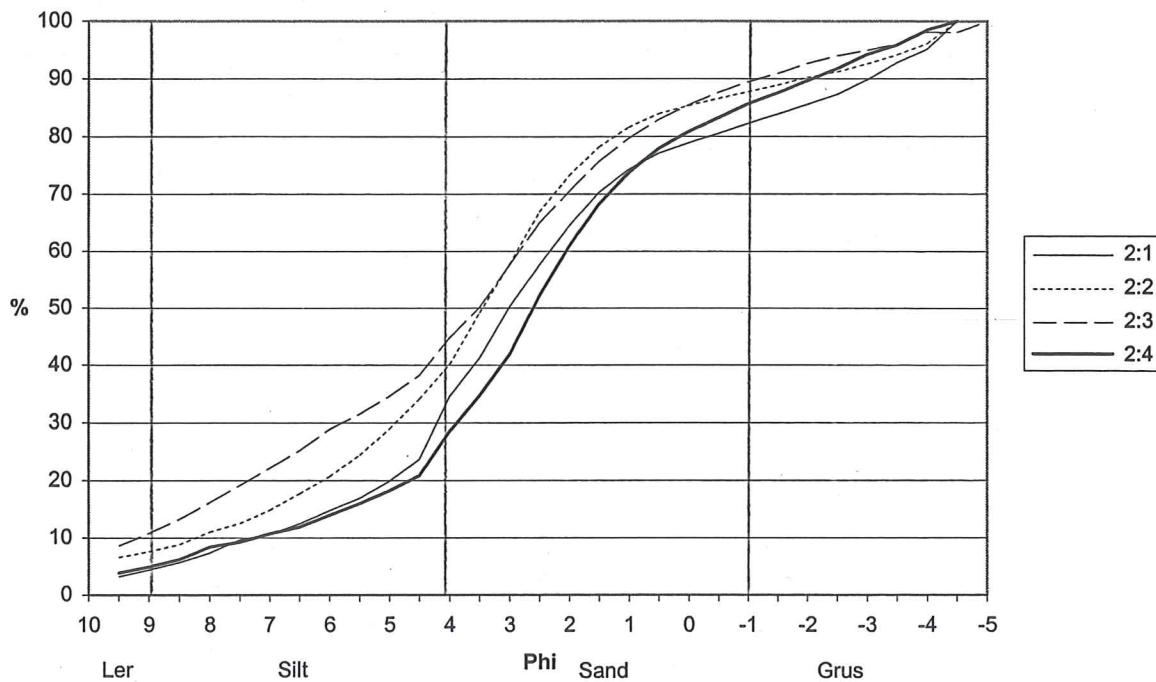


Fig. 19. Kurvorna visar den kumulativa kornstorleksfördelningen för de osorterade (2:1 till 2:4) och de sorterade (2:5 till 2:8) jordproverna, tagna i skärning 2.

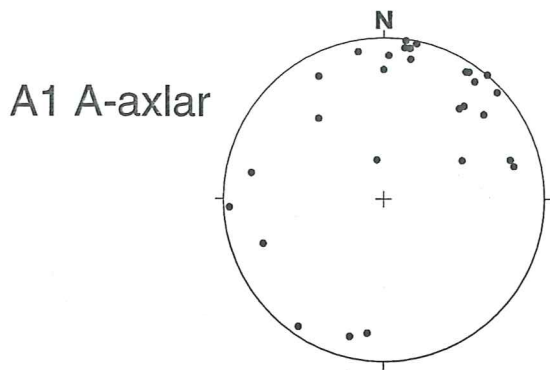


*Fig. 20. Sand och grus i kontakt med den övre diamiktonen i skärning 2, del A. Gruset genomkorsas av en spricka fylld med diamikt material ovanifrån. I undre delen syns ett nära horisontellt diamikt lager.*

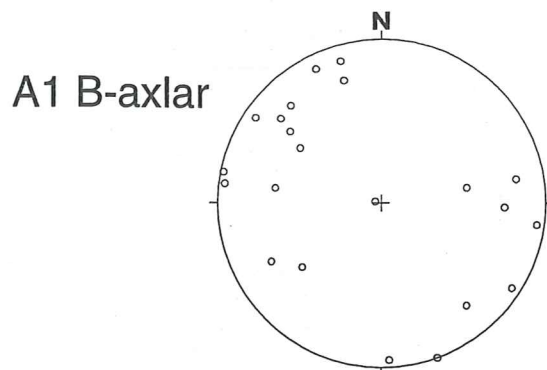


*Fig. 21. Berggrundskontakten i skärning 2 del A. Den övre delen av berggrunden är sprucken och krossad. Detta skikt är mycket mäktigare några tiotal meter längre västerut. Den överlagrande diamiktonen är ljus och starkt präglad av den lokala berggrunden.*

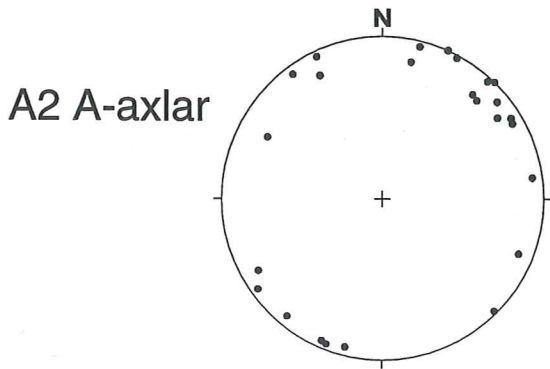




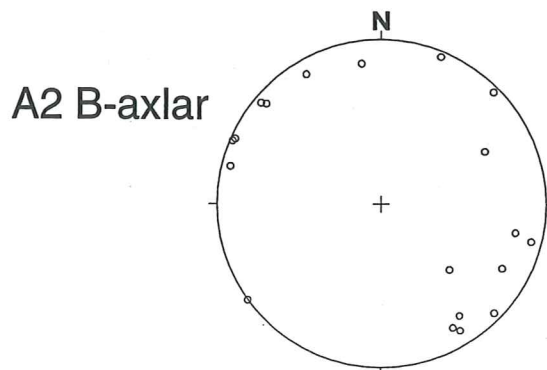
V1 = 27°/11°  
 S1 = 0,69  
 S2 = 0,22  
 S3 = 0,09  
 N = 28



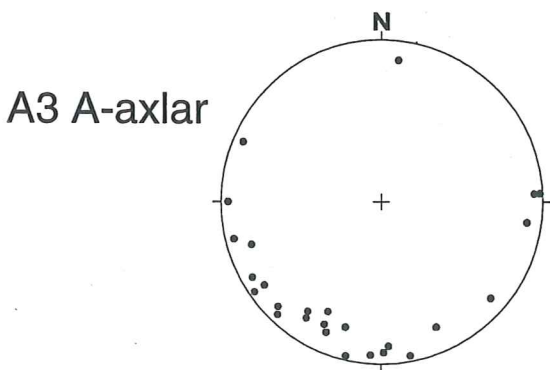
V1 = 303°/10°  
 S1 = 0,61  
 S2 = 0,22  
 S3 = 0,17  
 N = 22



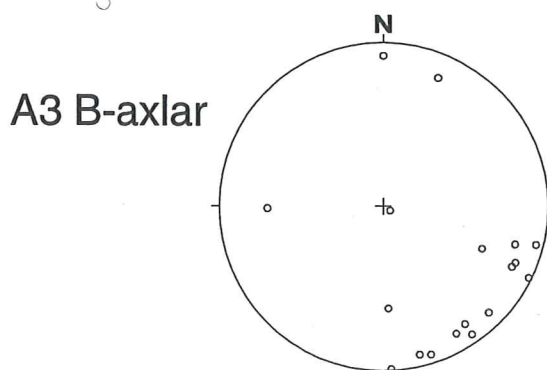
V1 = 37°/4°  
 S1 = 0,69  
 S2 = 0,28  
 S3 = 0,02  
 N = 25



V1 = 126°/7°  
 S1 = 0,68  
 S2 = 0,27  
 S3 = 0,05  
 N = 19



V1 = 217°/11°  
 S1 = 0,65  
 S2 = 0,33  
 S3 = 0,02  
 N = 26



V1 = 139°/12°  
 S1 = 0,68  
 S2 = 0,22  
 S3 = 0,11  
 N = 18

Fig 22. Riktninganalyser (fabric) som utförts i skärning 2, del A.

