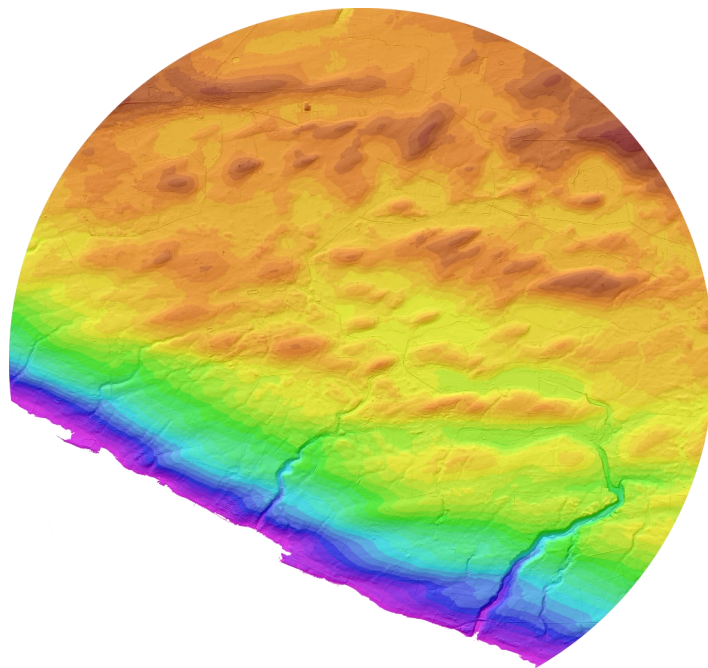


Drumlinerna i Löberöd

Spår efter flera isrörelseriktningar
i mellersta Skåne

Christina Engberg Hydén

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 517
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2017

**Drumlinerna i Löberöd
Spår efter flera isrörelseriktningar
i mellersta Skåne**

Kandidatarbete
Christina Engberg Hydén

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2017

Innehåll

1	Introduktion	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Syfte och frågeställningar	7
1.3	Begränsningar	8
2	Undersökningsområde	8
3	Teori	9
3.1	Bildning av drumliner	9
3.2	Omstöpning av landformer	9
3.3	<i>Light Detection and Ranging</i> (LiDAR) och <i>Digital Elevation Models</i> (DEM)	9
4	Metod och material	10
4.1	Metod	10
4.2	Material	10
4.3	Kriterier för en drumlin	10
5	Resultat	10
5.1	Drumlinernas riktningar	10
5.2	Anmärkningar på megadrumliner	10
5.3	Omstöpta landformer	11
5.4	Överlagring av drumlin	11
6	Diskussion	11
6.1	ONO–VSV drumliner	11
6.2	Ö–V megadrumliner	12
6.3	Glacifluvial landform	12
6.4	NO–SV drumliner	12
6.5	Händelseförlopp	14
6.6	De två deglaciationsteorierna	14
6.7	Felkällor	14
6.8	Framtida arbete	14
7	Slutsatser	14
8	Tack	15
9	Referenser	15

Omslagsbild: Höjdkarta över drumlinerna i Löberöd.

Drumlinerna i Löberöd – Spår efter flera isrörelseriktningar i mellersta Skåne

CHRISTINA ENGBERG HYDÉN

Engberg-Hydén, C., 2017: Drumlinerna i Löberöd - Spår efter flera isrörelseriktningar i mellersta Skåne. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 517, 15 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Det här arbetet ämnar undersöka strömlinjeformade landformer i Löberöd med Lantmäteriets nya höjdmodell. Målet är att fastställa isens rörelseriktningar i området under den senaste deglaciationen. Med hjälp av höjdmodellen har drumlinernas ryggar markerats för att bestämma deras orientering i landskapet. Resultatet av detta visar tydligt tre olika isrörelseriktningar i området. Rörelseriktningarnas relativa ålder framgår av landformer som antingen blivit omstöpta eller överlagrade. Den äldsta riktningen är Ö–V, följt av ONO–VSV och slutligen NO–SV.

Nyckelord: drumlin; höjdmodell; isrörelseriktning; deglaciation; Skåne.

Handledare: Helena Alexanderson, Martin Bernhardson

Ämnesinriktning: Kwartärgeologi

*Christina Engberg Hydén, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige.
E-post: geo15chy@student.lu.se*

The drumlins in Löberöd – Traces of several ice flow directions in central Skåne

CHRISTINA ENGBERG HYDÉN

Engberg-Hydén, C., 2017: Drumlinerna i Löberöd - Spår efter flera isrörelseriktningar i mellersta Skåne. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 517, 15 pp. 15 hp (15 ECTS credits).

Abstract: This work aims to investigate streamlined landforms at Löberöd by utilizing the latest elevation model produced by the Swedish national mapping agency (Lantmäteriet). The goal is to establish the ice flow direction in the area during the last deglaciation. Using the height model, the ridges of the drumlins have been marked to determine their orientation in the landscape. The data clearly suggests three ice flow directions in the area. The relative age of the flow directions is evident from landforms that have either been reshaped or superimposed. The oldest direction is E–W, followed by ENE–WSW and finally NE–SW.

Keywords: drumlin; höjdmodell; isrörelseriktning; deglaciation; Skåne.

Supervisor(s): Helena Alexanderson, Martin Bernhardson

Subject: Quaternary Geology

*Christina Engberg Hydén, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden.
E-mail: geol5chy@student.lu.se*

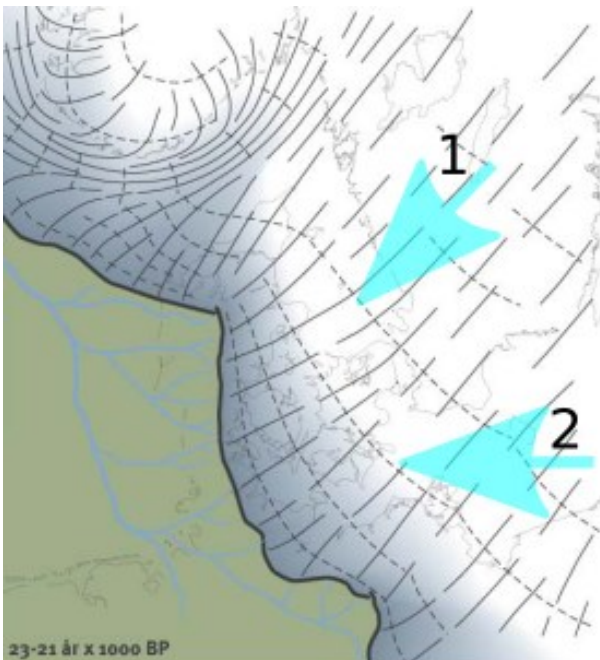
1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Den senaste nedisningen av Skandinavien påbörjades för ungefär 120 000 år sedan. I nästan 100 000 år avlöste kalla stadialer och varma interstadialer successivt varandra. För ca 22 000 år sedan hade inlandsisen sitt senaste nedisningsmaximum (förkortat LGM efter engelskans *Last Glacial Maximum*) (Stroeven et al. 2016). Då bestod den sydvästligaste delen av isskölden av två iskomponenter; huvudistäcket, som kom från NO via södra Sverige och ibland kallas Nordostisen, och den Baltiska isströmmen, som kom via Östersjö-sänkan (Figur 1).

Den mer snabbflytande Baltiska isströmmen drog med sig den tjockare och mer trögflytande Nordostisen vilket resulterade i att det huvudsakliga istäcket över de sydligaste delarna av Sverige kom att skifta rörelseriktning åt Ö (Ringberg 1988). Efter LGM började Nordostisen så sakteligen smälta tillbaka medan den Baltiska isströmmen fortsatte att göra tre framstötningar över Danmark.

Isens komplexa rörelser över Skåne har gäckat forskare ända sedan slutet av 1800-talet och flera deglaciationsmodeller har lagts fram genom åren. Rådande teorier är överens så långt som beskrivits ovan men åsikterna går isär angående till vilken grad den stora Nordostisen och den Baltiska isströmmen var sammanlänkade under deglaciationen av Skåne. Ringberg (1988; 2003) är av åsikten att de centrala delarna av Skåne var isfria redan för 18 000 år sedan (Figur 2),



Figur 1. Kartan visar hur Nordostisen (markerad 1), under LGM, rör sig från södra Sverige in över Danmark och hur den Baltiska isströmmen (markerad 2) kommer via Östersjö-sänkan. Modifierad från Houmark-Nielsen et al. (2005).

medan de mer kustnära områdena förblev nedisade under tiden den Baltiska isströmmen gjorde sina tre framstötningar i Danmark. Detta skulle innebära ett begränsat tidsfönster som isströmmen kunnat påverka Nordostisens rörelseriktning.

