

Geologins betydelse för geotekniker i Skåne

Elin Ekström

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 387
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2014

Geologins betydelse för geotekniker i Skåne

Kandidatarbete
Elin Ekström

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2014

Innehåll

1 Introduktion	7
1.1 Syfte	7
1.2 Avgränsningar	7
1.2 Metod	7
2 Geologi	7
2.1 Sveriges geologi	7
2.2 Skånes geologi	7
2.2.1 Skånes berggrund	7
2.2.2 Skånes jordarter, 2.2.2.1 Konsolidering	8
2.3 Specifik områdesgeologi	9
2.4 Jordarternas klassificering	9
3 Geotekniska problemställningar	9
3.1 Generella problemställningar	9
3.1.1 Equilibrium, 3.1.2 Structural och Geotechnical, 3.1.3 Uplift, 3.1.4 Hydraulic	10
4 Undersökningsmetoder	11
4.1 Allmänt	11
4.2 Sonderingar	11
4.2.1 CPT och CPTU, 4.2.2 Hejarsondering, 4.2.3 Slagsondering	12
4.3 Grundvattenrör	13
4.4 Skruvprovtagning	13
4.5 Vingförsök	13
4.6 Laboratorieundersökningar	14
5 Studerade projekt	14
5.1 Ängelholm—Kv Willan	14
5.1.1 Geologi	14
5.1.2 Geotekniska problemställningar	14
5.1.3 Geotekniska undersökningar	14
5.2 Dalby—Kv Pinnvången	15
5.2.1 Geologi	16
5.2.2 Geotekniska problemställningar	16
5.2.3 Geotekniska undersökningar	16
5.3 Sjöbo—Väg 11	16
5.3.1 Geologi	16
5.3.2 Geotekniska problemställningar	17
5.3.3 Geotekniska undersökningar	17
6 Resultat	17
6.1 Områdena	17
6.1.1 Resultat Ängelholm,	17
6.1.2 Resultat Dalby	18
6.1.3. Resultat Sjöbo	18
7 Tolkning och diskussion	18
7.1 Geologi	18
7.2 Geotekniska problemställningar	19
7.3 Metodval	19
8 Slutsatser	20
9 Tack	21
10 Referenser	21
Bilaga 1	22
Bilaga 2	23

Omslagsbild: Skruvprovtagning med borrhandsvagn, Lund (Foto: Jan Ekström)

Geologins betydelse för geotekniker i Skåne

ELIN EKSTRÖM

Ekström, E., 2014: Geologins betydelse för geotekniker i Skåne. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 387, 23 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Tre av WSP Sverige AB genomförda geotekniska undersökningar har studerats. Samtliga är lokaliserade i Skåne. Projekten har valts i syfte att skapa en övergripande förståelse för hur geologin i Skåne påverkar geoteknikers metodval och arbetssätt i förhållande till aktuell konstruktion. Geologin i Skåne skiljer sig från övriga Sveriges. Bergrunden är i nordvästra Skåne kristallin och i sydvästra Skåne dominerar sedimentära bergarter. Dessa typer av berggrund separeras av en tektonisk zon, Tornquistzonen, som diagonalt delar Skåne i nordväst sydostlig riktning. Jordarterna som dominerar i Skåne är olika typer av moräner. I sydvästra Skåne finns lermorän med mycket hög lerhalt. Denna jordart återfinns endast på få andra platser i Sverige men är vanlig i Danmark. Detta avspeglas i geotekniska undersökningsmetoder som ibland är danska. Det finns inom geotekniken tre områden som nära samspelar; rådande geologi, undersökningsmetod och aktuella problemställningar. Det första som görs i ett projekt är att skapa en geologisk modell över undersökningsområdet. Utifrån den förväntade geologin konstateras vilka problemställningar som är aktuella och vilka undersökningsmetoder som är lämpliga att använda. Skulle den geologiska modellen inte stämma överens med den faktiska geologin på platsen måste problemställningarna ses över och så även valet av undersökningsmetoder. Det kan leda till ökade kostnader och en större arbetsinsats än nödvändigt. Det står därmed klart att geologisk kunskap är viktigt för geotekniker att besitta. En ökad geologisk kunskap underlättar arbetet och minskar i förlängningen kostnaderna.

Nyckelord: Geologi, geoteknik, Skåne, geotekniska undersökningsmetoder, geotekniska problemställningar

Handledare: Dennis Overgaard och Dan Hammarlund

Ämnesinriktning: Kvärtärgeologi

Elin Ekström, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: elin.ekstrom.582@student.lu.se

The importance of geological knowledge for geotechnical engineers in Scania, Sweden

ELIN EKSTRÖM

Ekström, E., 2014: The importance of geological knowledge for geotechnical engineers in Scania, Sweden. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 387, 23 pp. 15 hp (15 ECTS credits).

Abstract: Three geotechnical investigations made by WSP Sverige AB have been studied. All are located in Scania, Sweden. The projects have been studied in order to create an overall understanding of how the geology of Scania affects the geotechnical engineer choice of methods and approach in relation to the current construction. The geology of Scania is distinct from the rest of Sweden. The bedrock in the northeast of Scania is crystalline and the southwest is dominated by sedimentary rocks. These two types of bedrock are separated by a tectonic zone, the Tornquist Zone. This zone diagonally divides Scania in a northwest southeast direction. The soils that predominate in Scania are different types of till. In southwest Scania till with very high clay content, clay till, can be found. This soil type is found in few other places in Sweden but is common in Denmark. This is reflected in geotechnical investigation methods that are sometimes Danish. There is within geotechnical engineering three areas that closely interact; prevailing geology, investigation methods and current geotechnical problems. The first thing that is done in a project is to create a geological model of the area to be investigated. Based on the expected geology current problems are established as well as suitable methods. Should the geological model not correspond to the actual geology at the site the current problems and choice of methods must be overlooked. This can lead to increased costs and more work than necessary. It is thus clear that it is important for the geotechnical engineer to possess geological knowledge. Increased geological knowledge makes the work easier and reduces costs in the long run.

Keywords: geology, geotechnical engineers, Scania, Sweden, geotechnical methods

Supervisors: Dennis Overgaard and Dan Hammarlund

Subject: Quaternary Geology

Elin Ekström, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: elin.ekstrom.582@student.lu.se

1 Inledning

I alla tider har det skett snabba förändringar i de lösa avlagringarna i naturen, exempelvis i form av skred och ras. Det har varit en naturlig del av landskapsutvecklingen som inte stort nämnvärt. I takt med att människan byggde ut städer och kommunikation krävdes förståelse för processerna så att dessa fenomen kunde förutses och i största möjliga mån undvikas. Under 1800-talets mitt skedde upprepade skred längs kanaler och hamnar i Sverige (SGF 2000). I början av 1900-talet drabbades även den svenska järnvägen av betydande mängder skred vilket ledde till att Statens Järnvägar tillsatte en grupp som kom att kallas Statens Järnvägars geotekniska kommission. Denna grupp var den första som undersökte och utredde skred systematiskt i Sverige (Ekström & Melhus 1970).

Eftersom Skånes geologi skiljer sig från övriga Sveriges uppstod där inte samma problem. I Skåne uppstod istället problem som liknade de som uppkom i Danmark. Detta gjorde att de skånska geoteknikerna tog mycket inspiration från det danska sättet att arbeta. Detta syns i dagens fältundersökningar då vissa instrument och metoder ursprungligen är danska. Sedan 1900-talets början är geoteknikerna en given yrkesgrupp som medverkar vid ny- och ombyggnation av samhällets alla konstruktioner som har kontakt med marken.

Problemställningarna som en geotekniker utreder är i stort sett de samma idag som i början av 1900-talet, men arbetsgången och metoderna har förändrats. Geoteknikerns uppgift består av att, genom undersökningar i såväl fält som laboratorium, bedöma de geologiska och geotekniska förutsättningarna för att placera en specifik konstruktion på en viss geografisk plats. Genom detta arbete sammanlänkar yrkesgruppen geologi, hydrologi och byggnadsteknik (Ekström & Melhus 1970). Geotekniska problemställningar kretsar kring stabilitet i den mark som konstruktionen påverkar och påverkas av. Exempelvis kan marken undersökas så att eventuella sättningar kan förutses och på så sätt tas med i planeringen av konstruktionen. Det lutande tornet i Pisa hade kunnat vara rakt – om en riktig geoteknisk undersökning genomförts före byggnationen.

1.1 Syfte

Syftet med rapporten är att skapa en övergripande förståelse för hur geologin i Skåne påverkar geoteknikers metodval och arbetssätt i förhållande till aktuell konstruktion. Vidare avser rapporten att besvara flera frågeställningar;

- Varför är geologisk kunskap viktig för en geotekniker?
- Vad särskiljer Skåne från övriga Sverige i fråga om geologi, ur en geoteknikers synvinkel?
- Vilken geologisk specialkunskap är viktig på de platser som studerats närmare?
- Hur samspelar undersökningsmetod, geoteknisk problemställning och platsens geologi?

- Hade en annan geologisk förkunskap hos geoteknikern kunnat utmytna i ett annat metodval?

1.2 Avgränsningar

Rapporten kommer att fokusera på den geoteknik som utförs i de lösa avlagringarna i Skåne. Arbetet kommer således inte att behandla undersökning av berggrunden eller ta upp geofysiska undersökningsmetoder. Det finns många laboratorieundersökningar som kan utföras i anslutning till provtagningar i fält. Bara de som utförs rutinmässigt kommer att nämnas kortfattat.