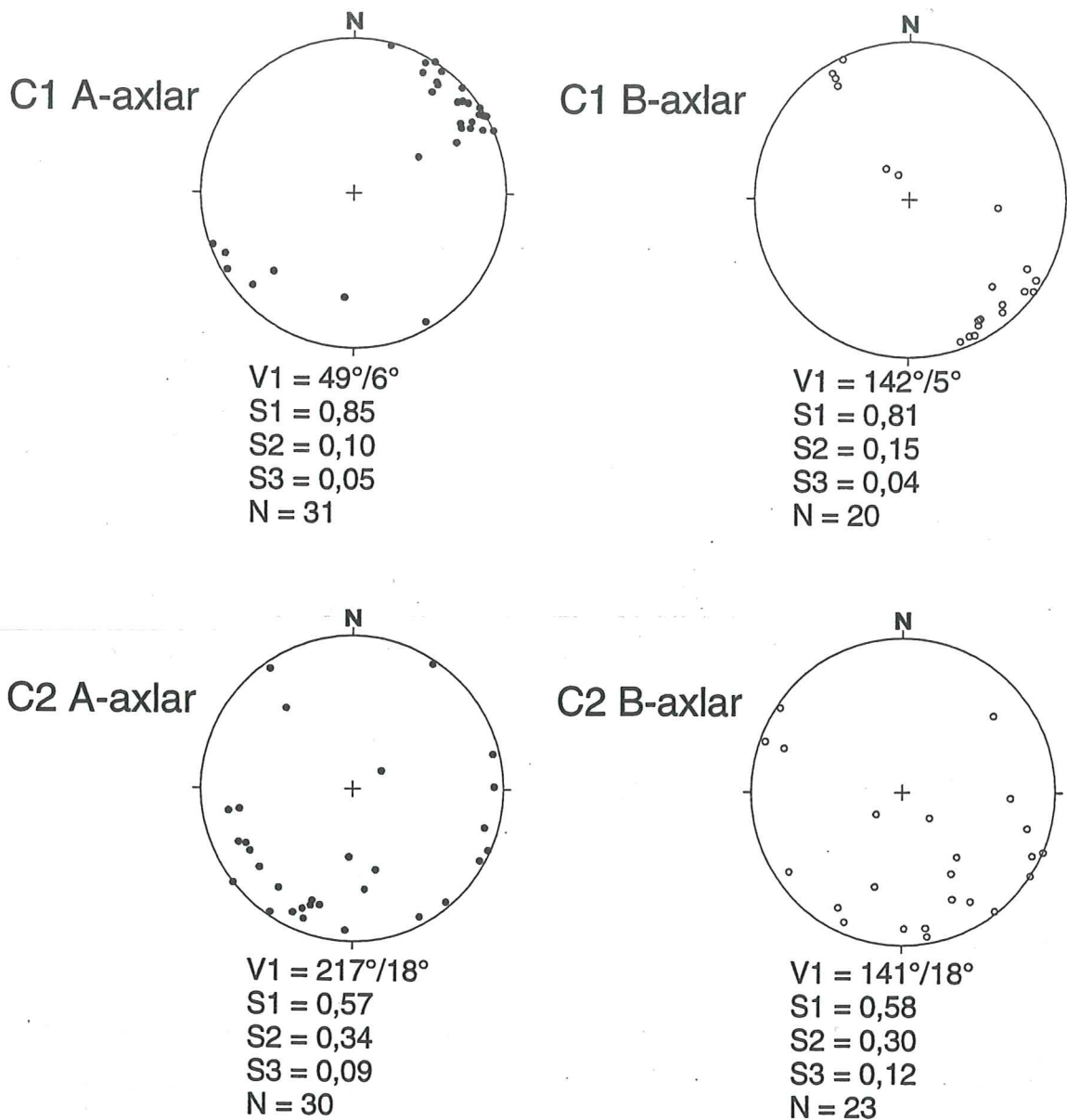


Fig. 23. Riktninganalyser (fabric) utförda i skärning 2, del C.

pump effect". Den andra processen kallas "hydraulic-jack effect". Den uppkommer av att ett ökande porvattentryck under isen till slut kan lyfta glaciären från underlaget. Fastfrusna partiklar följer då med isbasen framåt. Dessutom minskar ett högt porvattentryck normalspänningen och därmed friktionen mellan partiklar. Partiklarna kan då lättare förflyttas av skjuvkrafterna från isen. Hållfastheten, som beror av friktionen mellan partiklar, är proportionerlig mot den effektiva normalspänningen imaterialet, som i sin tur minskas av ett högt porvattentryck enligt Coloumbs ekvation (Benn & Evans, 1998, s. 153):

$$\tau^* = c + (p_i - P_w) \cdot \tan \phi_i$$

där  $\tau^*$  är skjuvhållfastheten,  $c$  är kohesionen,  $p_i$  är normalspänningen som kommer ifrån vikten av

ovanliggande is och material,  $P_w$  är porvattentrycket ( $p_i - P_w =$  den effektiva normalspänningen) och  $\phi_i$  är den inre friktionsvinkeln.

*Enhet 3.* - Den massiva, matrixstödda diamiktonen i enhet 3 tolkas som subglacialt avsatt morän med viss subglacial plastisk deformation med en huvudspänningsriktning ca NO/SV.

*Enhet 4.* - De primära sedimentstrukturerna i de sorterade sedimenten i enhet 4 visar på rinnande vatten. Trots att primärstrukturerna är väl bevarade i de centrala delarna har deformation skett. I sandlinsernas tunnare delar och i dess utkanter och ovankanter syns deformationen eller är sedimenten helt massiva. Detta visar på en skjuvning och en gradvis övergång till en diamikton. Den funna skarpkantade stenen av helt avvikande storlek och inbäddade diamikta skikt visar på en dumpning uppifrån.



*Enhet 5.* - Botten av lager 5 visar en övergång från skjuvdeformerat underlag med tektonisk laminering till ett nytillskott av avvikande diamikt sammansättning. Den sliriga strukturen är bildad genom en plastisk deformation. Skjuvsprickorna i den övre delen visar på en övergång från plastisk till spröd deformation. Allt detta indikerar processer med subglacial deformation. Detta bekräftas av en god till mycket god orientering av partiklarnas längdaxlar. Även här är partiklarna orienterade i NO/SV.

*Enhet 6.* - Sorterad sand och silt draperar underliggande stenar och avsattes av rinnande vatten i enhet 6. Vattenhastigheten minskade och avsättningen övergick från sand till suspensionsavsatt silt i stillastående vatten.

*Enhet 7.* - Övergången uppåt visar på en diamiktisering dvs en homogenisering och uppblandning med grövre partiklar vilket ger en gradvis övergång till en siltig deformationsmorän utan uppblandning av underlagrande sediment.

*Enhet 8.* - Sedimenten i sand- och gruslinserna i enhet 8 tolkas som fluviala sediment avsatta i rinnande vatten med mestadels hög strömhastighet, vilket visas av trågorsskiktning, som har bildats genom vandring av fluviala bäddformer: tredimensionella dyner och bankar eller tvådimensionella dyner. Avsättningsriktningen i sand-/gruslinserna anger en strömriktning mot sydväst. Partikelstorleken är relativt stor och materialet måste transporteras av vatten med hög hastighet. I vattnets kontakt med det diamikta underlaget har trågformad erosion skett.