Houmark-Nielsen och Kjær (2003) däremot anser att Skåne började bli isfritt för 17 000 år sedan då Kullahalvön var först ut att smälta fram. De menar att de centrala delarna av Skåne blev isfria först för 15 000–16 000 år sedan (Figur 3). Detta antagande innebär en större och mer långvaig kontakt mellan de två iskomponenterna.

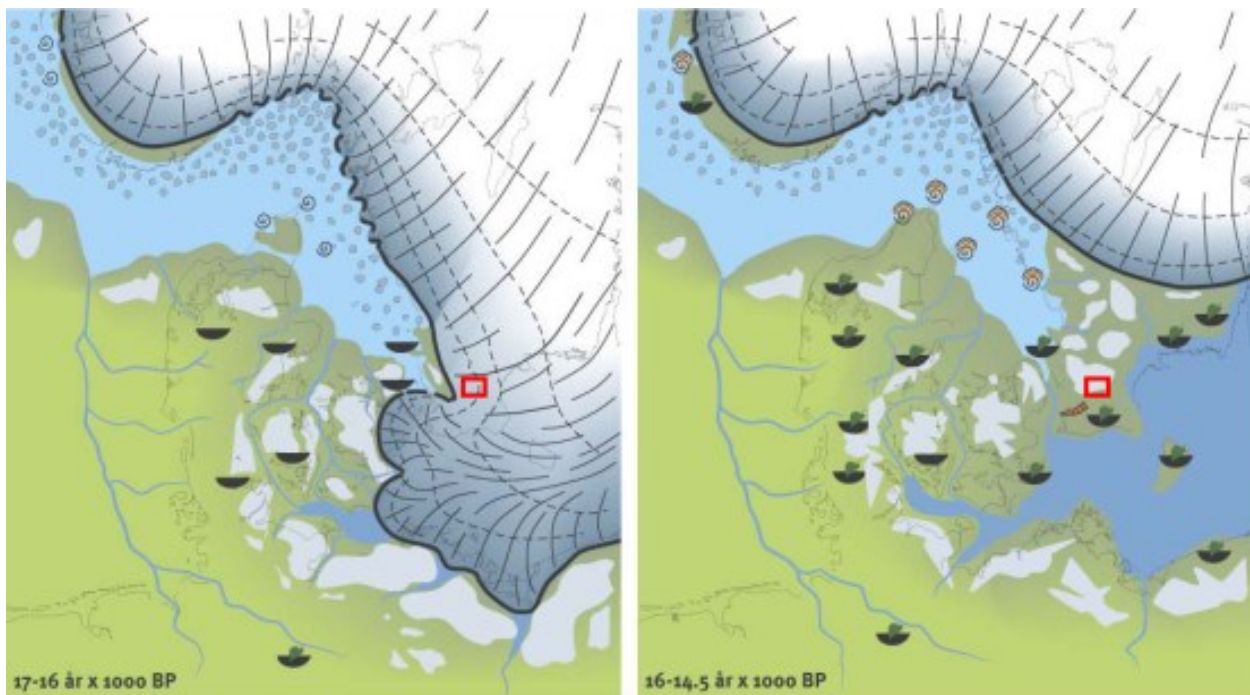
Det som skiljer de två teorierna åt gällande deglaciationshistorien i Skåne är alltså hur stark kopplingen mellan Nordostisen och den Baltiska isströmmen var. Detta innefattar även tidpunkten för avsmältningen och därmed hur länge den Baltiska isströmmen kan ha påverkat istäcket över mellersta Skåne. Utifrån en sammanställning av data kan man åtminstone fastställa att den aktiva isen troligen lämnat Skåne för senast 15 000 år sedan (Stroeven et al. 2016). Dock efterlämnade den antagligen en mängd dödis.

1.2 Syfte och frågeställningar

Syftet med det här arbetet är att med hjälp av Lantmäteriets nya höjdmodell (Dowling et al. 2013) undersöka strömlinjeformade landformer i Löberödområdet för att bestämma vilken rörelseriktning isen har haft där under den senaste deglaciationsfasen (ca 22 000–15 000 år sedan) samt att avgöra vilken av de två tidigare observerade isrörelseriktningarna (se avsnitt 2)



Figur 2. Figuren illustrerar Ringbergs deglaciationsteori enligt vilken Skånes inland var isfritt redan för 18 000 år sedan. Undersökningsområdet är markerat med en röd rektangel. Modifierad från Ringberg (2003).



Figur 3. Kartorna visar hur Skåne blev isfritt för 15 000–16 000 år sedan enligt Houmark-Nielsen och Kjær. Undersökningsområdet är markerat med en röd rektangel. Modifierad från Houmark-Nielsen et al. (2005).

som var först. Rådande deglaciationsteorier för mellersta Skåne kommer även att studeras för att se om den nya datan kan säga något om vilken av dessa som verkar mest trolig. Slutligen ämnar arbetet undersöka huruvida det framträder några isrörelseriktningar eller glaciala- eller glacifluviala landformer som inte har observerats med tidigare undersökningsmetoder.

Utifrån ovanstående syfte har följande frågeställningar ställts upp:

- Vilken av de två isrörelseriktningarna i området är äldst respektive yngst?
- Säger den nya datan något om vilken av de ovan nämnda deglaciationsteorierna som är mest trolig?
- Kan man se några isrörelseriktningar eller glaciala- eller glacifluviala landformer i den nya höjdmodellen som inte tidigare har noterats?

1.3 Begränsningar

Det här arbetet är geografiskt begränsat enligt Figur 4 till området runt omkring tätorten Löberöd. De subglaciala landformer som kommer att studeras är i huvudsak drumliner och de kommer att undersökas uteslutande med hjälp av Lantmäteriets nya höjdmodell (Dowling et al. 2013).

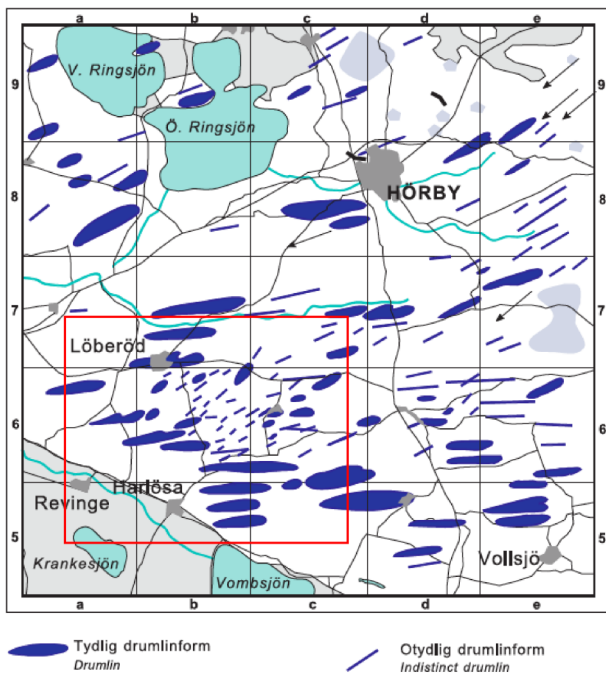
2 Undersökningsområde

Undersökningsområdet är 10x13 km² stort och ligger vid Löberöd (Figur 4) beläget norr om Vombsjön i den centrala delen av södra Skåne. Här ligger ett 60-tal strömlinjeformade landformer på en plåtå. Några raviner löper längs plåtåkanten ner mot Vombsänkan.



Figur 4. Karta över Skåne med undersökningsområdet markerat med streckad rektangel och de två tidigare kända isriktningarna i området markerade med pilar.