1.3 Metod

För att kunna besvara frågeställningarna och uppfylla rapportens syfte har tre projekt utförda av WSP Sverige AB studerats. Projekten har genomförts på tre olika platser i Skåne; i Ängelholm, Dalby och Sjöbo. Projekten har valts så att geologin mellan dem varierar. Detta för att skapa en så klar bild som möjligt av hur olika geologiska förhållanden påverkar geotekniker och deras arbetssätt. Studierna av dessa projekt har främst bestått av kart- och litteraturstudier, men även av samtal med involverade geotekniker och fältgeotekniker.

2 Geologi

2.1 Sveriges geologi

Sveriges berggrundsgeologi skiljer sig mycket mellan de nordligaste och de sydligaste delarna av landet. I norra Sverige dominerar urberg och i de södra delarna dominerar ung sedimentär berggrund. De tektoniska processerna har gett oss fjällkedjan som löper längs gränsen mot Norge. Berggrunden är av stor betydelse för det svenska landskapet men i södra Sverige är det ofta lösa avlagringar som syns i markytan och som formar landskapet. Dessa jordlager har formats och omformats av de inlandsisar som påverkat Sverige. Det är osäkert hur många gånger landet varit täckt av is men mycket tyder på att Sverige har varit nedisat minst 50 gånger under kvartär tid, de senaste 2,6 miljoner åren. Morän av alla typer dominerar idag det översta jordlagret i Sverige. 75% av landets yta är täckt av någon typ av morän. Morän är en sorterad jordart som kan innehålla allt ifrån ler till block. Den morän som finns i Sverige idag är främst avlagrad av den senaste inlandsisen, som inträffade under Weichsel, för 115 000-11 600 år sedan (Andréasson 2006).

2.2 Sveriges geologi

Se Bilaga 1 och 2 för berggrundskarta respektive jordartskarta över Skåne.

2.2.1 Skånes berggrund

Skåne delas diagonalt av en tektonisk zon, Tornquist-zonen. Zonen är även känd som Sorgenfrei-

Tornquistzonen. Dess rörelser var mest betydande för Skåne för 70-80 miljoner år sedan, under yngre krita (Erlström 2007). Den sträcker sig från Nordsjön till Svarta havet och passerar genom Skåne från nordväst till sydöst och delar berggrunden i två delar (Andréasson 2006). Tektoniken som förekommer längs zonen har bidragit till att det förekommer intrusiva bergarter (SGU 1988) samt till att det bildats förkastningar och flexurzoner. Förkastningszonerna kännetecknas av horstar och sänkor. En horst är ett berggrundsblock som pressats upp mellan två andra under kompression, en sänka är ett berggrundsblock som istället sjunkit mellan två andra vid tension. Höjdskillnaderna som uppstår vid dessa tektoniska bildningar kan vara mycket stora. Vid Romeleåsen har höjdskillnader på 1000-1500 m uppmätts (Malmö stad miljöförvaltningen 2000). Längs Tornquistzonen finns även flexurzoner (SGU 1988). En flexurzon har likt horstar och sänkor förskjutits i vertikalled med den skillnaden att inget brott skett i berggrunden utan endast en töjning (Malmö stad miljöförvaltning 2000).

Bergarterna i och längs Tornquistzonen domineras av sedimentär berggrund, främst sandsten, kalksten, lersten och lerskiffer. Sydvästra Skåne domineras av kalksten och nordöstra av kristallin berggrund, främst i form av granit och gnejs. Den kristallina berggrunden genomkorsas av diabasgångar i nordvästsydöstlig riktning, samma riktning som Tornquistzonens sträckning. Området kring Kristianstad består av sedimentär berggrund, främst kalk- och sandsten (SGU 1988).

Den typ av gnejs som dominerar i nordöstra Skåne återfinns även i stora delar av övriga Sverige medan den sedimentära berggrunden är mer speciell för Skåne. Gnejsen är relativt oproblematisk ur geoteknisk synpunkt då den oftast har god stabilitet och hållfasthet. Den sedimentära berggrunden kan medföra vissa geotekniska bekymmer då stabiliteten och hållfastheten inte alltid är god. Hur mycket berggrunden påverkar beror förutom på typ av berggrund även på vilken konstruktion som ska byggas och hur djupt den i sin tur påverkar marken (Dennis Overgaard muntligt 2014-04-04).

2.2.2 Skånes jordarter

Den dominerande jordarten i Skåne är, liksom i resten av Sverige, morän av olika slag. Lerhalten varierar mycket mellan de olika moräntyperna. I nordöstra Skåne dominerar en lertfattig morän med som mest 5% ler. Lerhalten i de moräner som återfinns i sydvästra Skåne är högre. Där finns morän som innehåller mer än 40% ler. Denna jordart kallas inom geotekniken lermorän och inom geologin för moränlera. I denna rapport kommer benämningen lermorän användas. Lerhalten anges i viktprocent (SGU 2000; Larsson 2008). De större fragmenten i de olika moränerna skiljer sig betydligt mellan de nordöstra och sydvästra delarna av Skåne. Moränen i de nordvästra delarna är rik på sten och block från urberg, lerskiffer, sandsten och diabas. I de sydvästra delarna av Skåne har moränen främst klaster bestående av kalksten och flinta

(Nilsson 1970). Moränernas skilda sammansättning beror på inlandsisens och isströmmarnas riktning och rörelser när de plockat upp och avsatt material.

Mellan Romeleåsen och Linderödsåsen ligger Vombsänknan som domineras av ett stort område med issjösand och isälvssediment (SGU 2000), med främst sand och grus avsatt av smältvatten från inlandsisen (Andréasson 2006). Ett nät av isälvssediment, främst i form av åsar, återfinns i de centrala nordligare, delarna av Skåne. Längs kusten dominerar postglacial sand.

De platser i Skåne som legat under havsnivån, då den nådde som högst, domineras idag av sand och lera. Det är utmärkande för främst två områden på var sin sida av Skåne. Det ena sträcker sig från Ängelholm in mot Bjuv, Åstorp och Klippan och det andra området återfinns på östkusten och sträcker sig från Ravlunda och Nymölla in mot Kristianstad (SGU 2000).

Det finns några jordarter som återfinns på få platser i Skåne men som är problematiska ur geoteknisk synvinkel. Torv och gyttja är två av dessa. De återfinns fläckvis runtom i Skåne, exempelvis runt Ringsjön och i anslutning till åsarna i de nordligaste delarna av landskapet (SGU 2000). Gyttja och torv är båda organogena jordarter och består helt eller delvis av djur- och växtdelar (Andréasson 2006). En annan jordart som är ovanlig i Skåne är fyllning. När markytan täcks av ett främmande material, såsom schaktmassor, klassas det som fyllning. I Skåne förekommer det främst i urbanmiljö exempelvis i Malmö hamn (SGU 2000).

Mäktigheten på de lösa jordlagren i Skåne är varierande. Generellt är mäktigheten som störst i sänkor medan ett tunnare lager jord oftast återfinns på höjder, exempelvis på horstarna (Bernander 1975).

2.2.2.1 Konsolidering

När en jord utsätts för ökat tryck i vertikalled, exempelvis i form av ett hus eller inlandsis, pressas den samman. Detta leder till att porutrymmet i jorden blir mindre. Är porerna fyllda med vatten avgår detta delvis. Reaktionerna på ökat tryck varierar mellan olika jordar. Jordar som till stor del består av fina partiklar, såsom lermorän, reagerar långsamt på ökad belastning. Den sättning som påbörjas när den ökade belastningen förs på kan fortgå under många tiotals år. Sättningen går snabbast i början av sättningsprocessen och avtar med tiden. Sandiga och grusiga jordar reagerar snabbare på ökad belastning och har redan efter ett fåtal år anpassat sig till denna. Hur jorden reagerar på ökad belastning beror inte bara på sammansättningen av kornstorlekar utan kanske främst på vad den varit utsatt för tidigare. Har jorden tidigare varit utsatt för inlandsisens tyngd är den överkonsoliderad. Det innebär att den varit utsatt för ett större tryck än vad den är idag. Har jorden bara känt sin egen tyngd benämns den som normalkonsoliderad. Är den påförda lasten den största som jorden utsatts för benämns jorden som underkonsoliderad (Pedersen 2011; Bernander 1975). De flesta av jordarna i Skåne har utsatts för tyngden från inlandsisar och är därför ofta kraftigt överkonsoliderade (Anna-Karin Jons muntligt 2014-05-13).

2.3 Specifik områdesgeologi

I uppstarten av ett projekt antas en geologisk modell för området som ska undersökas. Den förväntade geologin och topografin tillsammans med konstruktionen styr vilka geotekniska undersökningsmetoder som geoteknikern väljer att använda för att i förlängningen kunna besvara de geotekniska problemställningarna. Undersökningarna i fält kan bekräfta eller förkasta den geologiska modell som antagits. Blir modellen förkastad kan det leda till att nya problemställningar uppstår och då måste metoderna anpassas på nytt. Det kan innebära att ytterligare undersökningar måste genomföras på platsen så att mer data kan samlas in. De geotekniska problemställningarna, platsens geologi och de fältgeotekniska metoderna samspelar under hela den geotekniska arbetsgången (Fig. 1).

2.4 Jordarternas klassificering

Klassificering av jordar kan göras på många olika vis. De kan delas in efter kornstorleksfraktion eller olika typer av egenskaper.

Geologer och geotekniker klassificerar jordar efter mineralkornens storlek på något olika sätt. Geologer klassificerar jord efter Atterbergs kornstorleksskala, dock något förändrad sedan den ursprungliga indelningen (Andréasson 2006) och geotekniker klassar mineraljord efter kornfraktion enligt SGIs standard (Larsson 2008). Indelningen är numera mycket lik för de båda yrkesgrupperna. Den största skillnaden mellan de två klassificeringarna är benämningen på klaster över 200 mm. De benämns inom geologin som block medan de inom geotekniken delas in i block och stora block (Tabell 1).