*Enhet 9.* - Vattenströmningen har minskat så att ett siltigare lager i enhet 9 kunnat avsättas. Enheten har sedan diamiktiserats genom viss skjuvrörelse i lagret. Skjuvningen har skett efter att gruset i enhet 10 avlagrats eftersom grusigt material ovanifrån är inblandat i silten.

*Enhet 10.* - Sand och grus är avsatta genom samma typ av fluvial transport och deposition som i enhet 8. Vattenhastigheten har i översta delen varit högre, vilket återspeglas av större partiklar och massiv struktur.

*Enhet 11.* - I enhet 11 har vattenhastigheten avtagit så att siltsedimentation från suspension kunnat återupptas.

*Enhet 12.* - Det kilformade diamikta lagret har en tydlig materialgradering från väster mot öster i skär-

ningen. Den kilformade enheten fyller upp och planar ut en sluttning som lutar mot öster. Materialgraderingen antyder en materialtransport av diamikt material från väster mot öster i skärningen där de stora partiklarna anrikats högst upp och finkornigt, diamikt material fortsatt som viskösa sedimentströmmar ner för sluttningen.

*Enhet 13.* - Det översta diamikta lagret visar stora likheter med lager 3 och 5. Diamiktonen är massiv, matrixstödd med sliror av textuellt avvikande material. I den övre diamiktonen består slirorna av röd diamikt lera. Partikelaxlarnas orientering har en något större spridning ( $S1 = 0,65$ ) med en subhorisontell till svag lutning. Diamiktonen tolkas som en deformationsmorän med duktil deformation under höga porvattentryck (Benn & Evans, 1998, s. 200 - 202). I den undre kontakten med den största gruslinserna finns moränfyllda sprickor och förkastningar som visar på överskridande av en aktiv is. Isen har genom skjuvkrafter orsakat tension i materialet vilket öppnat sprickor som sedan fyllts med material uppifrån.

Detaljundersökningen i skärning 2 visar upprepade övergångar mellan subglacial skjuvdeformation och avlagring av deformationsmorän alternerande med fluvial sedimentation. Bergartssammansättning och fabricanalyser visar inga förändringar med undantag av den översta diamikta enheten, lager 13, som avviker i bergartssammansättning från de underliggande lagren. Denna enhet kan korreleras österut genom innehållet av röda sliror. I båda fallen är dock bergartssammansättningen baltisk. Vid fem upprepade tillfällen har förändring från subglacial skjuvdeformation till fluvial sedimentation skett. Teoretiskt kan varje övergång representera en isframstöt efterföljt av en deglaciation, men den mest sannolika tolkningen är att sedimentationen skett helt och hållet subglacialt med upprepade öppning och stängning av grunda subglaciala kaviteter. Dumpade stora partiklar och diamikta klaster i samband med den fluviala sedimentationen styrker också tolkningen. Sorterade sedimentlinser förekommer också i den undre diamiktonen i skärning 1. Den ursprungliga lagringen är störd och överskjutningar i primära sedimentstrukturer visar på en subhorisontell skjuvning. Även här är en subglacial sedimentation och deformation tänkbar som en förklarande modell.



## 8 Diskussion

Sedimenten i området är troligen avsatta under minst två nedisningar. Den undre moränens överyta, där vindslipade stenar är funna, markerar en fossil markyta. Det faktum att denna yta inte är identifierbar på många platser längs skärningarna kan förklaras genom att efterföljande nedisning eroderat, deformerat och förstört spåren av denna markyta. De relativt stora skillnaderna mellan skärningarna kan ha många orsaker bl a skillnader i: berggrund, tidigare avlagringar, topografi, underlagets hudrauliska konduktivitet, glacial erosion och deposition. Vad som varit den avgörande faktorn vid varje lokal är svårt att avgöra.

Moränernas tolkning som avsatta i viskösa eller plastiska, deformerbara lager under isen får betydelse för tolkningen av glaciärens dynamiska egenskaper. Isunderlagets impermeabilitet och höga vattenhållande förmåga, båda orsakade av hög andel finkornigt material, tillsammans med områdets flacka topografi, har gett en dålig dräneringsförmåga av smältvatten under isen. Detta har i sin tur gett hög vattenhalt och högt porvattentryck som drastiskt minskat skjuvhållfastheten i underlaget. Porvattentrycket kan ha burit upp en stor del av isens tyngd. Den låga hållfastheten i underlaget gjorde att ett visköst eller plastiskt deformationslager bildades. I ett sådant kan den största delen av isens rörelse framåt ske (Boulton, 1996). I undersökningar på Island (Boulton, 1979 och Boulton & Hindmarsh, 1987) har det visats att upp till 80-95 % av glaciärens rörelse skedde genom duktil deformation i ett 0,5 m tjockt moränlager under isen. Moränlagret var poröst och innehöll mycket porvatten med högt tryck. Deformationshastigheten visades vara starkt beroende av porvattentrycket under isen. Ett ökat porvattentryck och bildning av kaviteter under isen ger en bättre glidförmåga, vilket ger ett tillskott av smältvatten vid glaciärbasen genom ökad produktion av viskös värme samt trycksmältning. Vid en viss punkt skapas en positiv feedbackmekanism där ökat portryck ger snabbare glidning vilket i sin tur ger mera smältvatten (Schweitzer & Iken, 1992). Detta leder till ett instabilt accelererande av glaciären där hastigheten ökar katastrofalt. Detta kommer att fortsätta tills det subglaciala dräneringssystemet skiftar till ett mer effektivt kanaliserat system, som dränerar överskottsvattnet så att trycket och kavitetsutbredningen vid basen minskar och även glaciärens glidhastighet minskar. Orsaken till förändringen kan vara att isens gradient minskat så mycket att drivkraften bakom rörelsen upphör.

Låg friktion i underlaget medför att glaciärer som rör sig genom subglacial deformation kan vara tunna och ha en flack gradient samtidigt som hastigheten i isen är hög. Rekonstruktioner av inlandsistjockleken

i nordvästra Tyskland under senaste ismaximat (Piotrowski & Tulaczyk, 1999) ger en tjocklek på ca 280 m 50 km från iskanten. Porvattentrycket under isen var så stort att den på vissa platser lyfte från underlaget. På så sätt minskades friktionen ytterligare och deformationen av underlaget upphörde. Förhållandena kan jämföras med områden med lerig, sedimentär berggrund och leriga jordlager i den sydvästra delen av senaste nedisningen i Nordamerika (Clayton *et al.* 1985). Där svämmade inlandsisen upprepade gånger ut i lober. Kol-14-dateringar visar på snabba framryckningar och reträtter av isfronten. Den tunna, flacka isfronten var känslig för topografien, vilket gav lober, till skillnad från sandigare moränområden över den kanadensiska skölden där isfronten var brantare, isflödet var radiellt mot fronten och fronten mera jämnt rundad. Orsaken till olikheterna var skillnader i subglacial hydrologi mellan impermeabla, kohesiva sediment i områden med sedimentär berggrund och permeabla, grovklastiska sediment i kristallina berggrundsområden. Teorin om en snabb, flack och tunn sista isframstöt i Skåne stöds också av Ringberg (1988, s. 261). En flack is har en känslig balans mellan basal skjuvspänning och porvattentryck. Små minskningar av dessa faktorer får den snabba ismassan att stagnera till en stor flack dödis.