Drumlinerna ligger orienterade åt två olika håll som illustrerat i Daniels (1999) karta över drumliner (Figur 5), vilket tyder på att isen har rört sig framåt i två olika riktningar. De två isriktningarna är Ö–V och NO–SV (Figur 4). Mäktigheten av de kvartära avlagringarna i området talar för att landformerna inte är berggrunds-betingade (Lidmar-Bergström et al. 1991). Snarare handlar det om subglacialt skapade former bildade under en bottenmältande is (se avsnitt 3.1). En sak som vittnar om att isen har varit bottenmältande över stora delar av Skåne är landskapets många böljande och strömlinjeformade regioner.



Figur 5. Specialkarta 3 från Ae 123 Jordartskartan 2D Tomelilla NV visar tidigare kartering av drumlinier. Röd ruta markerar undersökningsområdet. Modifierad från Daniel (1999).

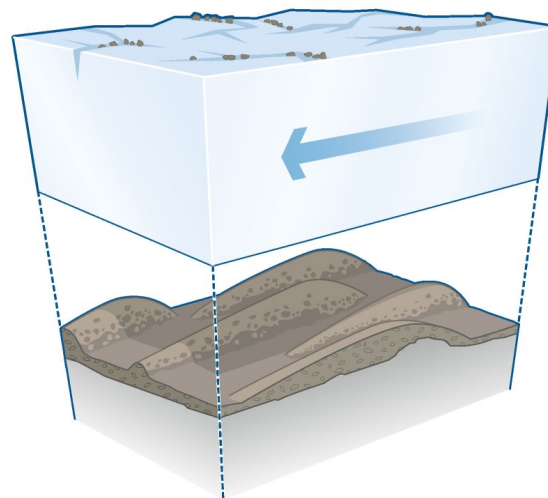
3 Teori

3.1 Bildning av drumlinier

Drumlinier är storskaliga, strömlinjeformade kullar som återfinns i flacka landskap där en inlandsis en gång har rört sig (Figur 6). Landformerna är avsatta av isen under en deglaciation (Benn & Evans 2010) och består helt eller delvis av sediment. Det råder oklarheter kring deras bildnings sätt men forskare tror att det rör sig om en eller flera av följande processer: deposition, erosion och/eller deformation av sediment (Hart 1997). Drumlinier uppträder ofta i svärmar och bildar så kallade drumlinfält.

Forskning tyder på att strömlinjeformade landformer kan bildas var som helst under istäcket (och inte bara vid ismarginalen vilket länge har antagits) där kriterierna för bildnings- och bevaringsmöjlighet möts (Clark 1994; Möller & Dowling 2016). I bildningskriterierna ingår bland annat en bottenmältande is och tillräcklig sedimenttransport.

Längden på drumlinier varierar mellan allt från hundra meter till flera kilometer. De allra största brukar kallas för megadrumlinier. Generellt sett gäller det att en högre hastighet på isen resulterar i en större och mer utdragen form (Stokes & Clark 2002). Även bildningstiden påverkar storleken. Drumlinier som bildas under längre tid tenderar att bli större. Den gemensamma faktorn för alla subglacialt bildade strömlinjeformade landformer är att de ligger parallellt med isens rörelseriktning. Man kan därmed avgöra hur isen har rört sig genom att analysera orienteringen av deras ryggar, vilket utnyttjas i denna studie.



Figur 6. Schematisk bild av bildning och orientering av drumlinier under en aktiv inlandsis. Hämtad 2017-05-15 från <http://www.kvarkenworldheritage.fi/assets/Foton-p-hemsidan/drumlinierSida1Botnia-Atlantica.jpg>

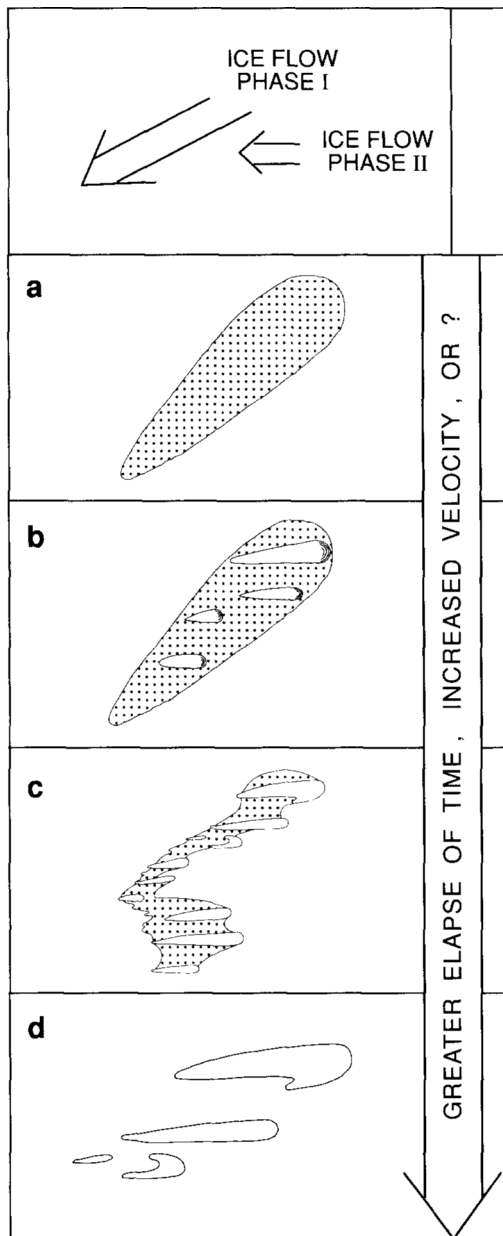
Det finns även en extremform av strömlinjeformade landformer, *mega-scale glacial lineations* (MSGSL), som är milslånga. Magnituden på dessa tros indikera att det har funnits en isström (begränsat isområde inuti en inlandsis där flödes hastigheten är högre till följd av antingen underliggande topografi eller dränering vid iskanten) eller en svämning (en kortlivad instabilitet resulterande i tillfälligt snabbare flödes hastighet) (Clark 1994).

3.2 Omstöpning av landformer

Under en is levnadstid kan dess flödesriktning förändras. Detta sker antingen genom att den inre flödesriktningen i isen ändras av någon anledning eller att isen smälter bort och sedan gör en framstöt från en annan riktning. Sådana förändringar innebär att tidigare avsatta landformer kan bli förstörda eller omstöpta i den nya isrörelseriktningen. Omstöpning kan innebära att en befintlig landform dras ut i den nya rörelseriktningen eller att den äldre landformen överlagras av nyare (och ofta mindre) former (Figur 7) (Clark 1994). Ju längre tid omformningen pågår desto mindre finns kvar av den ursprungliga strukturen.

3.3 Light Detection and Ranging (LiDAR) och Digital Elevation Models (DEM)

LiDAR är en metod för att scanna av ett område med hjälp av en laser. I Lantmäteriets fall har lasern monterats på ett flygplan. Tiden det tar för laserstrålen att nå ner till marken och studsas tillbaka till flygplanet används för att skapa en digital höjdmodell. Lasern har förmågan att penetrera tät vegetation (Kraus & Pfeifer



Figur 7. Exempel på hur en omstöpning kan utvecklas med tiden. Modifierad från Clark (1994).

1998) och visa vad som finns därunder. Arbetet att scanna av hela Sverige och skapa en höjdmmodell utfördes av Lantmäteriet mellan åren 2009 och 2017. Höjdmmodellen har en vertikal höjdprecision på 0,1 m och en horisontell upplösning på 2 m.

Äldre undersökningsmetoder har gått ut på att man har karterat strömlinjeformade landformer med hjälp av en (mindre högupplöst) höjdmmodell, flygbilder och fältarbete. Detta har inneburit vissa begränsningar då mindre landformer har varit svåra att upptäcka, inte minst i områden med mycket skog. Den nya höjdmmodellen erbjuder högre upplösning och en bild av den "sanna" marknivån under tät vegetation. Denna nya data innebär tydligare och mer exakt information att basera tolkningar på.

4 Metodik och material

4.1 Metodik

Detta arbete är en kartstudie baserad på Lantmäteriets nya höjdmmodell (Dowling et al. 2013). Under processens gång har strömlinjeformade landformer markerats ut med linjer för att jämföra deras orientering i landskapet.