Ett annat sätt att klassificera jord är efter skjuvhållfasthet och plasticitetsegenskaper (Ekström & Melhus 1970). Det finns utifrån detta sätt att se två eller möjligen tre olika typer av jordar; kohesions-, friktions- och mellanjordar. Kohesionsjordar är jordar där kornen inte har direkt kontakt med varandra, utan naturligt har en vattenhinna mellan sig. Kornen hålls samman med kemiska bindningar (Vägverket 1986). Hit räknas leror, gytta och dy. Kontaktytorerna blir många och stora då mineralkornen är små och ligger tätt ihop. På så sätt

håller jorden ihop och dess egenskaper blir plastiska (Ekström & Melhus 1970). Sand, grus, sten och lerfärdiga moräner klassas som friktionsjordar. Dessa jordar saknar naturligt mellanliggande vattenhinna (Vägverket 1986) och skjuvhållfastheten beror på friktionen mellan kornen (Andréasson 2006). Friktionsjordar saknar plastiska egenskaper. Den tredje klassen benämns mellanjordar, hit förs vanligen silt. Den kan beroende på vattenmättnad bete sig som en kohesions- eller friktionsjord. En fuktig silt visar vanligen kohesionssegenskaper medan en torr silt beter sig som en friktionsjord (Ekström & Melhus 1970). I tabell 1 redovisas vilka fraktioner som klassificeras till dessa tre typer av jord.

Morän förs till någon av de tre kategorierna, beroende på vilken kornfraktion som dominerar jordarten. Lermorän klassas som en kohesionsjord, medan sandmorän räknas till friktionsjord.

3 Geotekniska Problemställningar

3.1 Generella problemställningar

Geoteknikern ställs inför olika problemställningar beroende på vilken typ av konstruktion som ska uppföras men även beroende på vilken geologi som råder på den aktuella platsen. Inför varje ny fas i projektet bedöms vilka problemställningar som är aktuella. Det finns enligt Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik (2008) fem fastställda problemställningar. En konstruktion kan påverkas av flera av dessa. De fem problemställningarna är:

- EQU – Equilibrium - När markens jämvikt går förlorad.
- STR – Structural - När det sker brott/deformation i konstruktionen.
- GEO – Geotechnical - När det sker brott/deformation i marken.
- UPL – Uplift - När det sker hydraulisk upplyftning.
- HYD – Hydraulic - När marken uppluckras pga. grundvattentrycket.

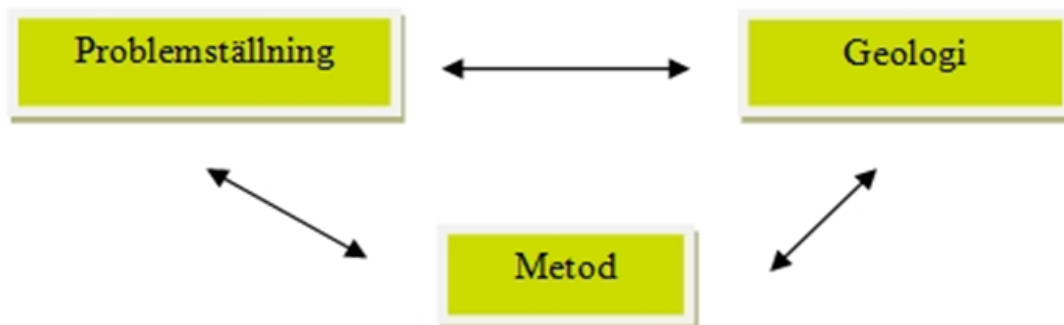


Fig. 1. Dessa tre faktorer styr geoteknikerns arbetsgång under undersökningsskedet i ett projekt. Målet är att metoderna ska ge geoteknikern de data som behövs för att lösa problemställningarna vilka beror på geologin på platsen samt blivande konstruktion. Förändras förutsättningarna för någon av dessa tre områden kan de andra behöva omprövas.

Tabell 1. Geoteknisk och geologisk klassificering av jord baserat på kornstorlek, samt klassificering utifrån skjuvhållfasthets- och plasticitetsegenskaper (Andréasson 2006; Ekström & Melhus 1970; Larsson 2008).

Kornstorlek Geoteknik (mm)	Geoteknisk indelning	Geologisk indelning	Kornstorlek Geologi (mm)	Klassificering utifrån skjuvhållfasthet och plasticitet
0,0 - 0,002	Ler	Ler	0,0 - 0,002	Kohesionsjord
0,0063	Finsilt	Finsilt	0,006	
0,02	Mellansilt	Mellansilt	0,02	Mellanjord
0,063	Grovsilt	Grovsilt	0,06	
0,2	Finsand	Finsand	0,2	Friktionsjord
0,63	Mellansand	Mellansand	0,6	
2	Grovsand	Grovsand	2	
6,3	Fingrus	Fingrus	6	
20	Mellangrus	Mellangrus	20	
63	Grovgrus	Grovgrus	60	
200	Sten	Sten	200	
630	Block	Block	600	
2000	Stora block		2000	

Dessa problemställningar beskrivs och exemplifieras i nästkommande avsnitt.

3.1.1 Equilibrium

Denna typ av jämviktsproblem uppstår främst om konstruktioner ska uppföras i slänter (Fig. 2). Ofta behöver platsen för konstruktionen bearbetas före byggnation, oberoende av var konstruktionen ska uppföras. Detta kan innebära att jord skiftas ut och att jorden packas. Under detta arbete är det möjligt att den jämvikt som tidigare fanns i slänten rubbas. Rubbningen av jämvikten kan även ske efter att konstruktionen har uppförts på platsen. Det kan vara så att marken inte klarar av den ökande tyngd som konstruktionen innebär. När jämvikten rubbas kan skred ske. Det är inte alltid skreden utlöses på en gång, ibland kan det gå en tid innan de sker (Pedersen 2011). Skred kan utlösas exempelvis av vibrationer frambringade av stora maskiner eller jordbävningar. Problem av detta slag uppstår i kohesionsjordar i allmänhet och i leror avsatta marint i synnerhet men kan ske i alla jordar.

3.1.2 Structural och Geotechnical

Dessa två problemställningar hänger ofta ihop. GEO innebär att marken deformeras och STR att konstruktionen deformeras. Dessa typer av problem uppstår vanligen vid sättningar till följd av konstruktionens tyngd (Fig. 3). Tyngden gör att marken trycks ihop vilket får till följd att konstruktionen också rör på sig. Sättningar sker oftast ojämnt. Det kan leda till att delar av eller hela konstruktionen förstörs. För att undvika detta bör exempelvis all organisk jord skiftas ut innan konstruktionen uppförs. Är jorden på platsen under-

konsoliderad kan exempelvis en bank läggas upp så att marken har en chans att sätta sig innan husets tyngd läggs på.

3.1.3 Uplift

Hydraulisk upplyftning beror på grundvattnets tryck på marken underifrån. Om markens tyngd blir mindre, exempelvis för att jord schaktas bort, kan grundvattnet komma att tränga igenom marken eller lyfta eventuella konstruktioner. Ett exempel på när detta kan ske är vid poolbyggnation på hösten. Under hösten är grundvattnet lågt och under våren stiger det. Om grundvattnenivån på våren når en nivå högre än poolbotten så kommer det att trycka poolen uppåt om den inte har tillräckligt tyngd för att hålla emot vattnets uppåtriktade tryck (Fig. 4).

3.1.4 Hydraulic

Hydraulisk bottenuppluckring är ett problem som kan uppstå vid schaktning i vissa jordlagerföljder. Oftast sker det om en kohesionsjord avlägsnas från toppen av en friktionsjord (Fig. 5). Kohesionsjordar är ofta täta vilket innebär att grundvattenytan ofta befinner sig under dessa, men grundvattnets trycknivå kan vara högre. Avlägsnas en del av eller hela kohesionsjorden får grundvattnet möjlighet att, utan tidigare motstånd, stiga till sin egentliga trycknivå. Detta medför att botten på schakten tappar sin hållfasthet (Stjärnberg 2008).

EQU

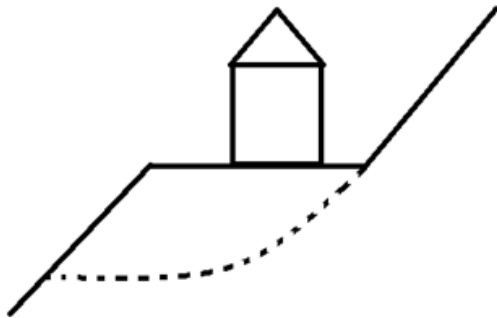


Fig. 2. Schematisk bild över skredyta under ett hus i slänt.

STR + GEO

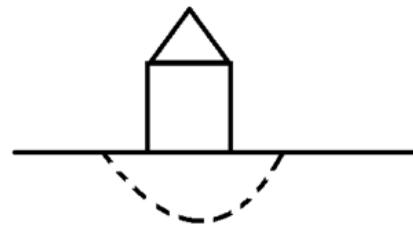


Fig. 3. Schematisk bild över eventuell sättning under hus.

UPL

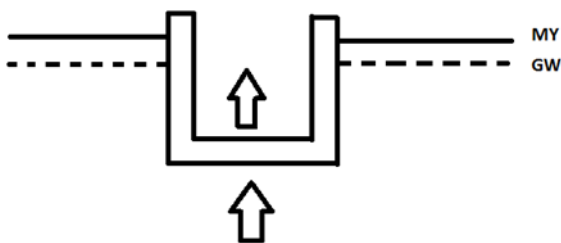


Fig. 4. Schematisk bild av hydraulisk upplyftning av en pool vars botten befinner sig under grundvattnets tryckyta.