Dödisavsmältning har visats kunna bilda en jämn, flack moränyta beroende på moränmateriallets flytbenägenhet där det innehåller mycket vatten och finmaterial (Boulton, 72). De skålformade avlagringarna överst i skärningarna visar på en supraglacial avsmältning i dödismiljö under inverkan av rinnande vatten. Sådan avsmältning bestående av flytmoränsekvenser blandade med sorterade sediment, som blir finkornigare uppåt, i små bassänger med smältvattensflöden har beskrivits av Paul (1983). Deformationerna i detta avsmältningssystem beror på gravitationsrörelser och sättningar.

Den subglaciala dräneringen under inlandsisar, som vilar på en deformerande bädd med högt porvattentryck och låg hydraulisk gradient (som under basen av ett svagt lutande istäcke), sker genom ett nätverk av många vida, grunda, flätade kanaler i gränsen mellan is och morän (Walder & Fowler, 1994). Förhållandet mellan flöde och tryck i sådana system är analogt med tryck/flöde-förhållandena i ett länkat kavitetssystem där även högre flöden sammanknippas med ett högt vattentryck. Detta innebär att stora kanaler inte samlar på sig vatten från små, som i ett hopsamlade, dendritiskt tunnelsystem, utan dräneringen förblir utspridd över en stor del av glaciärbasen. Smältvattenflödet i ett sådant system skulle vara relativt lugnt och under ett högt tryck. Detta till skillnad från ett system över fast underlag



eller hög hydraulisk gradient där smältvattenflödet skulle koncentreras till relativt få stora tunnlar med högre flödes hastigheter och lägre tryck. I sådana tunnlar skulle åsar bildas. Fördelningen av åsar i både Europa och Nordamerika visar att åsar förekommer i områden med kristallin berggrund och högpermeabel morän, medan de är sällsynta i områden med sedimentär berggrund och lågpermeabel morän

(Clark & Walder, 1994). I Malmötrakten är berggrunden sedimentär, moränen lågpermeabel och större rullstensåsar förekommer inte. Alley (1992) har dock visat att subglaciala kanaler med lågt tryck kan samexistera vid sidan av lager med deformrande morän som vanligtvis förknippas med höga portryck.

## 9 Slutsatser

Skärningarna söder om Malmö visar en övre diamikton som i stort sett tycks täcka hela området och som ökar i mäktighet österut. Diamiktonen tolkas som en subglacial deformationsmorän med en isrörelseriktning hos den deformerande glaciären från sydväst (S-V).

Diamiktonen underlagras av utbredda sorterade sediment, huvudsakligen silt och sand, som ibland visar tecken på skjuvning. Den undre delen av sekvensen innehåller dessutom grus och diamikta lager. Lagrens sammanlagda tjocklek är vanligen 2-3 m, sällan mer än 5 m. De sorterade lagren har stor lateral utbredning, men utgör ingen heltäckande enhet. Sedimenten tolkas som huvudsakligen avsatta i utbredda subglaciala kaviteter med långsam vattengenomströmning. Kaviteterna har bildats i en första fas av den nedisning, som sedan avsatt den övre diamiktonen.

Utanför kavitetssystemet har glaciären haft bottenkontakt med underlaget, vilket förklarar de lagerföljder, som saknar finkorniga sorterade sediment (skärning 1 och 2). I skärning 1 markeras denna bottenkontaktyta av en koncentration av block, i skärning 2 av en eroderad yta med tensionssprickor och nedpressade stenar.

Under de sorterade sedimenten finns rester av en fossil markyta. Denna yta saknas i skärning 1 och 2 där glaciären haft bottenkontakt och sannolikt eroderat markytan.

Diamiktonen under den fossila markytan är huvudsakligen massiv, men kan också innehålla mer eller mindre deformerade lager av framför allt sand och grus. Tidigare undersökningar från Limhamns kalk-

brott och lagerföljden i skärning 1 tyder på en sammanhängande moränsekvens från berggrundsytan upp till den fossila markytan/blockkoncentrationen. Skärning 2 visar på en mer komplex lagerföljd med subglaciala kaviteetsbildningar som komplicerar kartläggningen av sedimentkropparnas geometri. Även om likheterna är stora mellan skärning 1 och skärning 2 (se kap. 6.2), kan man inte utesluta att den undre moränen i skärningarna representerar olika nedisningsfaser.

Det finns svårigheter att passa in skärningarna i redan etablerade glaciationsmodeller. T.ex. finns det inget som säkert styrker en NO-is i skärningarna. Materialet är överallt baltiskt och fabricanalyserna i skärning 2 kan genom sin flacka lutning av a-axlarna lika gärna indikera en skjuvriktning från SSV, dvs. likartad riktning som den undre moränen i Limhamns kalkbrott visar. De undersökta skärningarna visar inga spår av en transgression med strandavlagringar, som enligt Malmberg Persson och Lagerlund (1990) bildar basen av Lund Diamikton och den översta diamiktonen har bildats av en aktiv glaciär och inte i en glaciolakustrin miljö med isberg. Glaciärisframstöten skedde av en speciell typ av glaciär, som var flack och snabb. Isen gled snabbt fram beroende på höga porttyck i underlaget vilket gav låg friktion och bildning av vattenfyllda kaviteter där sorterade sediment kunde avsättas. När glaciärens gradient hade flackats ut stagnerade isen och en stor flack dödis bildades. I denna dödismiljö skedde sedan vid smältningen en avsättning av sorterade till diamikta sediment i de skålformade avlagringarna.



## 10 Tack

Jag vill tacka mina handledare Lena Adrielsson (kvartärgeologiska avdelningen vid Lunds universitet) och Mats Hebrand (VBB Viak i Malmö) för all

hjälp under arbetets gång. Dessutom vill jag tacka deltagarna i den glacialgeologiska kursen KVG 525 (1998) för deras fältarbete, som jag fått ta del av.