4.2 Material

Höjddata hämtades från Geodata (2017-04-05) och analyserades med hjälp av programvaran ArcGIS10™. För att få landformerna att framstå tydligare har tre *hillshade*-modeller (skuggade höjdmodeller) skapats med *illumination azimuth* (belysningsazimut) 315°, 338° respektive 0°, samtliga med *illumination angle* (belysningsvinkel) 45° och z-värdet (*vertical exaggeration*, vertikal överdrift) satt till 5. Utöver *hillshade* så har även funktionen *slope* (lutning) och en höjdkarta använts för att tydligare kunna se drumlinernas ryggar och därmed kunna bestämma deras riktning.

4.3 Kriterier för en drumlin

I det här arbetet har kriteriet för att klassas som en drumlin varit en tydlig strömlinjeformad landform med en markerad rygg. Det har inte ansetts vara viktigt att markera ut drumlinens exakta längd utan fokus har lagts på att hitta krönet på den centrala delen av landformen för att markera ut i vilken riktning den ligger i landskapet.

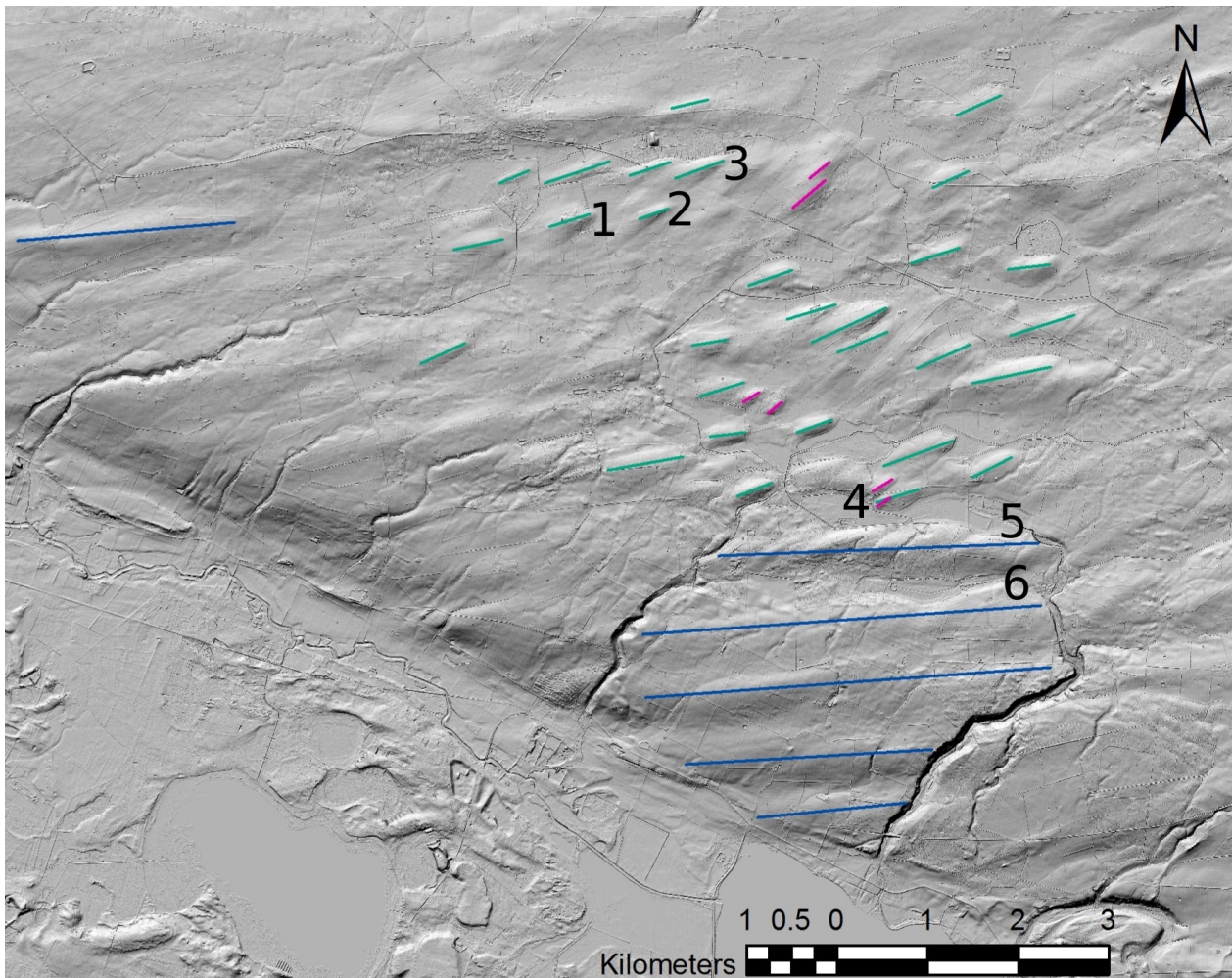
5 Resultat

5.1 Drumlinernas riktningar

Fyrtioen tydliga strömlinjeformade landformer har observerats i undersökningsområdet. Majoriteten av dem ligger i ungefärlig ONO–VSV riktning (markerade med gröna streck i Figur 8). Ett fåtal ligger i en mer NO–SV riktning (markerade med rosa i Figur 8). Utöver dessa drumliners har även sex större drumliners, som jag klassat som megadrumliners alternativt MSGL, observerats (markerade med mörkblått i Figur 8). De ligger i Ö–V riktning. Figur 9 visar hur orienteringarna för drumlinerna i området är distribuerade. Förutom de markerade drumlinerna i Figur 8 kan man även se antydning till fler strömlinjeformade landformer i undersökningsområdet. Dessa är inte tydliga nog och har därmed inte uppfyllt kriteriet för en drumlin i det här arbetet.

5.2 Anmärkningar på megadrumliners

Den nordligaste av de fem megadrumlinerna (markerad 5 i Figur 8) ser ut att ha blivit upphackad i drumlinliknade former med en ONO–VSV riktning. Drumlinen markerad 6 i Figur 8 uppvisar ett otydligt glaciälvialt flättningsmönster på sin rygg (Figur 10). Detta flättningsmönster ingår antagligen i samma glaciälviala system som de stora ravinformerna belägna på platå-



Figur 8. Hillshade-modell (illumination azimuth 338°) med 41 markerade drumliner. NO-SV drumliner är markerade med rosa, ONO-VSV drumliner med grönt och Ö-V drumliner med blått. Siffrorna 1-3 visar omstöpta drumliner med siluetten av en drumlin stickande ut från sig (Figur 11). Siffran 4 visar en överlagring av en NO-SV drumlin och en ONO-VSV drumlin (Figur 13 och 14). Siffran 5 visar en megadrumlin som blivit upphackad av en ONO isrörelseriktning. Siffran 6 visar en megadrumlin med ett otydligt glaciafluvialt flätmönster uppe på ryggen (Figur 10).

kanten (Figur 8).

Tittar man på en mer utzoomad karta kan man se antydningar på att megadrumlinerna i Löberödområdet skulle kunna vara delar av en MSGL-formation. Detta har dock inte undersökts närmare då det ligger utanför arbetets gränser och formationen sträcker sig utanför undersökningsområdet.

5.3 Omstöpta landformer

Några av drumlinerna med en tydlig rygg i ONO-VSV riktning (markerad 1-3 i Figur 8) har vad som bäst kan beskrivas som skuggan av en drumlin utstickande från sig i en NO-SV riktning (Figur 11). Detta är troligen resultatet av en omstöpfung. En icke omstöpt drumlin (Figur 12) har en distinkt elliptisk form med skarpa yttre gränser och inte en diffus siluett vid sin sida. Viktigt att notera är hur väl de NO-SV liggande "siluett-drumlinernas" riktning korrelerar med riktningen på de två NO-SV liggande drumlinerna belägna längre österut (Figur 11).

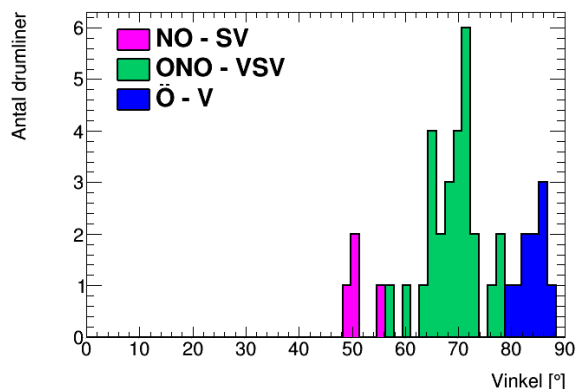
5.4 Överlagring av drumlin

I undersökningsområdets centrala östra del (Figur 8) finns det två drumliner med olika orientering som överlagrar varandra (Figur 13 och 14). Drumlinerna ligger i ONO-VSV respektive NO-SV riktning.