HYD

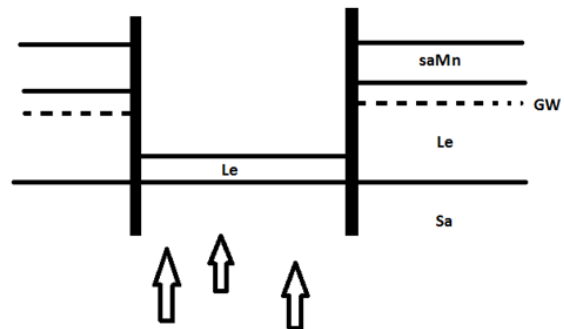


Fig. 5. Exempel på jordlagerföljd där hydraulisk uppluckring kan ske. Botten i schakten består vanligen av friktionsjord när dessa problem uppstår.

4 Undersökningsmetoder

4.1 Allmänt

Metoderna som finns för att undersöka en jordlagerföljd och dess egenskaper inom ett område är många. Beroende på vilka markgeotekniska och geologiska egenskaper som råder, och önskas undersökas så lämpar sig olika undersökningsmetoder olika bra (Tabell 2) (SGF 2013). Alla undersökningsmetoder lämpar sig inte i Skåne då de är anpassade till geologi som inte finns i Skåne. Nedan följer en kort beskrivning av de metoder som använts i de tre studerade projekten samt liknande relevanta undersökningsmetoder. Det bör noteras att beskrivningarna nedan är rekommendationer för i vilka geologiska förhållanden respektive metod bör användas, undantag kan göras från dessa. Gemensamt för alla undersökningsmetoder är att om metoden inte kan utföras korrekt avbryts undersökningen även om önskat undersökningsdjup inte uppnåtts. En annan metod får då användas för att slutföra undersökningen.

Vissa geotekniska undersökningsmetoder kan genomföras med handkraft men flera av dem förutsätter tillgång till någon typ av borrhavn. Dessa är vanli-

gen utrustade med metallskodda larvfötter och drivs av en dieselmotor. Vilken utrustning borrhvagnen har beror mycket på dess fabrikat och modell. Den svenska marknaden domineras av tre märken; Geotech, GM och HAFO. De flesta maskiner är utrustade så att de vanligaste sonderingarna och provtagningsmetoderna kan utföras (SGF 2013).

4.2 Sonderingar

Till kategorin sondering förs alla undersökningar där en sonderingsspets av något slag med pågångade stänger drivs ner i marken med tryck, slag eller rotation, alternativt en kombination av dessa. I vissa fall av dynamisk sondering används även spolning som en kompletterande metod för att driva sonden ner i marken. Det finns två huvudtyper av sonderingar, statiska och dynamiska. De statiska sonderingarna utförs genom statisk belastning. Den statiska neddrivningen kan vid vissa typer av sonderingar kombineras med rotation och/eller slag. Slag används främst när sonden ska passera ner genom fasta lager. Vid dynamisk sondering kan även spolning användas vid neddrivning (SGF 2013).

Tabell 2. Här syns de fältgeotekniska undersökningsmetoder som använts vid de tre projekten i Skåne. Vissa metoder lämpar sig bättre än andra för att ta reda på olika egenskaper hos marken. Eftersom denna tabell endast redovisar utvalda metoder, saknar vissa parametrar en metod som ska väljas i första hand. Tabellen är modifierad från Svenska geotekniska föreningen (2013).

	Jordlagerföljd	Jordmäktighet samt djup till berg	Grundvatten- eller porttrycksnivåer	Hållfasthetsegenskaper (Ko)	Hållfasthetsegenskaper (Fr)	Deformationsegenskaper (Ko)	Deformationsegenskaper (Fr)	Hydraulisk konduktivitet	Övriga hydrogeologiska egenskaper	Klassificering av jord	Packningskontroll	Schaktbarhet	Pål- och spåntbarhet, påldjup
CPT- och CPTU-sonderingar	Metod som väljs i första hand			Metod som väljs i första hand	Metod som väljs i första hand	Metod som väljs i första hand	Metod som väljs i första hand	Metod som väljs i första hand		Metod som väljs i första hand	Metod som väljs i första hand	Metod som väljs i första hand	
Hejarsondering		Metod som väljs i första hand		Metod som väljs i första hand	Metod som väljs i första hand	Metod som väljs i första hand	Metod som väljs i första hand			Metod som väljs i första hand	Metod som väljs i första hand	Metod som väljs i första hand	Metod som väljs i första hand
Slagsondering		Metod som väljs i första hand											Metod som väljs i första hand
Vingförsök				Metod som väljs i första hand			Metod som väljs i första hand				Metod som väljs i första hand		
Skruvprovtagning	Metod som väljs i första hand		Metod som väljs i första hand									Metod som väljs i första hand	
Grundvattenrör (öppna rör)			Metod som väljs i första hand					Metod som väljs i första hand					

Metod som väljs i första hand
 Metod som väljs i andra hand
 Metod som väljs i brist på lämpligare metod

Ko = Kohesionsjord
 Fr = Friktionsjord

4.2.1 CPT och CPTU

Cone penetration test (CPT) och cone penetration test med porttrycksmätning (CPTU) är statiska spetsstrycks-sonderingar som utförs med endast statisk belastning. Slag och rotation är inte tillåtet vid nedrivning. Det är viktigt att borrhvagnen är väl förankrad under neddrivningen så att undersökningen kan ske korrekt med en hastighet av 20 mm/s (SGF 1992). Vid en CPT-sondering mäts mantelfriktion och spetsmotstånd och vid CPTU-sondering mäts dessa två parametrar samt porvattentycket. I Sverige utförs nästan uteslutande CPTU-sonderingar men i dagligt tal brukar dessa benämnas CPT-sonderingar (Dennis Overgaard 2014-04-04). Sonderingar av denna typ lämpar sig både i friktions- och kohesionsjordar om dessa inte är för fasta samt är fria från större block och stenar. De resultat som erhålls av sonderingen kan användas för att uppskatta jordens hållfasthets- och deformationsegenskaper (SGF 2013).

4.2.2 Hejarsondering

Hejarsondering är en typ av dynamisk sondering där

en konformad cylindrisk spets drivs ner i marken med slag och rotation. Hejarsondering används för att få fram hållfasthets- och deformationsegenskaper för friktionsjordar samt moräner där andra sonderingstyper inte fungerar. Sonderingstypen kan även användas för att uppskatta påldjup. Det finns fem olika hejarsonderingsmetoder som genomförs på liknande vis, men utrustningen skiljer sig åt exempelvis i fråga om hejarens massa och fallhöjd (SGF 2013).

4.2.3 Slagsondering

Slagsondering är en typ av dynamisk sondering. Vid utförandet drivs en konformad spets med pågångade borrhängar ner i marken med hjälp av slag och rotation. Denna metod används ofta för att uppskatta så kallat "bergfritt djup". Metoden används inte för att lokalisera bergöverytan, då denna inte säkert kan verifieras. Metoden kan även ge en översiktlig bild av jordens fasthet. Vid genomförande i fält är det viktigt att borrhängarna står fast så att den inte kan förflytta sig i något led. Rotation från en vridmotor och slag från en så kallad hammare driver sonden till önskat sonde-

ringsdjup eller till dess att sonden inte kan drivas djupare. Under nedrivningen registreras hur många slag som behövs för att driva sonden 0,2 m ner, detta ger geoteknikern en uppfattning om vilken typ av material som genomsonderats (SGF 2013).

4.3 Grundvattenrör

I Sverige är det vanligt att grundvattenrör av olika typ används för att bestämma grundvattenytans läge i en jordprofil och porvattentrycket i jorden. Det används öppna och slutna system. I de öppna systemen mäts en fri vattennivå som motsvarar jordens porvattentryck. I de slutna systemen mäts vattentrycket i en sluten kammar placerad i ett filter. Innan grundvattenrören installeras är det bra om geoteknikern skapat en hydrogeologisk modell av området. Det underlättar när rören ska placeras på lämpliga platser och filtren placeras på passande djup. Det finns inte alltid en modell av området och då placeras rören och filtren på ett sätt som erfarenhetsmässigt bedöms vara bra. Filtren ska placeras i friktionsjord. Antalet rör, avläsningsintervall och val av mätutrustning anpassas till respektive projekt.

För att vattnet ska kunna tränga in i grundvattenröret placeras ett filter någonstans längs röret, lämpligen på det djup där förväntad akvifer finns. Rörssystemet kan vara av olika material, exempelvis brons, plast, keramik eller geotextil. Används brons eller plast så är filtren slitsade så att vatten kan tränga in. Neddrivningen av röret kan ske på olika vis och valet av metod beror bl. a på hur mycket kraft rören och filtren tål. För både öppna och slutna system är det vanligast att ett borrhål, där jordprover tagits, användas för att föra ner grundvattenröret. Är det ett öppet system som installeras i finkorniga jordar och det inte finns något borrhål att tillgå kan röret tryckas ner. Neddrivning av slutna system kan ske med tryck eller lättare slag om filtret tillåter detta.