# 11 Referenser

- Adriellsson, L., Barnekow, L., Björkman, L., Holmström, P. & Lagerås, P. 1989: Glacial sedimentologi och miljöanalys av kvartära lager i Limhamns kalkbrott, Skåne. *Projektrapport av kurs KV 611, Kvartärgeologi, Lunds universitet, opubl.* 36 s.
- Alley, R.B. 1992: How can low-pressure channels and deforming tills coexist subglacially? *Journal of Glaciology* 38, 128. 200-207.
- Benn, G.S. & Evans, D.J.A. 1998: *Glaciers and glaciation*. Arnold. 734 s.
- Bennett, M.R. & Glasser, N.F. 1996: *Glacial Geology: Ice Sheets and Landforms*. John Wiley & Sons Ltd. 364 s.
- Berglund, B. E., Håkansson, S. & Lagerlund, E. 1976: Radiocarbon-dated mammoth (*Mammuthus primigenius* Blumenbach) finds in south Sweden. *Boreas* 5, 177-191.
- Berglund, B. E., & Lagerlund, E., 1981: Eemian and Weichselian stratigraphy in South Sweden. *Boreas* 10, 323-362.
- Boulton, G.S. 1972: Modern Arctic glaciers as depositional models for former ice sheets. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, 128. 361-393
- Boulton, G.S. 1979: Processes of glacier erosion on different substrata. *Journal of Glaciology* 23, 15-38.
- Boulton, G.S. 1996: Theory of glacial erosion, transport and deposition as a consequence of subglacial sediment deformation. *Journal of Glaciology* 42, 43-62.
- Boulton, G.S. & Hindmarsh, R.C.A. 1987: Sediment deformation beneath glaciers: rheology and sedimentological consequences. *Journal of Geophysical research* 92, B9, 9059-9082.
- Clark, P.U. & Walder, J.S. 1994: Subglacial drainage, eskers, and deforming beds beneath the Laurentide and Eurasian ice sheets. *Geological Society of America Bulletin* 106. 304-314.
- Clayton, L., Teller, J.T. & Attig, J.W. 1985: Surging of the southwestern part of the Laurentide Ice Sheet. *Boreas* 14. 235-241.
- Holmström, L. 1904: Öfversikt af den glaciala afslipningen i Sydskandinavien. *Geologiska föreningens i Stockholm förhandlingar* 26, 241-316, 365-432.
- KVG 525, 1998: Sedimentationsprocesser och sedimentationsmiljöer under den senaste nedisningsfasen, Brölåge 13, Fosie, Malmö. *Fältdarbetsrapport för kurs KVG 525, Kvartärgeologiska avdelningen vid Lunds universitet. opubl.* 9 s.
- Lagerlund, E. 1980: Litostratigrafisk indelning av Västskånes Pleistocen och en glaciationsmodell för Weichsel. *University of Lund, Department of Quaternary Geology, Report 21*. 120 s.
- Lagerlund, E. 1987: An alternative Weichselian glaciation model, with special reference to the glacial history of Skåne, south Sweden. *Boreas* 16, 433-459.
- Lagerlund, E. 1995: Ice dynamics during the deglaciation of SW Skåne, south Sweden. *Quaestiones Geographicae, Special Issue 4, Adam Mickiewicz University Press, Poznan*, 195-200.
- Lagerlund, E. & Houmark-Nielsen, M. 1993: Timing and pattern of the last deglaciation in the Kattegatt region, Southwest Scandinavia. *Boreas* 22; 4. 337-347.
- Lagerlund, E. & Malmberg Persson, K., 1990: Methods and problems of till stratigraphy. Guide to the field trip in SW Skåne 28-29 September 1988. In Lagerlund (ed.): *Methods and Problems of Till Stratigraphy - INQUA-88 proceedings. LUNDQUA Report 32*, 50-58.
- Malmberg Persson, K., 1988: Litostratigraphic and sedimentological investigations around the eastern boundary of Baltic deposits in central Scania. *Lund University, Department of Quaternary Geology, Thesis 23*. 72 s.
- Malmberg Persson, K. & Lagerlund, E., 1990: Sedimentology and depositional environments of the Lund Diamicton, southern Sweden. *Boreas* 19, 181-199.
- Malmberg Persson, K. & Lagerlund, E., 1994: Glacial dynamics and transport of debris during the final phases of the Weichselian Glaciation, southwest Skåne, Sweden. *Journal of Quaternary Science* 9, 245-256.
- Mark, D.M. 1973: Analysis of axial orientation data, including till fabrics. *Bulletin of the Geological Society of America* 84, 1367-1374.
- Munthe, H. 1920: Beskrivning till kartbladet Sövdeborg. *Sveriges Geologiska Undersökning Aa 142*. 187 s.
- Paul, M.A. 1983: The supraglacial land system. In Eyles, N. (ed.); *Glacial Geology*. Pergamon, Oxford, 71-90.
- Piotrowski, J.A. & Tulaczyk, S. 1999: Subglacial conditions under the last ice sheet in northwest Germany: ice-bed separation and enhanced basal sliding? *Quaternary Science Reviews* 18. 737-751.
- Ringberg, B. 1975: Beskrivning till jordartskartan Trelleborg NV/Malmö SV. *Sveriges Geologiska Undersökning Ae 23*. 64 s.
- Ringberg, B. 1988: Late Weichselian geology of southernmost Sweden. *Boreas* 17, 243-263.
- Schweizer, J. & Iken, A., 1992: The role of bed separation and friction in sliding over an undeformable bed. *Journal of Glaciology* 38, 128, 77-92.



Talme, O. & Almén K. E. 1975: *Jordartsanalys. Laboratoriehänvisningar, Del 1.* Kvartärgeologiska institutionen, Stockholms Universitet, 128 s.

Torell, O. 1872: Undersökningar öfver istiden. I. *Öfversigt af Kungliga Vetenskapsakademiens Förhandlingar.* 44 s.

Torell, O. 1873: Undersökningar öfver istiden. II. *Öfversigt af Kungliga Vetenskapsakademiens Förhandlingar,* 47-64.

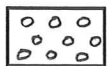
Wennberg, G. 1949: Differentialrörelser i inlandsisen. *Meddelanden från Lunds geologisk-mineralogiska institut 114.* 201 s.

Walder, J.S. & Fowler, A. 1994: Channelized subglacial drainage over a deformable bed. *Journal of Glaciology 40,* 134. 3 - 15.

Teckenförklaring till planscherna



Diamikton (med sten)



Grus



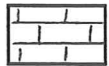
Sand



Silt



Skiktning/stratifiering



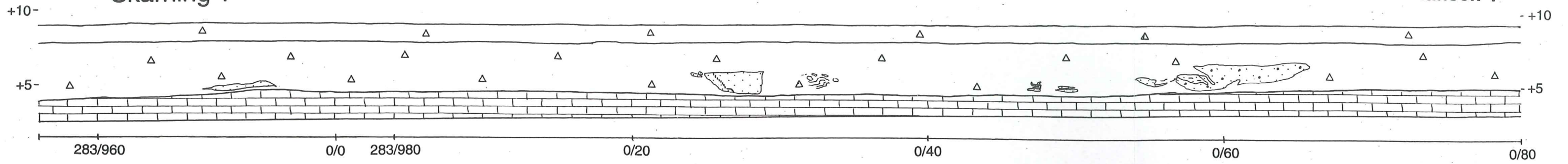
Kalksten



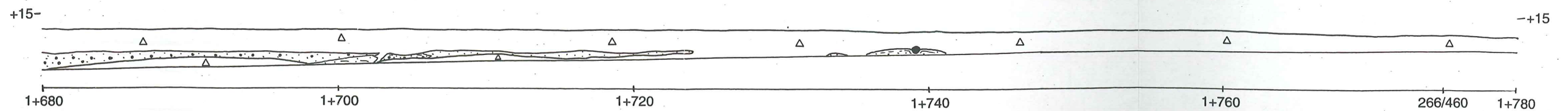
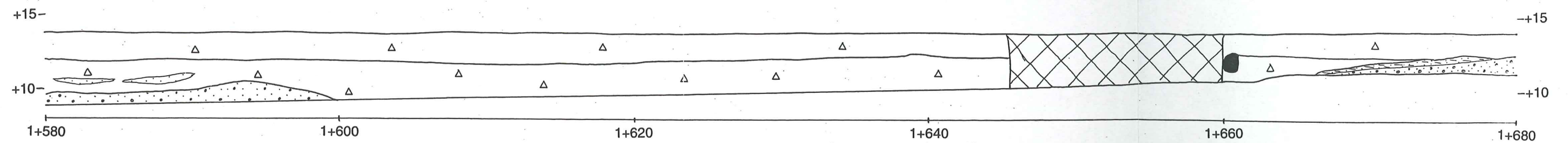
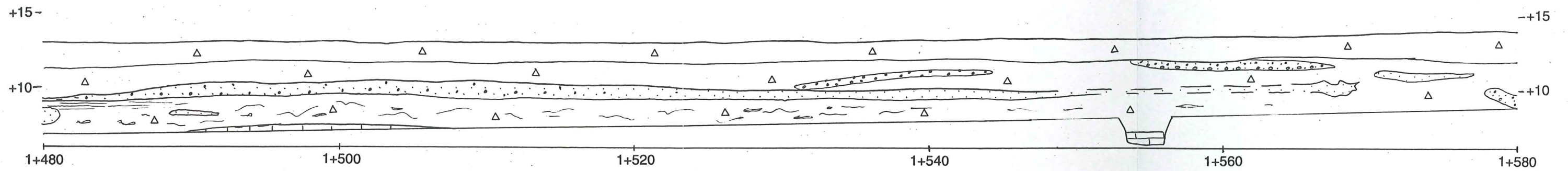
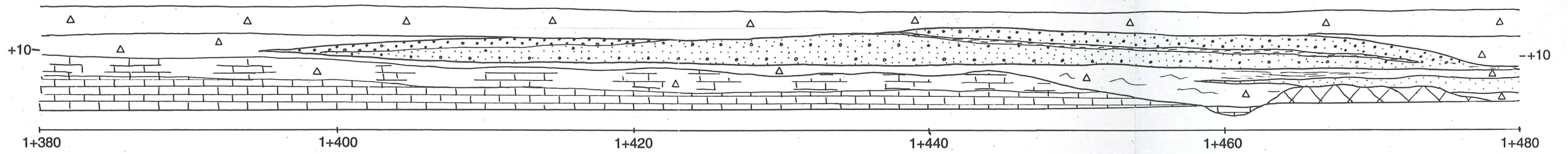
Fyllmaterial eller schaktmassor