6 Diskussion

6.1 ONO-VSV drumliner

Som datan visar (Figur 8 och 9) ligger majoriteten av drumlinerna runt Löberöd i en ONO-VSV riktning. Detta skiljer sig från Daniels karta (Figur 5) som är baserad på Lidmar-Bergström m.fl. (1991) kartering av landformer i Skåne. Där har drumlinerna i huvudsak en Ö-V riktning och en NO-SV riktning. Den mer uttalade ONO-VSV-riktningen i min data skulle kunna tillskrivas utvecklingen av teknik då den digitala höjdmodell som jag har baserat min data på är betydligt mer högupplöst och därmed tydligare än den som fanns till hands 1991. Jämför man dock min karta



Figur 9. Histogram som visar drumlinernas olika orienteringar i undersökningsområdet.

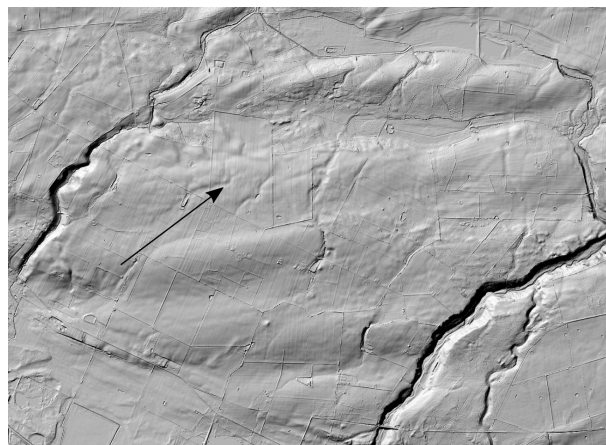
med Daniels så ser man att det är samma strukturer det är tal om. Det bör alltså poängteras att jag delar in de drumlinor som Lidmar-Bergström m.fl. har bedömt som NO-SV liggande i två distinkta grupper; dels en liten grupp som mycket riktigt ligger i NO-SV riktning men även en stor grupp som ligger i ONO-VSV riktning.

Histogrammet i Figur 9 visar en distribution av orienteringar på drumlinor som avsatts allt eftersom isens rörelseriktning har skiftat. Det stora antalet drumlinor i ONO-VSV riktning kan tolkas som att isen under längst tid har haft en ONO rörelseriktning. Variationen av orienteringar inom ONO-VSV-spannet representerar isens successiva rörelseskiftning från Ö till NO. Det finns inget i området som tyder på att isen skulle ha smält undan mellan avsättningarna av de tre huvudsakliga drumlinorienteringarna. Exempelvis en ändmorän skulle kunna tyda på något sådant.

6.2 Ö-V megadrumlinor

De stora megadrumlinorna med sin Ö-V orientering överensstämmer väl mellan min data (Figur 8) och SGUs drumlinkarta (Figur 5). Jag har markerat färre av dem på min karta till följd av mitt kriterium att landformen måste vara tydlig. Det faktum att den nordligaste av de fem parallella megadrumlinorna (markerad 5 i Figur 8) är upphackad i ONO-VSV riktning innebär att den ONO-VSV riktningen kom efter den Ö-V. Först har megadrumlinorna avsatts av en isrörelse från öster och sedan har en isrörelseriktning från ONO dragit över området och omformat delar av dem i den nya riktningen.

Megadrumlinorna ser ut att vara mindre påverkade av yngre isrörelseriktningar i de allra sydligaste delarna av området. Detta beror antagligen på att de låg i lä på sidan av plåtån, i slutningen ner mot Vombsänkan, och därmed inte berördes i samma grad av senare ONO och NO isrörelseriktningar. Man kan tänka sig att det legat långsträckta Ö-V drumlinor över hela området från början men att många sedan har blivit förstörda och omarbetade av senare isrörelser. Megadrumlinorna tolkas därmed som en del av ett under-



Figur 10. Otydligt, glacifluvialt flättmönster ovanpå en megadrumlin. Illumination azimuth är satt till 315°.

liggande mönster av en äldre generation av drumlinor som avsatts antingen under en längre tid eller i samband med en mer snabbflytande isström på land. Om de ingår i ännu storskaligare MSGL-strukturer så skulle detta tala för att det funnits en isström där eller möjligtvis en svämning.

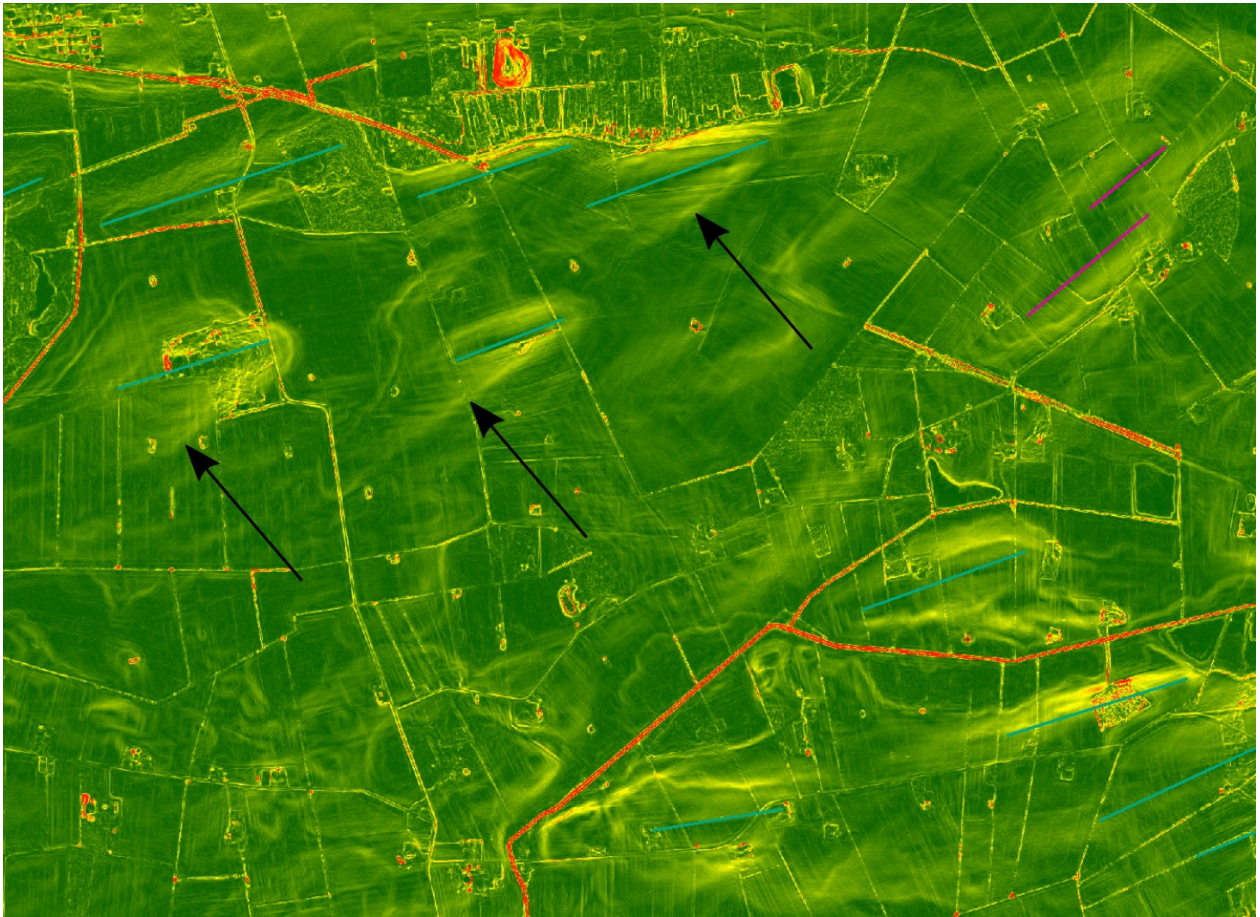
6.3 Glacifluvial landform

Den eventuella glacifluviala landformen på megadrumlinen markerad 6 i Figur 8 är ganska otydlig och det går inte att se åt vilket håll flödesriktningen har gått. Dock kan man anta att den hör ihop med de stora ravinformerna och att de allihopa är skapade av smältvatten. Orsaken till att landformen är så otydlig kan vara ett resultat av att flodfåran, som inte verkar ha varit så djup från början, har utsatts för modern plöjning vilket lett till att dess drag suddats ut. Anledningen till att landformen antas vara glacifluvial är det faktum att den är belägen uppe på en höjd (ryggen av en megadrumlin) och inte nere i en sänka där man förväntas hitta vattendrag idag. Till exempel skulle det kunna ha legat kvar dödis efter isavsmältningen i sänkan norr eller söder om megadrumlinen vars smältvatten kan ha skapat flodfåran. Men vad som är intressant är att denna struktur antagligen är ett exempel på något man inte har kunnat se förut.