När röret är installerat och nivåerna stabiliserat sig genomförs mätningar. För att i öppna system få reda på grundvattenytans nivå används vanligen ett elektroniskt lod fäst i ett måttband. Lodet avger en ljud- och/eller ljussignal när det når vattenytan. Det finns andra mätmetoder att tillgå såsom klucklod och logger. En logger är försedd med en tryckgivare och placeras permanent i grundvattenröret så att den befinner sig under grundvattenytan även när denna är som lägst. I ett slutet system används vanligen elektrisk portrycksmätare eller portrycksspets. Vid mätning med dessa båda instrument anges om det är absoluttryck eller vattentryck som mäts. Om det är absoluttryck som mäts ska även lufttrycket vid marknivån avläsas. Detta värde subtraheras sedan från det uppmätta absoluttrycket för att få fram vattentrycket (SGF 2013).

Vid installation av grundvattenrör föreskrivs det att tätning runt röret ska ske. Tätningen kan exempelvis ske med bentonitlera. Den ska utföras så att eventuellt vatten från olika akviferer inte sammanblandas och så att inte ytvatten rinner ner i röret (SGF 2013).

4.4 Skruvprovtagning

Den vanligaste metoden för att utföra störd jordprovtagning är skruvprovtagning. Provtagningen utförs genom att en skruv genom rotation drivs ner i marken för att när den nått önskat djup dras rakt upp. När skruven tagits upp skrapas ytan så att ett så rent prov som möjligt används för jordartsbedömning. När den upptagna jorden är klassificerad i fält kan önskat antal jordprover tas för vidare laboratorieundersökningar. Denna typ av provtagning utförs främst för att få en bild av jordlagerföljden och utförs med bäst resultat i kohesions- och siltjordar men fungerar även bra i friktionsjordar ovanför grundvattenytan. Provtagningen försvåras betydligt i steniga och blockrika jordar. Skruvens diameter och längd kan variera. Vanligt är att en skruv som är 1 m lång och har en diameter på 60-100 mm används (SGF 2013).

Det finns möjlighet att utföra ostörd provtagning, exempelvis med hjälp av kolvprovtagare. Vid denna typ av provtagning erhålls ett cylindriskt ostört prov (SGF 2013). Denna provtagning används sällan i Skåne då jorden ofta är för fast och provtagning med skruv allt som oftast fungerar väl (Fredrik Stenfeldt muntligt 2014-05-08).

4.5 Vingförsök

För att undersöka den odränerade och omrörda skjuvhållfastheten i kohesionsjordar kan vinge med fördel användas. Det finns två huvudtyper av vingar som används vid underökning på större djup i Sverige, svensk respektive dansk vinge. Vilken av dem som är lämpligast beror på jordtypen som ska undersökas. Den danska vingen rekommenderas för lermorän och lågsensitiv lera då den är robustare medan den svenska vingen vanligen används i sensitiv lera och gyttja (SGF 2013). Sensitivitet är främst ett mått på lerors känslighet för omrörning. Är leran mycket känslig är den så kallat högsensitiv (Lindskog 1970). Både svensk- och danskvinge förekommer i flera olika storlekar. Generellt är höjden på vingbladen dubbelt så stor som bredden. Vilken storlek på vinge som lämpar sig beror på vilken typ av jord som ska undersökas. Utförandet är liknande för de båda vingtyperna. Används svensk vinge förborras det först, genom eventuell torrskorpa och fyllning, varefter vingen utan rotation trycks ner till önskat djup. Används dansk vinge bör borrhålet sträcka sig ner till 20 cm över önskat undersökningsdjup. Vingen trycks därefter ner utan rotation. Är vingen (svensk och dansk) svår att trycka ner till önskat djup kan slag användas för att driva ner den. När vingen är placerad på önskat undersökningsdjup roteras hela konstruktionen långsamt med konstant hastighet tills brott sker. Ett sådant vingförsök

ger den odränerade skjuvhållfastheten. Om önskemål finns att mäta den omrörda skjuvhållfastheten görs detta genom att vingdonet roteras ett tiotal varv. Sedan upprepas mätningen varvid den omrörda skjuvhållfastheten erhålls. Vidare kan sensitiviteten beräknas ur dessa båda parametrar. Försöken med vinge kan utföras på flera djup i samma undersökningspunkt (SGF 2013).

Vid undersökning i lermorän med vinge används av WSP i Skåne ofta dansk vinge storlek 5. Det finns svenska vingar som har liknande storlek men den danska vingen används för att den är av robust karaktär och för att geologin i Danmark påminner om den skånska (Jonas Törnell muntligt 2014-04-07).

4.6 Laboratorieundersökningar

Laboratorieundersökningar utförs på de prover som fältgeoteknikern samlat in från exempelvis skruvprovtagning i fält. Undersökningarna i laboratorium kan genomföras av flera olika anledningar. Vanligast är att det utförs en rutinundersökning för att bekräfta de bedömningar som gjorts av jorden i fält. Vid rutinundersökningen benämns provet och vattenkvot, tjälfarlighet samt materialtyp bestäms. Skulle resultaten från fält respektive laboratorierum skilja sig åt ska detta kontrolleras närmare (Dennis Overgaard muntligt 2014-04-30).

5 Studerade projekt

De tre områden som studerats i denna rapport har olika geografisk placering och geologin skiljer mellan de tre platserna. Projekten har genomförts i Ängelholm, Dalby och Sjöbo. Deras geografiska placering framgår av Fig. 6. Geologi, geotekniska problemställningar och



Fig. 6. Satellitbild över Skåne med de tre av WSP Sverige AB undersökta områdena utmarkerade. Punkt 1 markerar Ängelholm, 2 Dalby och 3 Sjöbo. Punkterna markerar tätorterna och inte de exakta undersökningsområdena. Bild modifierad från hitta.se (2014).

metodval för respektive projekt beskrivs närmare i följande avsnitt.

Problemställningarna beror på konstruktionstyp, topografi och rådande geologi. Metoderna som använts för att undersöka områdena har anpassats efter rådande geologi och vilken typ av konstruktion som ska uppföras.

5.1 Ängelholm—Kv Willan

Projekt Kv Willan innefattar en geoteknisk undersökning inför att ett bostadshus med åtta våningar samt källare ska uppföras i centrala Ängelholm. NCC Construction Sverige AB planerar att grundlägga huset med platta på mark (WSP Sverige AB 2013 a).

5.1.1 Geologi

Ängelholm ligger i en sänka vilken efter sista istiden legat under havet. Det översta jordlagret i hela sänkan domineras av finkorniga jordarter såsom lera och sand (Fig. 7). Ställvis kan gytta förekomma. Vid kusten förekommer flygsand och längs Rönne å, som rinner genom staden, finns svämsediment i form av silt och lera. Inom det område som ska bebyggas förekommer postglacial sand. Jorddjupet i närområdet varierar mellan 90 och 140 m. Berggrunden på platsen består av kvarts- och fältspatrik sedimentär berggrund i form av blå gråvacka och sandsten (Esko 1975). Markytan inom undersökningsområdet sluttar svagt åt väster och en maximal nivåskillnad har uppmätts till 0,8 m (WSP Sverige AB 2013 a). Topografin i närområdet har en generell lutning ner mot Rönne å (Fredrik Stenfeldt muntligt 2014-05-08).

5.1.2 Geotekniska problemställningar

Ett åttavåningshus innebär en hög last på marken. Därför ska sättningsförhållanden och bärighet (STR och GEO) inom området undersökas (WSP Sverige AB 2013 a). Området som ska bebyggas är relativt plant men med tanke på den generella topografin i närområdet bör släntsbiliteten och glidytorerna (EQU) i marken ner mot Rönne å undersökas närmare (Fredrik Stenfeldt muntligt 2014-05-08). Då huset ska ha källare kommer schaktning att ske vilket kan innebära problem med hydraulisk upplyftning (HYD) (WSP Sverige AB 2013 a). Trots sin storlek påverkar vanligtvis inte en konstruktion av detta slag jordlagren mer än ett tiotal meter ner i jordprofilen (Dennis Overgaard muntligt 2014-04-30).

5.1.3 Undersökningsmetoder

Metoderna som användes för att undersöka området valdes med utgångspunkt i den geologiska modellen och de aktuella problemställningarna. Fältundersökningarna utfördes i två omgångar. Den första undersökningen var översiktlig och då användes följande metoder;

- CPT-sondering tre punkter utfördes för att med hjälp av empiri erhålla jordens deformations och hållfasthetsegenskaper

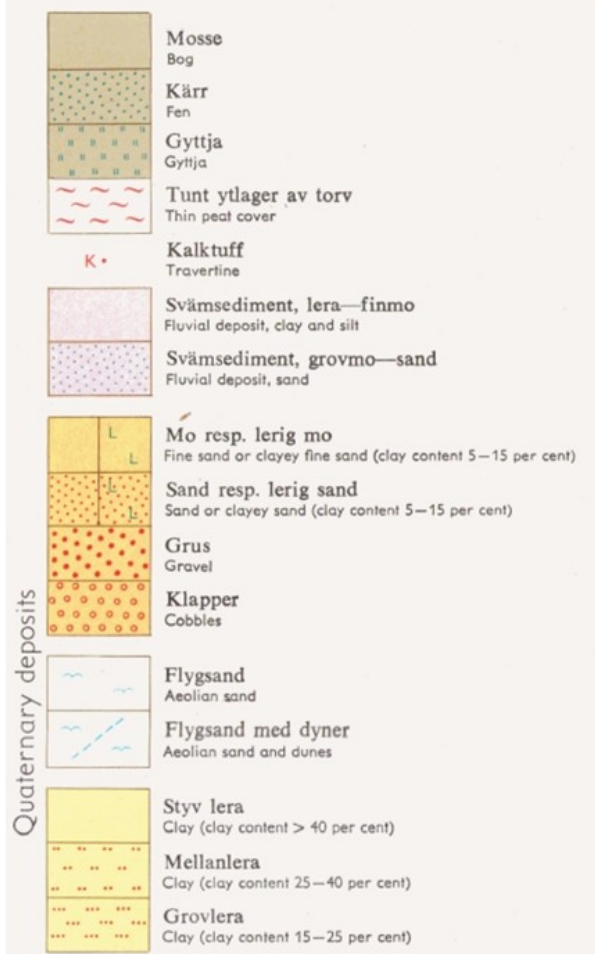


Fig. 7. jordartskarta över Ängelholm modifierad från Esko (1975). Det undersökta området är markerat med cirkeln.