# Skärning 1

# Plansch 1



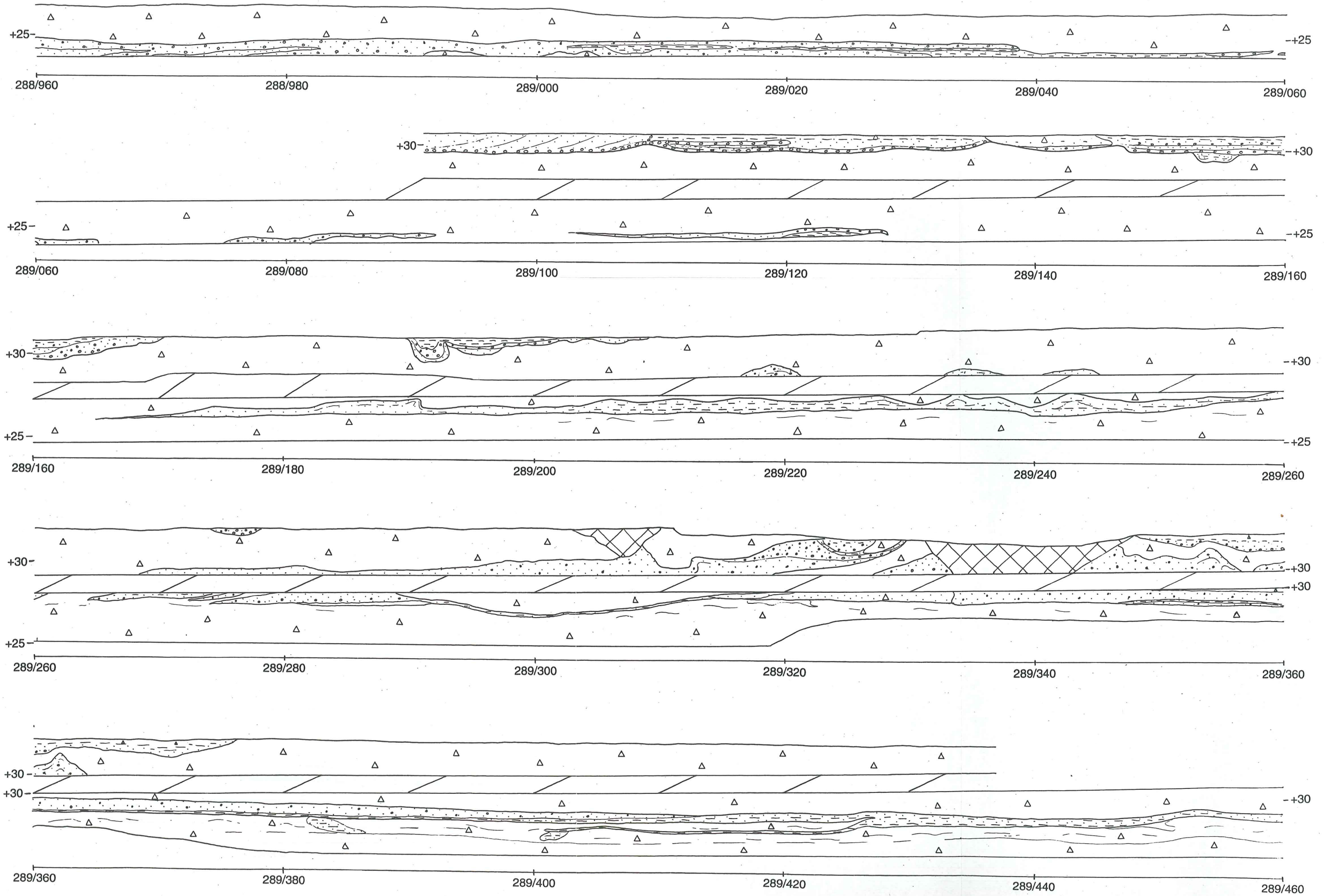
# Skärning 2



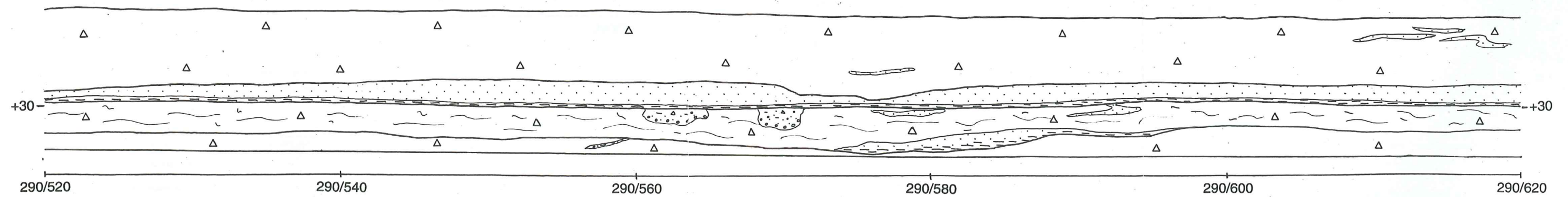
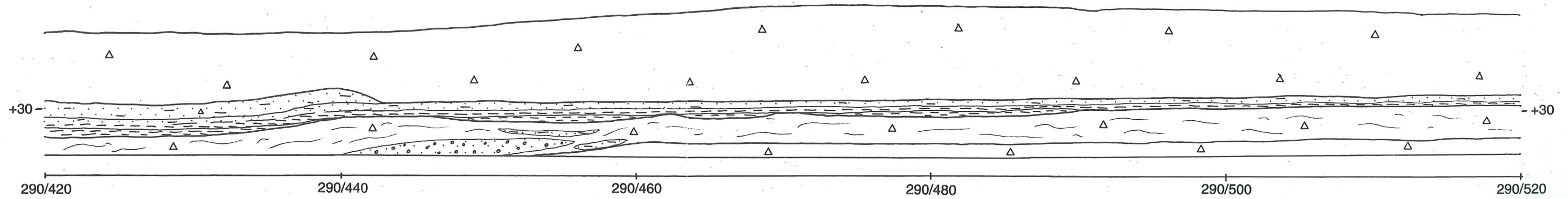
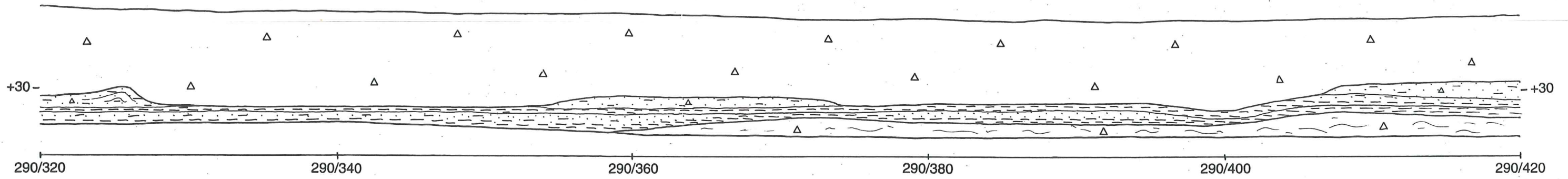
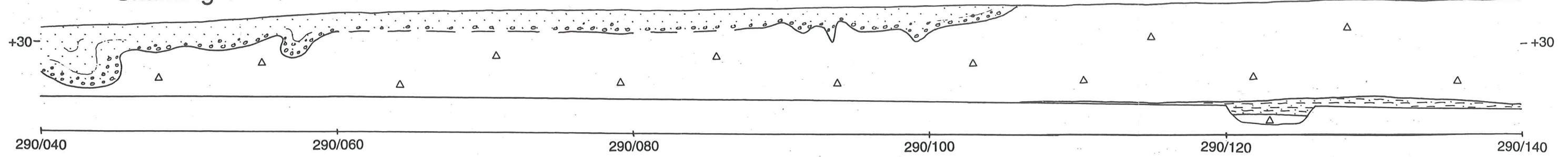