6.4 NO-SV drumlinor

Utöver de många ONO-VSV orienterade drumlinorna och de Ö-V liggande megadrumlinorna så har en handfull relativt små drumlinor med riktningen NO-SV (markerade med rosa streck i Figur 8) identifierats. Deras riktning är på gränsen till ONO-VSV så hade det inte varit för att de även återfinns som "skuggdrumlinor" vid några av de ONO-VSV drumlinorna (markerade 1-3 i Figur 8) så hade deras existens inte ansetts vara lika märkvärdig. Det är just de här "skuggdrumlinorna" som gör dem så intressanta. De tyder nämligen på en omstömpning och därmed ännu en isrörelseriktning i området.

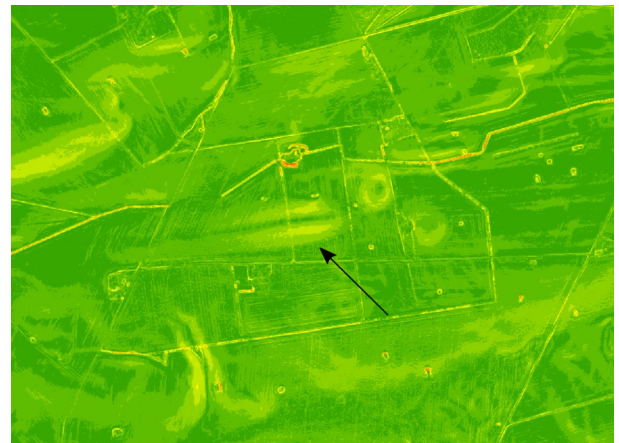
Åldersordningen för de småskaliga NO-SV drumlinorna och de stora Ö-V megadrumlinorna borde vara



Figur 11. Slope-karta där rött representerar brant, gult är sluttande och grönt är flackt. Pilarna visar "siluettdrumlinor" med NO-SV orientering som sticker ut från tre ONO-VSV drumlinor. Notera hur väl "siluettdrumlinornas" riktning överensstämmer med de NO-SV drumlinorna (markerade med rosa streck) belägna längre österut.

att megadrumlinerna är äldre då de småskaliga drumlinerna inte skulle överleva ett så långt eller stort händelseförlopp som måste ha krävts för att avsätta megadrumlinerna. Den inbördes ordningen för avsättning av de småskaliga NO-SV drumlinerna och de många fler ONO-VSV drumlinerna är svårare. Till hjälp har man de omstöpta drumlinerna med en tydlig rygg i ONO-VSV riktning och siluetten av en drumlin i NO-SV riktning (Figur 11). Alternativen är två. Det första alternativet är att den ONO isrörelseriktningen var först och landformer avsatta av denna "smetades ut" av den NO-riktningen. Det andra alternativet är att det var tvärtom, dvs. att befintliga NO-SV drumlinor blev omformade av isen från ONO till drumlinor med tydliga och raka ryggar i denna riktning och skuggan av äldre drumlinor under sig.

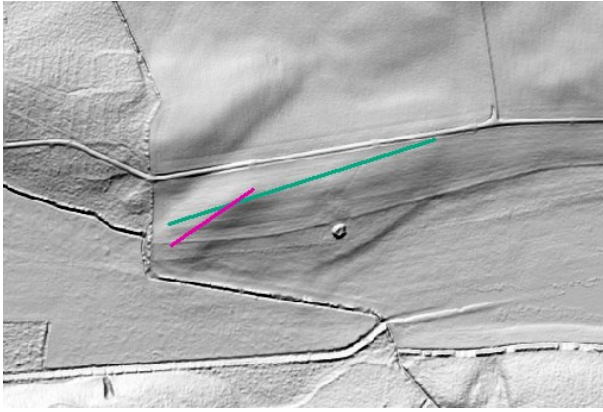
Utöver de omstöpta drumlinerna så finns det även exempel på drumlinor som korsar varandra (markerade 4 i Figur 8). Figur 13 visar en mindre NO-SV drumlin som skär eller skärs av en ONO-VSV drumlin. De är så pass sammanväxta att det är svårt att urskilja vilken som överlagras vilken. På en höjdkarta (Figur 14) ser man dock att den mindre, NO-SV drumlinens stötsida är högst. Detta tolkas som att den ligger ovanpå den ONO-VSV drumlinens svans, vilket i sin tur innebär att den NO-SV drumlinen överlagras den andra. Där-



Figur 12. En "vanlig" (icke omstöpt) drumlin.

med är den NO isrörelseriktningen den yngsta isrörelseriktningen i området.

De NO-SV liggande landformerna är de minst vanligt förekommande och innefattar fyra av de minsta drumlinerna i området. Detta tyder på en kortare avsättningsperiod än för de andra två riktningarna. Med tanke på hur ofullständiga de NO-SV "siluettdrumlinerna" är och hur skarpa de omstöpta ONO-VSV drumlinernas ryggar fortfarande är står det klart att isrörelseriktningen från NO bara hunnit påbörja



Figur 13. Bilden visar en hillshade-modell (illumination azimuth 338°) som illustrerar överlagringen av en drumlin. Dock är det svårt att se vilken drumlin som överlagrar vilken.

omstöpningen. Detta talar återigen för ett kortare tidsintervall.

6.5 Händelseförlopp

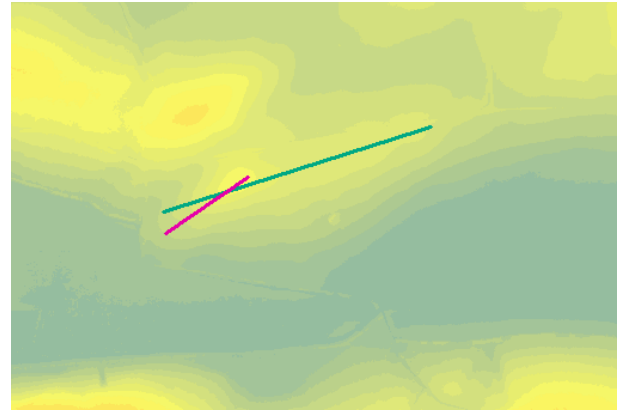
Figur 9 visar hur orienteringarna på drumlinerna i Löberödområdet är fördelade. De tre huvudsakliga isrörelseriktningarna, påvisade genom omformning och överlagring, är Ö, ONO och slutligen NO. Det faktum att det finns drumliner med vinklar även mellan dessa riktningar tyder på att förändringen har skett gradvis. Detta kan tänkas återspegla Nordostisens avtagande koppling till den Baltiska isströmmen.

6.6 De två deglaciationsteorierna

Vad beträffar Ringbergs samt Houmark-Nielsen och Kjærs två deglaciationsteorier (Ringberg 1988; 2003) (Houmark-Nielsen & Kjær 2003) så kan min data inte utesluta någon av dem. Det som talar för Houmark-Nielsen och Kjærs modell är deras modernare och mer troliga dateringar gällande inlandsisens rörelser i Danmark. Men med det sagt så kan man argumentera för att deras fokus har legat just på Danmark snarare än på Skåne. Det är möjligt att deras deglaciationsmodellens utsträckning över Skåne är en bekväm förenkling av verkligheten till följd av att de inte varit lika intresserade av detta område.