- Slagsondering i två punkter till ca 20 m under markytan för att få en uppfattning om jordens fasthet
- Skruvprovtagning i fjorton punkter, som djupast till 5 m under markytan. Genom att dessa genomfördes kunde jordlagerföljden fastställas

- Öppna grundvattenrör installerades i två punkter och grundvattennivån uppmättes till mellan 2 och 3 m under markytan. Eftersom att problem med hydraulisk upplyftning befarades behövdes grundvattenytans läge konstateras

På sex jordprover utfördes rutinmässiga laboratorieundersökningar (WSP Sverige AB 2009).

Den andra undersökningen var kompletterande och utfördes så att en mer detaljerad bild av området kunde skapas. Resultaten från den förväntades ge en säkrare bild av vilka jordarter som fanns djupare under ytan och deras hållfasthet. Följande metoder användes;

- CPT-sonderingar i tre punkter till mellan 7 och 17 m under markytan.
- Dansk vinge utfördes i två punkter, på tre djup i respektive punkt. Djupen var 4, 6 och 8 m under markytan. Genom dessa försök erhöles jordens skjuvhållfasthet
- Hejarsondering i en punkt till ca 16 m under marken för att komplettera de andra sonderingsmetoderna.
- Skruvprovtagning i två punkter till ungefär 12 m under markytan
- Öppna grundvattenrör i två punkter där grundvattenytan registrerades på mellan 4,4 och 2,7 m under markytan

På fyra prover utfördes rutinmässiga laboratorieundersökningar.

Metoderna som utfördes valdes så att problemställningarna skulle kunna lösas. Jordprofilens hållfasthets- och deformationsegenskaperna kunde erhållas ur de utförda undersökningarna. Så även uppgifter kring påldjup.

De båda undersökningstillfällena visade på en jordprofil överst bestående av mull, nedåt följd av lerig silt och lera, bitvis varvig med silt. Sonderingarna, som avslutats på ett djup av 15-20 m under markytan eftersom de inte kunnat drivas djupare, påvisar ett betydligt fastare lager vid detta djup. Det fasta lagret tolkas som morän av någon typ. I sex av de undersökta punkterna påträffades ett tunt lager torv i anslutning till leran. Lagret återfanns på ett djup av 1-2 m (WSP Sverige AB 2013 a).

För att utvärdera släntstabiliteten ner mot Rönne å har ytterligare tre CPT-sonderingar utförts. Dessa undersökningar har ännu inte utvärderats (Fredrik Stenfeldt muntligt 2013-05-08).

5.2 Dalby—Kv Pinnvången

WSP har fått i uppdrag av Lundafastigheter att genomföra en geoteknisk undersökning inför nybyggnation av en förskola i södra Dalby. Byggnaden kommer att byggas i ett plan och grundläggas med kryppgrund. Delar av byggnaden kommer att ha källare. Källarens golv beräknas vara 3 m under den övriga byggnadens golv när huset står färdigt (WSP Sverige AB 2013 b).



Fig. 8. Jordartskarta modifierad från © Sveriges geologiska undersökning (2014). Cirkeln markerar det undersökta området ungefärligt. Beteckningen älvsediment bör i detta fall tolkas som svämsediment. .

5.2.1 Geologi

Det undersökta området förväntades bestå av lermorän samt isälvsediment i form av sand. I närområdet återfinns även lerig sandig morän samt svämsediment i form av lera och silt (Fig. 8). I närheten av undersökningsområdet utgör morän hela jordlagerföljden, med en mäktighet av 16 m (Ringberg 1979). Berggrunden kring Dalby är komplex. Under byn dominerar gnejs och söder om byn består berggrunden av sedimentära glimmerrika bergarter. Berggrunden kring och under Dalby är genomsatt av flera spröda deformationszoner, dels i linje med Tornquistzonen NV/SO men även i andra riktningar. Dessa deformationszoner framträder främst i gnejsen (SGU 1988). Markytan inom det undersökta området har en svag lutning från nordost mot sydväst, med en något kraftigare lutning i de nordöstra delarna. Nivåskillnaden inom området har som mest uppmätts till 26 m (WSP Sverige AB 2013 b).

5.2.2 Geotekniska problemställningar

Området ska utredas för sättningar (STR och GEO). Hydrauliska problemställningar (HYD och UPL) kan uppstå om grundvattnet återfinns grunt under mark-

ytan. Om så är fallet måste källarväggarna och golvet dimensioneras för både jord- och vattentryck så att källaren säkras mot hydraulisk upplyftning (WSP Sverige AB 2013 b).

5.2.3 Undersökningsmetoder

Fältundersökningarna utfördes i två omgångar. Den andra undersökningen genomfördes då ytterligare information kring källarens placering framkommit. Under den första undersökningen användes följande metoder;

- CPT-sonderingar i nio punkter till ungefär 4 m djup. Dessa utfördes för att med hjälp av empiri erhålla jordens deformations och hållfasthets-egenskaper.
- Skruvprovtagning i nio punkter till ca 4 m djup, detta gav en bild av jordlagerföljden
- Grundvattenrör installerades i tre punkter. Nivåerna i rören uppmättes till mellan 1 och 1,7 m under markytan, undantaget torra rör

Det användes samma undersökningsmetoder under den andra undersökningen. Undersökningarna utfördes då till ett större djup. CPT-sonderingarna till 6,3 m och skruvprovtagningen till 6 m. Det installerades ytterligare tre öppna grundvattenrör. Två av dessa konstaterades torra, i det tredje uppmättes grundvattenytan till 4,2 m under marken.

Vid genomförandet av skruvprovtagningen togs totalt fyra stycken prover som skickades till laboratorium. På dessa prover utfördes rutinundersökningar. Proverna togs på ett maximalt djup av 4 m.

Fältundersökningarna visar på en jordlagerföljd bestående av mulldjord, lermorän och siltig lera. I vissa undersökningspunkter förekommer sand i anslutning till lermoränen. Lerskikt har återfunnits i lermoränen. Den relativa fastheten ökar neråt i både lermorän och sand. Skjuvhållfastheten bedöms vara hög till extremt hög i leran och lermoränen (WSP Sverige AB 2013 c).

Genom undersökningarna kunde jordprofilen och dess hållfasthets- och deformationsegenskaper erhållas samt grundvattenytans läge. Dessa egenskaper behövs för att kunna besvara problemställningarna.

5.3 Sjöbo—Väg 11

Längs väg 11 som löper mellan Veberöd och Sjöbo har geotekniska undersökningar utförts inför om- och nybyggnad i form av vägsträckor, viltport, dagvattenmagasin samt ledningar för dagvatten (WSP Sverige AB 2007).

5.3.1 Geologi

Vägsträckan går över Vombsänkan som domineras av issjösediment och isälvsavlagringar (Esko 1989). Dessa består av sand och grus avsatta av smältvatten från inlandsisen (Andréasson 2006). Det förekommer även partier med torv och gyttja inom sänkan. Längs Klingavälsån som rinner söder om det undersökta området finns mycket svämsediment i form av lera, silt och sand (Fig. 9) (Esko 1989).

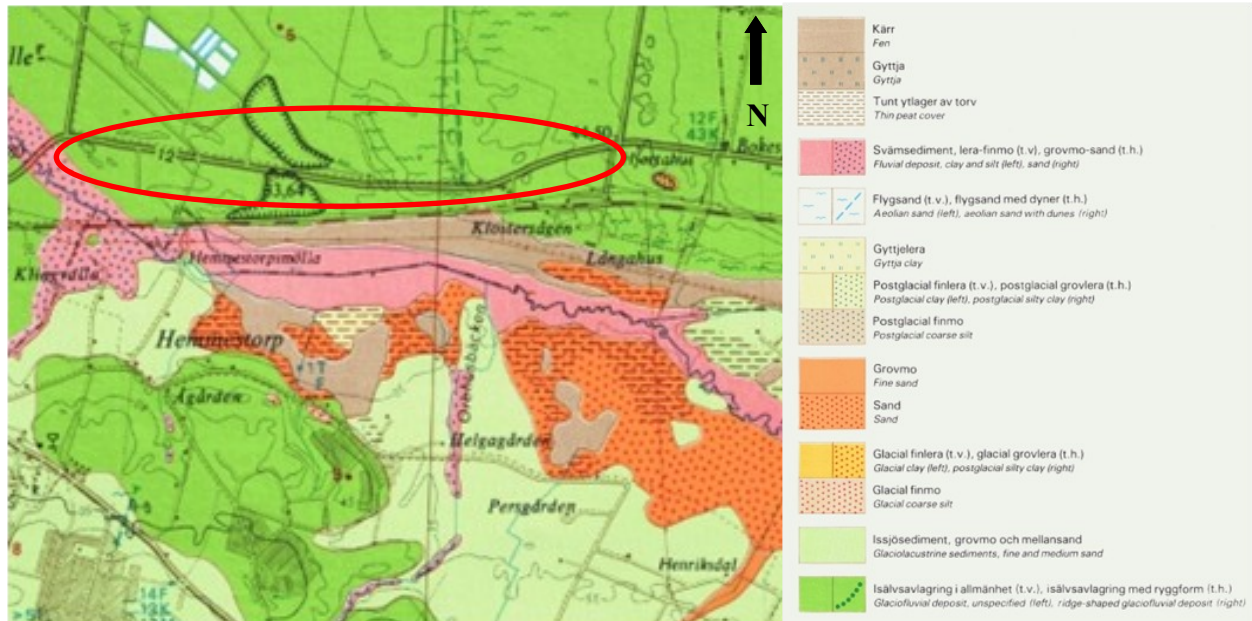


Fig. 9. Jordartskarta modifierad från Esko (1989). Ovalen markerar det undersökta området.