# Skärning 3

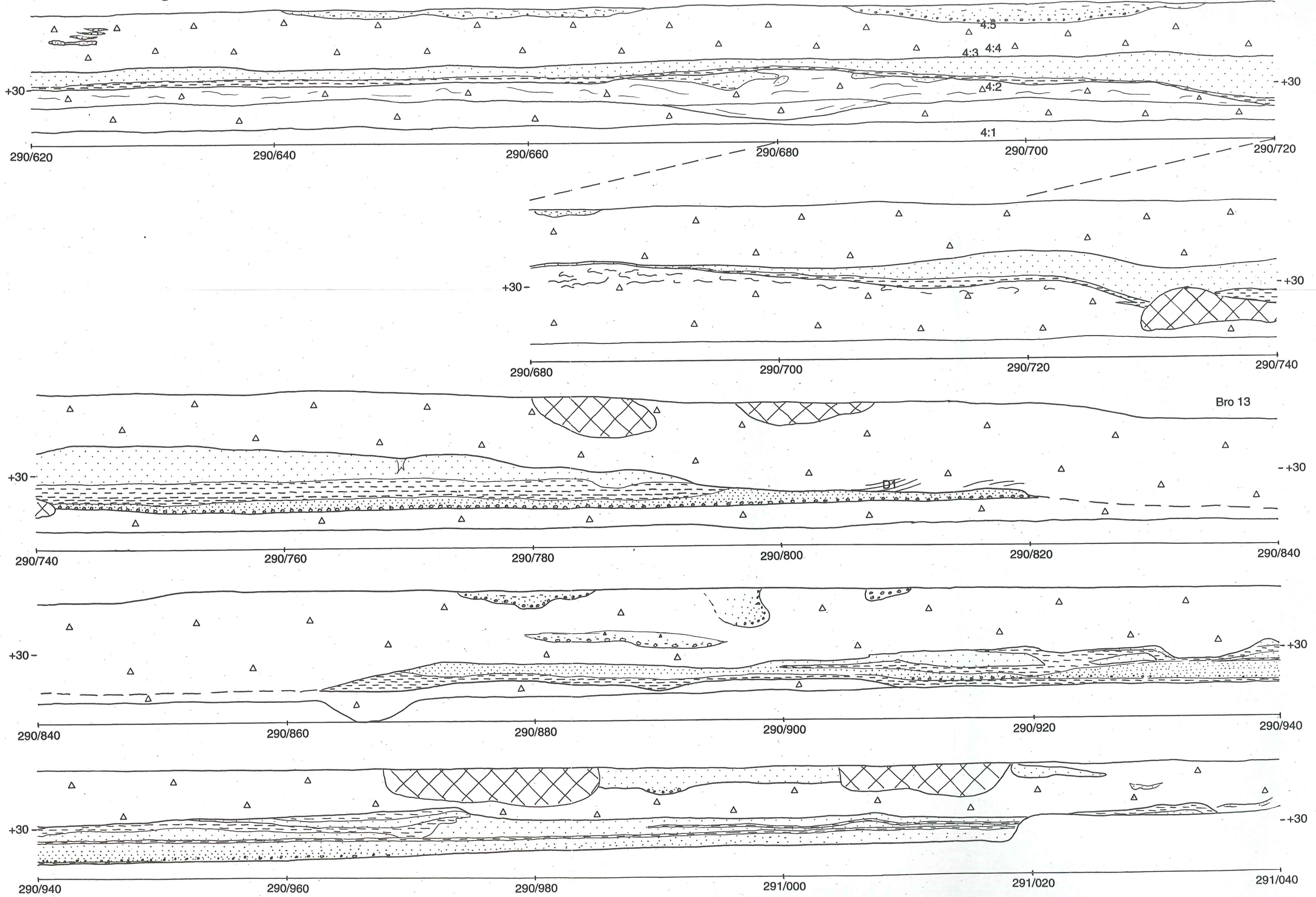
# Plansch 2



Skärning 4









**Tidigare skrifter i serien "Examensarbeten i Geologi vid Lunds Universitet":**

52. Holmqvist, Björn.H., 1993: Stratigrafiska undersökningar i sjön Vuolep Njakajaure, Abisko.
53. Zander, Mia, 1993: Sedimentologisk undersökning av en kvartär deltaavlagring vid övre Jyllandselv, Jameson Land, Östgrönland.
54. Albrecht, Joachim, 1993: Sedimentological and lithostratigraphical investigations in the gravel pit "Hinterste Mühle" at Neubrandenburg, northeastern Germany.
55. Magnusson, Martin, 1994: Sedimentologisk och morfologisk undersökning av Gyllebo-Baskemöllafältet, östra Skåne.
56. Holmqvist, Johan, 1994: Vittring i en moränjord vid Farabol, NV Blekinge.
57. Andersson, Torbjörn, 1994: A sedimentological study of glacial deposits in the upper Sjøllandselv area, Jameson Land, East Greenland.
58. Hellman, Fredrik, 1994: Basement - cover relationships in the Harkerbreen Group of the northern Ny Friesland Caledonides, Svalbard.
59. Friberg, Magnus, 1994: Structures and PT determination of the Caledonian metamorphism of the lower part of the Planetsfjella Group in the area around Mosseldalen, northern Ny Friesland, Svalbard.
60. Remelin, Mika, 1994: Palaeogeographic and sedimentation models for the Whitehill-Irati sea during the Permian of South America and southern Africa.
61. Hagman, Mats, 1994: Bevattning med avloppsvatten - en hydrogeologisk studie.
62. Sandström, Olof, 1994: Petrology and depositional history of the Campanian strata at Maltesholm, Scania, southern Sweden.
63. Pålsson, Christian, 1995: Middle-Upper Ordovician trilobites and stratigraphy along the Kyrkbäcken rivulet in the Röstånga area, southern Sweden.
64. Gustafson, Lars, 1995: Senkvartär stratigrafi och utveckling i Örseryd, mellersta Blekinge.
65. Gichina, Boniface M., 1995: Early Holocene water level changes as recorded on the island of Senoren, eastern Blekinge, southeastern Sweden.
66. Nilson, Tomas, 1996: Process- och miljötolkning av sedimentationen i en subglacial läsideskavitet, Järnavik, S. Blekinge.
67. Andersson, Jenny, 1996: Sveconorwegian influence on the ca. 1.36 Ga old Tjärnesjö granite, and associated pyroxene bearing quartz-monzonites in southwestern Sweden.
68. Olsson, Ingela, 1996: Sedimentology of the Bajocian Fuglunda Member at Eriksdal, Scania, southern Sweden.
69. Calner, Hanna, 1996: Trace fossils from the Paleocene-Middle Eocene Monte Sporno flysch complex, Northern Apennines, Italy.
70. Calner, Mikael, 1996: Sedimentary structures and facies of fine grained deep-water carbonate turbidites in a Paleocene-Middle Eocene flysch complex, Monte Sporno, Northern Apennines, Italy.
71. Hesbøl, Ros-Mari, 1996: Retrograded eclogites of the Richarddalen Complex, NW Svalbard - Petrology and P/T-conditions.
72. Eriksson, Mats, 1996: Lower Silurian polychaetaspid and ramphoprionid polychaetes from Gotland: aspects on taxonomy and palaeoecology.
73. Larsson, Daniel, 1996: Proterozoic hydrothermal alteration and mineralization along the Protogine Zone in southern Sweden.
74. Rees, Jan, 1996: A new hybodont shark fauna from the Upper Jurassic Vitabäck Clays at Eriksdal, Scania, southern Sweden.
75. Bengtsson, Fredrik, 1996: Paleomagnetisk undersökning av senpaleozoiska gångbergarter i Skåne; Kongadiabas, melafyr och kullait.
76. Björngreen, Maria, 1996: Kontrollprogram vid avfallsupplag - en utvärdering.
77. Hansson, Anders, 1996: Adaptations and evolution in terrestrial carnivores.
78. Book, Jenny, 1996: A Light Microscopy and Scanning Electron Microscopy study of coccoliths from two bore holes along the City Tunnel Line in Malmö, Sweden.
79. Broström, Anna, 1996: The openness of the present-day landscape reflected in pollen assemblages from surface sediments in lakes - a first step towards a quantitative approach for the reconstruction of ancient cultural landscapes in south Sweden.
80. Paulsson, Oskar, 1996: Sevekomplexets utbredning i norra Kebnekaise, Skandinaviska Kaledoniderna.
81. Sandelin, Stefan, 1997: Tektonostratigrafi och protoliter i Mårma-Vistasområdet, Kebnekaise, Skandinaviska Kaledoniderna.
82. Meyerson, Jacob, 1997: Uppermost Lower Cambrian - Middle Cambrian stratigraphy and sedimentary petrography of the Almbacken drill-core, Scania, southern Sweden.
83. Åkesson, Mats, 1997: Moränsedimentologisk undersökning och bestämning av postglacialt bildade järn- och manganmineral i en drumlinformad rygg.
84. Ahlgren, Charlotte, 1997: Late Ordovician communities from North America.