Ringbergs teori är troligen mindre tillförlitlig dateringsmässigt då den är 15 år äldre än Houmark-Nielsen och Kjærs. Mycket ny data har producerats och bättre dateringstekniker har hunnit utvecklas under den tiden. Den tidiga avsmältningen av mellersta Skåne innebär även en begränsning av den Baltiska isströmmens indirekta påverkan på området. Vad som dock talar för Ringbergs modell är hans större lokalkännedom om Skåne då han inom SGU har karterat stora delar av länet.

Jag tror inte att någon av de ovan nämnda teorierna har helt rätt vad gäller Skånes deglaciationshistoria. Houmark-Nielsen och Kjærs dateringar stämmer säkert medan Ringberg ostridbart besitter stora kunskaper om Skånes kvartära avlagringar. Dock tror jag att det krävs ytterligare studier för att komma fram till



Figur 14. Höjdkarta över samma landformer som i figur 13, där stigande grad av gulhet visar på ökad höjd. Här ser man klart och tydligt att NO-SV drumlinen (rosa streck) är belägen högre än den ONO-VSV drumlinen (grönt streck). Därmed överlagrar den förra den senare.

sanningen. Och vem vet, kanske besitter den LiDAR-framtagna höjddmodellen svaret på gåtan.

6.7 Felkällor

Som möjlig felkälla kan precisionsfel vid utmärkning av drumlinryggar nämnas, då detta har skett för hand.

6.8 Framtida arbete

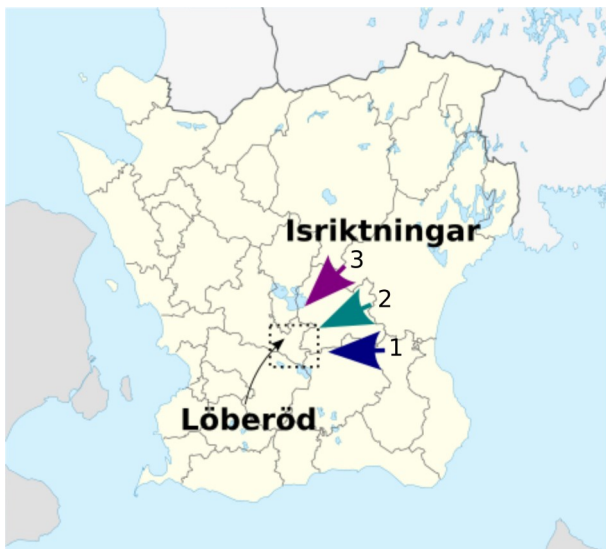
För att bekräfta att ”skuggdrumlinerna” (Figur 11) är resultatet av en omstöpning från en NO isrörelseriktning, och att denna riktning därmed är den yngsta i området, skulle en provgrävning av landformen behövas. Detta skulle förhoppningsvis avgöra huruvida det rör sig om begynnelsen av en ny drumlin eller resten av en gammal borteroderad drumlin.

Ytterligare analyser eller annan karteringsmetodik i ArcGIS10™ skulle kanske kunna producera ännu klarare och entydigare resultat samt hitta tecken på fler omstöpningar i området. Om inte annat så skulle en studie av ett större område kunna sätta in megadrumlinerna i ett sammanhang som är mer storskaligt.

7 Slutsatser

En studie har utförts på strömlinjeformade landformer i och omkring Löberöd i den centrala delen av södra Skåne. Undersökningsområdet är 10x13 km² stort. Resultatet visar fjortio drumliner som ligger orienterade i tre huvudsakliga riktningar. Sex stycken har en NO-SV riktning. De är de minsta drumlinerna i området. Majoriteten av drumlinerna (tjugonio stycken) har en ONO-VSV riktning. De sex största har en Ö-V riktning och är klassade som megadrumliner till följd av sin storlek.

Drumlinerna visar, genom omstöpning och överlagring, på tre isrörelseriktningar i området. Den relativa åldern för de tre isriktningarna från äldst till yngst är Ö, ONO och NO. Den Baltiska isströmmen har alltså påverkat och dragit med Nordostisen i den sydligaste delen av Sverige och gett den en Ö-V riktning.



Figur 15. Karta över Skåne med de tre påvisade isrörelseriktningarna och deras relativa ålder där 1 är äldst och 3 är yngst.

Allt eftersom att Nordostisen börjat smälta tillbaka har den Baltiska isströmmens influens avtagit och Nordostisens rörelseriktning har gradvis skiftat tillbaka mot dess ursprungliga NO riktning. Ingen av de två rådande deglaciationsteorierna för området har kunnat uteslutas. Slutligen har en glaci-fluvial landform som antagligen inte noterats förut har observerats i området.

8 Tack

Jag vill tacka mina handledare Helena Alexanderson, för vägledning och motivation, och Martin Bernhardsson, för GIS-undervisning. Jag vill även tacka Lena Adriellsson för värdefulla diskussioner och Anders Floderus för tålamod och support.

9 Referenser

- Benn, D. I. & Evans, D. J. A., 2010: *Glaciers & glaciation*. Hodder education, London. 802 sid.
- Clark, C. D., 1994: Large-scale ice-molding: a discussion of genesis and glaciological significance: *Sedimentary Geology* 91, 253-268. doi: 10.1016/0037-0738(94)90133-3
- Daniel, E., 1999: Serie Ae 123 Jordartskartan 2D Tomelilla NV. Hämtad 2017-05-12, från <http://www.sguelagret.se/GeoLagret/>.
- Dowling, T. P. F., Alexanderson, H. & Moller, P., 2013: The new high-resolution LiDAR digital height model ('Ny Nationell Höjdmodell') and its application to Swedish Quaternary geomorphology: *GFF* 135, 145-151. doi: 10.1080/11035897.2012.759269

- Hart, J. K., 1997: The relationship between drumlins and other forms of subglacial glaciotectonic deformation: *Quaternary Science Reviews* 16, 93-107. doi: 10.1016/s0277-3791(96)00023-6
- Houmark-Nielsen, M. & Kjær, K. H., 2003: Southwest Scandinavia, 40-15 kyr BP: palaeogeography and environmental change: *Journal of Quaternary Science* 18, 769-786. doi: 10.1002/jqs.802
- Kraus, K. & Pfeifer, N., 1998: Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data: *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 53, 193-203. doi: 10.1016/s0924-2716(98)00009-4
- Kvarken, 2017: *Drumliner*. Hämtad: 2017-05-21, från <http://www.kvarkenworldheritage.fi/assets/Foton-p-hemsidan/drumlinerSida1Botnia-Atlantica.jpg>
- Lidmar-Bergström, K., Elvhage, C. & Ringberg, B., 1991: *Landforms in Skåne, southern Sweden*. Department of Physical Geography, Lund University, Lund.
- Möller, P. & Dowling, T. P. F., 2016: Streamlined subglacial bedforms on the Narke plain, south-central Sweden - Areal distribution, morphometrics, internal architecture and formation: *Quaternary Science Reviews* 146, 182-215. doi: 10.1016/j.quascirev.2016.04.007
- Ringberg, B., 1988: Late Weichselian geology of southernmost Sweden: *Boreas* 17, 243-263.
- Ringberg, B., 2003: Readvance and retreat of the Late Weichselian Low Baltic ice stream in southernmost Sweden - a review: *GFF* 125, 169-176.
- Stokes, C. R. & Clark, C. D., 2002: Are long subglacial bedforms indicative of fast ice flow?: *Boreas* 31, 239-249. doi: 10.1080/030094802760260355
- Stroeven, A. P., Hättestrand, C., Kleman, J., Heyman, J., Fabel, D., Fredin, O., Goodfellow, B. W., Harbor, J. M., Jansen, J. D., Olsen, L., Caffee, M. W., Fink, D., Lundqvist, J., Rosqvist, G. C., Strömberg, B. & Jansson, K. N., 2016: Deglaciation of Fennoscandia: *Quaternary Science Reviews* 147, 91-121. doi: 10.1016/j.quascirev.2015.09.016

Tidigare skrifter i serien

”Examensarbeten i Geologi vid Lunds universitet”:

465. Hajny, Casandra, 2016: Sedimentological study of the Jurassic and Cretaceous sequence in the Revinge-1 core, Scania. (45 hp)
466. Linders, Wictor, 2016: U-Pb geochronology and geochemistry of host rocks to the Bastnäs-type REE mineralization in the Riddarhyttan area, west central Bergslagen, Sweden. (45 hp)
467. Olsson, Andreas, 2016: Metamorphic record of monazite in aluminous migmatitic gneisses at Stensjöstrand, Sveconorwegian orogen. (45 hp)
468. Liesirova, Tina, 2016: Oxygen and its impact on nitrification rates in aquatic sediments. (15 hp)
469. Perneby Molin, Susanna, 2016: Embryologi och tidig ontogeni hos mesozoiska fisködlor (Ichthyopterygia). (15 hp)
470. Benavides Höglund, Nikolas, 2016: Digitization and interpretation of vintage 2D seismic reflection data from Hanö Bay, Sweden. (15 hp)
471. Malmgren, Johan, 2016: De mellankambrika oelandicuslagren på Öland - stratigrafi och facietyper. (15 hp)
472. Fouskopoulos Larsson, Anna, 2016: XRF-studie av sedimentära borrhärnor - en metodikstudie av programvarorna Q-spec och Tray-sum. (15 hp)
473. Jansson, Robin, 2016: Är ERT och Tidsdomän IP potentiella karteringsverktyg inom miljögeologi? (15 hp)
474. Heger, Katja, 2016: Makrofossilanalys av sediment från det tidig-holocena undervattenslandskapet vid Haväng, östra Skåne. (15 hp)
475. Swierz, Pia, 2016: Utvärdering av vattenkemisk data från Borgholm kommun och dess relation till geologiska förhållanden och markanvändning. (15 hp)
476. Mårdh, Joakim, 2016: WalkTEM-undersökning vid Revingehed provpumpningsanläggning. (15 hp)
477. Rydberg, Elaine, 2016: Gummigranulat - En litteraturstudie över miljö- och hälsopåverkan vid användandet av gummigranulat. (15 hp)
478. Björnfors, Mark, 2016: Kusterosion och äldre kustdyners morfologi i Skålderviken. (15 hp)
479. Ringholm, Martin, 2016: Klimatutlöst matbrist i tidiga medeltida Europa, en jämförande studie mellan historiska dokument och paleoklimatarkiv. (15 hp)
480. Teilmann, Kim, 2016: Paleomagnetic dating of a mysterious lake record from the Kerguelen archipelago by matching to paleomagnetic field models. (15 hp)
481. Schönström, Jonas, 2016: Resistivitets- och markradarmätning i Ängelholmsområdet - undersökning av korrosiva markstrukturer kring vattenledningar. (15 hp)
482. Martell, Josefin, 2016: A study of shock-metamorphic features in zircon from the Siljan impact structure, Sweden. (15 hp)
483. Rosvall, Markus, 2016: Spår av himlakropps-kollisioner - bergarter i nedlagsskratrar med fokus på Mien, Småland. (15 hp)
484. Olausson, My, 2016: Resistivitets- och IP-mätningar på den nedlagda deponin Gustavsfält i Halmstad. (30 hp)
485. Plan, Anders, 2016: Markradar- och resistivitetsmätningar - undersökningar utav korrosionsförhöjande markegenskaper kring fjärrvärmeledningar i Ängelholm. (15 hp)
486. Jennerheim, Jessica, 2016: Evaluation of methods to characterise the geochemistry of limestone and its fracturing in connection to heating. (45 hp)
487. Olsson, Pontus, 2016: Ekologiskt vatten från Lilla Klåveröd: en riskinventering för skydd av grundvatten. (15 hp)
488. Henriksson, Oskar, 2016: The Dynamics of Beryllium 10 transport and deposition in lake sediments. (15 hp)
489. Brådenmark, Niklas, 2016: Lower to Middle Ordovician carbonate sedimentology and stratigraphy of the Pakri peninsula, north-western Estonia. (45 hp)
490. Karlsson, Michelle, 2016: Utvärdering av metoderna DCIP och CSIA för identifiering av nedbrytningszoner för klorerade lösningsmedel: En studie av Färgaren 3 i Kristianstad. (45 hp)
491. Elali, Mohammed, 2016: Flygsanddyners inre uppbyggnad - georadarundersökning. (15 hp)
492. Preis-Bergdahl, Daniel, 2016: Evaluation of DC Resistivity and Time-Domain IP Tomography for Bedrock Characterisation at Önnelöv, Southern Sweden. (45 hp)
493. Kristensson, Johan, 2016: Formation evaluation of the Jurassic Stø and Nordmela

- formations in exploration well 7220/8-1, Barents Sea, Norway. (45 hp)
494. Larsson, Måns, 2016: TEM investigation on Challapampa aquifer, Oruro Bolivia. (45 hp)
495. Nylén, Fredrik, 2017: Utvärdering av borrhålskartering avseende kalksten för industriella ändamål, File Hajdarbrottet, Slite, Gotland. (45 hp)
496. Mårdh, Joakim, 2017: A geophysical survey (TEM; ERT) of the Punata alluvial fan, Bolivia. (45 hp)
497. Skoglund, Wiktor, 2017: Provenansstudie av detritala zirkoner från ett guldförande alluvium vid Ravlunda skjutfält, Skåne. (15 hp)
498. Bergcrantz, Jacob, 2017: Ett fönster till Kattegatts förflutna genom analys av bottenlevande foraminiferer. (15 hp)
499. O'Hare, Paschal, 2017: Multiradionuclide evidence for an extreme solar proton event around 2610 BP. (45 hp)
500. Goodship, Alastair, 2017: Dynamics of a retreating ice sheet: A LiDAR study in Värmland, SW Sweden. (45 hp)
501. Lindvall, Alma, 2017: Hur snabbt påverkas och nollställs luminiscenssignaler under naturliga ljusförhållanden? (15 hp)
502. Sköld, Carl, 2017: Analys av stabila isotoper med beräkning av blandningsförhållande i ett grundvattenmagasin i Älvkarleby-Skutskär. (15 hp)
503. Sällström, Oskar, 2017: Tolkning av geofysiska mätningar i hammarborrhål på södra Gotland. (15 hp)
504. Ahrenstedt, Viktor, 2017: Depositional history of the Neoproterozoic Visingsö Group, south-central Sweden. (15 hp)
505. Schou, Dagmar Juul, 2017: Geometry and faulting history of the Long Spur fault zone, Castle Hill Basin, New Zealand. (15 hp)
506. Andersson, Setina, 2017: Skalbärande marina organismer och petrografi av tidigcampanska sediment i Kristianstadsbassängen – implikationer på paleomiljö. (15 hp)
507. Kempengren, Henrik, 2017: Föreningsspridning från kustnära deponi: Applicering av Landsim 2.5 för modellering av lakvattentransport till Östersjön. (15 hp)
508. Ekborg, Charlotte, 2017: En studie på samband mellan jordmekaniska egenskaper och hydrodynamiska processer när erosion påverkar släntstabiliteten vid ökad nederbörd. (15 hp)
509. Silvén, Björn, 2017: LiDARstudie av glaciala landformer sydväst om Söderåsen, Skåne, Sverige. (15 hp)
510. Rönning, Lydia, 2017: Ceratopsida dinosauriers migrationsmönster under kritiden baserat på paleobiogeografi och fylogeni. (15 hp)
511. Engleson, Kristina, 2017: Miljökonsekvensbeskrivning Rivinge brunnsfält. (15 hp)
512. Ingered, Mimmi, 2017: U-Pb datering av zirkon från migmatitisk gnejs i Delsjöområdet, Idefjordenterrängen. (15 hp)
513. Kervall, Hanna, 2017: EGS - framtidens geotermiska system. (15 hp)
514. Walheim, Karin, 2017: Kvartsmineralogins betydelse för en lyckad luminiscensdatering. (15 hp)
515. Aldenius, Erik, 2017: Lunds Geotermisystem, en utvärdering av 30 års drift. (15 hp)
516. Aulin, Linda, 2017: Constraining the duration of eruptions of the Rangitoto volcano, New Zealand, using paleomagnetism. (15 hp)
517. Hydén, Christina Engberg, 2017: Drumlinerna i Löberöd - Spår efter flera isrörelseriktningar i mellersta Skåne. (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen
Lunds universitet
Sölvegatan 12, 223 62 Lund