I förlängningen av det undersökta området, åt öster, har det i en punkt konstaterats att de översta 12 metrarna av jordprofilen består av friktionsjord underlagrat av 43 m kohesionsjord (Esko 1989). Berggrunden i området är sedimentär, främst i form av sand- och kalksten (SGU 1988).

5.3.2 Geotekniska problemställningar

Om organisk jord förekommer längs vägsträckan ska den skiftas ut så att inte för stora och snabba sättningar sker (STR och GEO). I samband med vägbygget ska dagvattenmagasin byggas. Dessa ska undersökas för hydraulisk upplyftning (UPL). Detta då grundvattnet på platsen förväntas stå högt delar av året. Underhåll av dammarna ska utföras när grundvattennivån står som lägst, under sommar och höst (WSP Sverige AB 2007).

5.3.3 Undersökningsmetoder

Vägsträckan mellan Veberöd och Sjöbo undersöktes i flera olika etapper. Sammantaget användes följande metoder;

- CPT-sonderingar utfördes i tolv punkter för att med hjälp av empiri kunna erhålla jordens deformations- och hållfasthetsegenskaper
- Skruvprovtagning utfördes i totalt fyrtio punkter för att få en bild av jordprofilen
- Provtagning i provgrop, gräv med spade, utfördes i arton punkter
- Öppna grundvattenrör installerades i sjutton punkter, utöver dessa mättes vattennivån i Klingavälsån. Grundvattenytan uppmättes till mellan 0,76 och 6,9 m under markytan i de olika rören. Vissa rör var torra vid samtliga mätningar. Vattenståndet i Klingavälsån fluktuerade 1,1 m under drygt 3,5 år

Rutinundersökningar i laboratorium utfördes på 26 prover. På 21 prover undersöktes även den organiska halten.

Undersökningarna visar på en jordprofil bestående av sand, bitvis grusig eller siltig. I vissa av de undersökta punkterna återfanns torv (WSP Sverige AB 2007).

Genom fältundersökningarna erhöles jordlagerföljden samt dess egenskaper vad gäller hållfasthet och deformation. Dessa resultat användes för att vidare utvärdera problemställningarna.

6 Resultat

6.1 Områdena

Resultaten presenteras områdesvis. Nedan presenteras vilken geologi som förväntades inom respektive område, vilka problemställningar som fanns och vilka metoder som användes för att undersöka respektive område. Vidare jämförs metodvalet med rekommendationer från SGF (2013). Även den förväntade geologin presenteras jämte den konstaterade.

6.1.1 Resultat Ängelholm

Det förväntades både kohesions- och friktionsjordar inom undersökningsområdet i form av sand, silt och lera.

Problemställningarna som grundats på förväntad geologi och blivande konstruktion var sättningsproblematik, då huset skulle komma att utgöra en stor ökad last på marken. Släntstabiliteten för hela området ner mot Rönne å ansågs även det vara ett problem.

Metoderna som använts för att undersöka området var;

- CPT-Sondering
- Hejarsondering
- Skruvprovtagning

- Vingborr
- Slagsondering
- Grundvattenrör

Enligt SGF (2013) är CPT- och hejarsondering, skruvprovtagning och vingborr väl anpassade för kohesionsjord. För friktionsjord lämpar sig undersökning med CPT-sondering och skruvprovtagning om provtagningen sker ovan grundvattenytan. Slagsondering och grundvattenrör kan användas oberoende av jordtyp.

Undersökningarna visade att det på platsen fanns en jordprofil bestående av mulljord, lerig silt, lera, bitvis varvig med silt, och förmodad morän. På ett fåtal ställen återfanns torv.

Geoteknikerna kunde med hjälp av de utförda metoderna ta fram de data som behövdes för att med efterföljande beräkningar utvärdera problemställningarna. Beräkningarna utfördes av konstruktörer.

Icke utvärderade sonderingar utfördes för att undersöka släntstabiliteten ner mot Rönne å.

6.1.2 Resultat Dalby

Geologin som förväntades var lermorän och isälvs sediment, främst i form av sand. Sand klassificeras som friktionsjord och lermoränen som kohesionsjord, då huvudbeståndsdelen är ler.

Problemställningarna på platsen bestod i sättningsproblematik och eventuell hydraulisk upplyftning.

Undersökningsmetoderna som valdes för att undersöka platsen var;

- CPT-sonderingar
- Skruvprovtagning
- Grundvattenrör

CPT-sondering lämpar sig väl i både kohesions- och friktionsjord. Sondering av morän kan kompliceras om den innehåller mycket block. Provtagning med skruv fungerar i de båda jordtyperna. Provtagning av friktionsjord utförs med fördel ovanför grundvattenytan (SGF 2013).

Jordprofilen som konstaterades på platsen bestod av mulljord, lermorän och siltig lera. Sand återfanns i vissa av de undersökta punkterna. Lermoränen innehöll bitvis lerskikt.

CPT-sonderingarna visade på ökande relativ fasthet mot djupet. Skjuvhållfastheten i lermoränen bedömdes utifrån försöken vara hög till extremt hög. De översta tre metrarna av jordprofilen uppvisade mycket skiftande resultat, vilket medförde stora skillnader i de härledda parametrarna.

Resultaten från undersökningarna var tillräckliga för att vidare beräkningar skulle kunna utföras och problemställningarna utvärderas. Beräkningarna utfördes även i detta fall av konstruktörer.

6.1.3 Resultat Sjöbo

Den förväntade geologin längs vägsträckan mellan Veberöd och Sjöbo var isälvsavlagringar i form av sand. Det förväntades således endast friktionsjordar inom området.

De geotekniska problemställningar som fanns grundades i förväntad geologi och aktuell konstruktion. Vägsträckan undersöktes främst för att kontrollera sättningsförhållandena. Områdena där dagvattendammarna planeras undersöktes med utgångspunkt i hydraulisk upplyftning.

Fältundersökningsmetoderna som användes för att undersöka området var;

- CPT-sonderingar
- Skruvprovtagning
- Provtagning med spade
- Grundvattenrör

Samtliga metoder fungerar väl i friktionsjord. Skruvprovtagningen kan försvåras om friktionsjord under grundvattenytan ska provtas (SGF 2103).

Med hjälp av de utförda metoderna och resultaten från dessa kunde beräkningar utföras för att utvärdera problemställningarna. De vidare beräkningar utfördes inte av geotekniker i detta fall utan av konstruktörer.

7 Tolkning och Diskussion

Det kan konstateras att geologisk kunskap är mycket viktig inom geotekniken. Skåne är en mycket exploaterad region där många geotekniska undersökningar har genomförts tidigare. Kan dessa undersökningar studeras innan starten av ett nytt projekt bör det göras då detta ger en god uppfattning om jordlagerföljden. Kanske är geologisk kunskap inom geotekniken ännu viktigare på platser som inte exploaterats på samma sätt som i Skåne. I ett område som inte är undersökt tidigare spelar den geologiska kunskapen större roll då det är denna förkunskap som den geologiska modellen till stor del grundas på. En ökad geologisk kunskap kan underlätta arbetsgången för geotekniker i Skåne men troligen ännu mer på oexploaterade platser.

Konstaterandet att geologisk kunskap är viktigt inom yrkesgruppen ska inte förringa den kunskap som geotekniker idag vanligen erhåller i sin utbildning. Ofta har de studerat ingenjörsteknik och har stora kunskaper inom detta område. Rapporten kan möjligen öppna för att det kan finnas flera vägar till yrket. En arbetsplats bör möjligen sträva efter att anställa både traditionellt utbildade geotekniker och geotekniker med geologisk bakgrund. En sådan grupp med geotekniker får tillsammans en bredare kunskapsbas än den traditionella.

7.1 Geologi

Det är tydligt att geologin spelar stor roll för en geoteknikerns arbetsgång. Den påverkar både de geotekniska problemställningarna och metodvalen. Den geologiska modellen som antas i början av ett projekt baseras idag vanligen på SGUs jordarts- och berggrundskartor samt eventuella tidigare projekt utförda i närområdet. Jordartskartorna ger en översiktlig bild av det översta jordlaget på platsen men ger ingen större information om bildningssättet. För att få denna information behöver kartbeskrivningen studeras, vilket vanli-

gen inte görs. Vilka jordarter som kan återfinnas på större djup är inget kartorna ger svar på. Detta gör det svårt för geotekniker utan geologisk kunskap att skapa en trolig geologisk modell över ett specifikt område. Har personen som ska skapa modellen möjlighet att studera jordlagerföljder från tidigare undersökningar kan det ge en säkrare bild av geologin i området. Det ska dock poängteras att geologi kan skifta mycket inom relativt begränsade områden. En studie av undersökningar i närområdet är ingen garanti för att geologin ser ut på samma sätt även på den aktuella platsen. Det är således mycket önskvärt att en geotekniker innehar geologiska kunskaper. Grundläggande kunskap kring olika jordarters bildningssätt och avlagringsmiljö skulle underlätta arbetet med att skapa geologiska modeller. Modellernas rimlighetsnivå skulle öka. De undersökningar som görs i kompletterande syfte till följd av att platsen har en icke förväntad geologi kan minskas. En minskning av dessa undersökningar hade minskat totalkostnaderna i projekten.