85. Strömberg, Caroline, 1997: The conodont genus *Ctenognathodus* in the Silurian of Gotland, Sweden.
86. Borgenlöv, Camilla, 1997: Vätskeinklusioner som ledtrådar till bildningsmiljön för Bölets manganmalm, Västergötland, södra Sverige.
87. Mårtensson, Thomas, 1997: En petrografisk och geokemisk undersökning av inneslutningar i Nordingrågraniten.
88. Gunnemyr, Lisa, 1997: Spårämnesförsök i konstgjort infiltrerat vatten - en geologisk och hydrogeologisk studie av Strömsholmsåsen, Hallstahammar, Västmanland.
89. Antonsson, Christina, 1997: Inventering, hydrologisk klassificering samt bedömning av hydrogeologisk påverkan av våtmarksområden i samband med järnvägstunnelbyggnation genom Hallandsåsen, NV Skåne.
90. Nordborg, Fredrik, 1997: Granens markpåverkan - en studie av markkemi, jordmänsbildning och lermineralogi i gran- och lövskogsbestånd i södra Småland.
91. Dobos, Felicia, 1997: Pollen-stratigraphic position of the last Baltic Ice Lake drainage.
92. Nilsson, Johan, 1997: The Brennvinnsfjorden Group of southern Botniahalvøya, Nordaustlandet, Svalbard - structure, stratigraphy and depositional environment.
93. Tagesson, Esbjörn, 1998: Hydrogeologisk studie av grundvattnets kloridhalter på östra Listerlandet, Blekinge.
94. Eriksson, Saskia, 1998: Morängenetiska undersökningar i klintar vid Greifswalder Boddens södra kust, NÖ Tyskland.
95. Lindgren, Johan, 1998: Early Campanian mosasaurs (Reptilia; Mosasauridae) from the Kristianstad Basin, southern Sweden.
96. Ahnesjö, Jonas, B., 1998: Lower Ordovician conodonts from Köpings klint, central Öland, and the feeding apparatuses of *Oistodus lanceolatus* Pander and *Acodus deltatus* Lindström.
97. Rehnström, Emma, 1998: Tectonic stratigraphy and structural geology of the Älkatj-Tielma massif, northern Swedish Caledonides.
98. Modin, Anna-Karin, 1998: Distributionen av kadmium i moränmark kring St. Olof, SÖ Skåne.
99. Stockfors, Martin, 1998: High-resolution methods for study of carbonate rock: a tool for correlating the sedimentary record.
100. Zillén, Lovisa, 1998: Late Holocene dune activity at Sandhammaren, southern Sweden - chronology and the role of climate, vegetation, and human impact.
101. Bernhard, Maria, 1998: En paleoekologisk-paleohydrologisk undersökning av våtmarkskomplexet Rolands hav, Blekinge.
102. Carlemalm, Gunnar, 1999: En glacialgeologisk studie av morän och moränfyllda sprickor i underliggande sandersediment, Örsjö, Skåne.
103. Blomstrand, Malou, 1999: 1992-1998 Seismicity and Deformation at Mt. Eyjafjallajökull volcano, South Iceland.
104. Dahlqvist, Peter, 1999: A Lower Silurian (Llandoveryan) halysitid fauna from the Berge Limestone Formation, Norderön, Jämtland, central Sweden.
105. Svensson, Magnus A., 1999: Phosphatized echinoderm remains from upper Lower Ordovician strata of northern Öland, Sweden - preservation, taxonomy and evolution.
106. Bengtsson, Anders, 1999: Trilobites and bradoriid arthropods from the Middle and Upper Cambrian at Gudhem in Västergötland, Sweden.
107. Persson, Christian, 1999: Silurian graptolites from Bohemia, Czech Republic.
108. Jacobson, Mattias, 1999: Five new cephalopod species from the Silurian of Gotland.
109. Augustsson, Carita, 1999: Lapillituff som bevis för underjurassisk vulkanism av strombolikaraktär i Skåne.
110. Jensen, Sigfinn J., 1999: En silurisk transgressiv karbonatlagarföljd vid S:t Olofsholms stenbrott, Gotland.
111. Lund, Mats G., 1999: En strukturgeologisk modell för berggrunden i Sarvesvage-Luottalako-området, Sareks Nationalpark, Lappland.
112. Magnusson, Jakob, 1999: Exploration of submarine fans along the Coffee Soil Fault in the Danish Central Graben.
113. Wickström, Jenny, 1999: Conodont biostratigraphy in Volkhovian sediments from the Mäekalda section, north-central Estonia.
114. Sjögren, Per, 1999: Utmarkens vegetationsutveckling vid Ire i Blekinge, från forntid till nutid - en pollenanalytisk studie.
115. Sälgeback, Jenny, 1999: Trace fossils from the Permian of western Dronning Maud Land, Antarctica.
116. Söderlund, Pia, 1999: Från gabbro till granatamfibolit. En studie av metamorfos i Åkermetabasiten väster om Protoginzonen, Småland.
117. Jönsson, Karl-Magnus, 2000: Sedimentologiska och litostratigrafiska undersökningar i södra Malmös kvartära avlagringar, södra Sverige.
118. Romberg, Ewa, 2000: En sediment- och biostratigrafisk undersökning av den tidigare Littorina-lagunen vid Barsebäck, SV Skåne, med beskrivning av en Preboreal klimatoscillation.