Hydrogeologin spelar, precis som lagerföljden, stor roll för ett projekts förlopp. En god geologisk kunskap och modell underlättar tolkningen av områdets hydrogeologiska förutsättningar. Den kan exempelvis innefatta akviferer och grundvattenytor. En tydlig hydrogeologisk modell underlättar placeringen av grundvattenrör och filtrens placering i vertikalled. I dagens läge tyder mycket på att den hydrogeologiska modellen i många fall inte prioriteras innan undersökningen. I takt med att undersökningar ger en bättre bild av geologin skapas det även en klarare bild av hydrogeologin. Med en god geologisk kunskap kan även den hydrogeologiska kunskapen förbättras.

I Ängelholm utfördes de geotekniska fältundersökningarna i två omgångar. Den första undersökningen var översiktlig och gav en god geologisk bild av området. Baserat på den undersökningen bestämdes var huset skulle placeras. Den andra undersökningen var en detaljundersökning som lokaliserades till den plats där huset skulle byggas. Den geologiska bild som skapades av området före undersökningarna baserades på jordartskartor. Det förväntades lera, silt och sand. Det som återfanns stämde till viss del med det förväntade. Inom området återfanns förutom dessa jordarter torv och förmodad morän. Att morän är det som underlagrar de övriga jordarterna är geologiskt troligt. Detta då morän troligen utgjort den tidigare markytan som, när området låg under havsytan, överlagrades av finare jordarter. Torven som återfanns låg på ett djup av 1-2 m i anslutning till leran. Torv bildas i fuktiga området ofta i anslutning till sjöar och vattendrag. En större geologisk kunskap hade troligen bidragit till en något annorlunda geologisk modell än den som antogs. Att morän skulle underlagra de finare jordarna och att torv möjligen skulle finnas inom området hade varit ett mycket troligt antagande att göra för en geolog. Kunskap om strandförskjutningen efter isavsmältningen och dess följder hade varit extra önskvärt i området kring Ängelholm.

Området som undersöktes i Dalby förväntades be-

stå av lermorän och sand. Detta antagande var främst baserat på jordartskartor. Fältundersökningarna visade på lermorän och bitvis sand men också siltig lera. Då sanden endast återfanns i ett fåtal undersökningspunkter kan det tänkas att det inom området finns en sandlins. I närområdet finns enligt jordartskarten svämsediment. Det kan vara dessa som återfinns även inom detta område i form av siltig lera. En djupare geologisk förkunskap hade möjligen kunnat bidra med en tydligare bild av området. När jordartskartorna studeras bör inte lagerföljden som antas begränsas till de jordarter som syns inom undersökningsområdet. Närområdet bör beaktas. Det är troligt att även dessa jordarter uppträder inom området även om det kan vara djupare ner i lagerföljden. En fördjupad geologisk kunskap kring de skånska moränerna hade varit önskvärt i detta fall.

Den geologiska modell som fanns över området mellan Veberöd och Sjöbo bestod av sand. Denna modell var, liksom de andra två, baserad främst på jordartskartor från SGU. Fältundersökningarna visade på en jordprofil som till stor del stämde med den förväntade. Sanden som påträffades var bitvis siltig eller grusig. Det konstaterades även förekomst av torv. Geologisk kunskap kring isdämda sjöar vid deglaciationen hade varit till stor hjälp vid skapandet av områdets geologiska modell. Den torv som återfunnits har troligen bildats i lågpunkter som delar av året stått fyllda med vatten. Bilden av området hade troligen varierat om kunskap kring områdets topografi och vegetation samt en ökad geologisk kunskap funnits. Det kunde bidragit till en bättre bild av de organiska jordarnas förekomst.

7.2 Geotekniska problemställningar

De fem problemställningar som geoteknikern utgår ifrån är starkt sammanlänkade med rådande geologi och hydrogeologi i kombination med planerad konstruktion. Den geologiska och hydrogeologiska modell som skapas i början av ett projekt avgör således vilka problemställningar som är aktuella. En felaktig modell kan leda till att felaktiga antaganden. God geologisk kunskap bidrar till att en trolig modell kan skapas över området. Visar fältundersökningarna på en annan lagerföljd än den förväntade får problemställningarna möjligen omformuleras. Detta kostar tid och pengar. I de tre studerade projekten har de antagna problemställningarna varit riktiga från början.

7.3 Metodval

Valet av metoder grundar sig precis som mycket annat inom geotekniken på rådande geologi och hydrogeologi. Hänsyn tas även till vilka problemställningar som finns och vilka data som behövs för att lösa dessa. Metoderna är anpassade till vilken typ av jord som ska undersökas och det är därför viktigt att den geologiska modellen överensstämmer med verkligheten. Skulle lagerföljden vara vitt skild från den förväntade kan valet av metoder behöva korrigeras. Framförallt bör

förväntningar kring kohesions- eller friktionsjord vara korrekta, då det ofta är efter dessa egenskaper metoderna är anpassade. Vetskap kring jordens konsolidering kan också avgöra valet av metoder. Vissa metoder kan inte utföras i för fasta jordar. Det är lättare att skapa en trolig geologisk och hydrogeologisk modell av området med ökad geologisk kunskap. Antaganden kring kohesions- och friktionsjordars förekomst förenklas även det med en ökad kunskap i geologi.

CPT-sondering är en metod som fungerar såväl i kohesions- som friktionsjordar. Detta är en egenskap som gör att den används mycket frekvent, vilket syns i de studerade projekten. Genomförandet av metoden försvåras om det är mycket sten och block i jorden och kan därför vara svår att genomföra i morän. Kan marken inte penetreras med en CPT-sond används de yngre sonderarna, hejarsondering och slagsondering.

Skruvprovtagning är även det en undersökningsmetod som används frekvent. Den har används i samtliga studerade projekt. Den används med framgång men är kanske inte alltid den bästa metoden för provtagning. På flera platser i Skåne återfinns friktionsjordar under grundvattenytan. Dessa kan vara svåra att provta med skruv då materialet lätt faller av denna. Inte heller provtagning med kolvprovtagare fungerar speciellt bra i friktionsjord under grundvattenytan.

Vad gäller undersökning med vinge används främst de danska vingarna. De är utvecklade i Danmark och väl anpassade även för skånska förhållanden, som i många fall påminner om geologin i Danmark. De svenska vingarna hade kunnat användas men när de danska fungerar väl finns ingen anledning att byta utrustning.

Installationen av grundvattenrör hade kunnat genomföras på ett annorlunda vis i samtliga tre projekt. En mer realistisk modell över geologin och hydrogeologin i det aktuella området hade underlättat utplaceringen av rören. Skapandet av den hydrogeologiska modellen hade förenklats genom studier av grundvattenkartor. Det är viktigt att tätning längs rören sker på ett riktigt vis så att två akviferers vatten inte sammanblandas. I de studerade projekten har de installerade grundvattenrören inte varit speciellt långa. Detta innebär att de troligen inte passerat flera akviferer. Ska längre rör installeras ökar chansen att fler akviferer passeras. Detta innebär att tätning längs rören blir viktigare. Hur lång tid mätningar av nivåerna i rören pågår varierar mellan olika projekt. Tiden mellan mätningarna varierar också denna mellan olika projekt. Det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra få mätningar under en kortare tid. Det kan däremot vara nödvändigt att genomföra mätningar under lång tid för att få en bättre bild av grundvattenytans fluktuation över tid. Detta medför en större kostnad i undersökningskedet men dessa pengar kan tjänas in om konstruktionen dimensioneras för rådande grundvattenförhållanden.

8 Slutsatser

I följande avsnitt besvaras i bästa möjliga mån problemställningarna från avsnitt 1.1 på ett kortfattat sätt.

Varför är geologisk kunskap viktig för en geotekniker?

Geologi är en viktig pusselbit i det geotekniska pusslet. Förståelse för lagerföljd och landskapshistoria leder till en bättre geologisk fältsyn. En sådan förståelse ger bättre förutsättningar för att skapa en trolig geologisk modell och underlättar arbetsgången. Den geologiska kunskapen ligger till grund för problemställningar och metodval i alla projekt.

Vad särskiljer Skåne från övriga Sverige i fråga om geologi, ur en geoteknikers synvinkel?

Skånes berggrund består både av kristallint och sedimentärt berg. Dessa båda typer återfinns på andra platser i Sverige men i Skåne är de samlade inom en liten yta. Kunskap kring de båda är därför nödvändigt. Jordarten som särskiljer Skåne från övriga Sverige är lermorän. Det är en morän som innehåller över 40% ler och som inte återfinns på många andra platser i landet. Lermoränen i Skåne är överkonsoliderad och mycket fast.

Vilken geologisk specialkunskap är viktig på de platser som studerats närmare?

Området kring Ängelholm har tidigare legat under havet. Mer kännedom om vilka jordarter som bildas och avlagras i den miljö som rådde är önskvärt. Vid Dalby möts nordostmoränen och den baltiska moränen. Kunskap om dessa båda vad gäller bildningssätt och materialinnehåll hade kunnat bidra positivt till undersökningen. En bredare kunskap kring issjösediment och dess bildningssätt hade varit önskvärt att en geotekniker besatt vid projektet som utfördes i Vombsänkan. I samtliga projekt hade bredare kunskap kring organiska jordarters bildningssätt och förekomst varit fördelaktigt.

Hur samspelar undersökningsmetod, geoteknisk problemställning och platsens geologi?

Dessa tre områden samverkar mycket tätt. Ändras förutsättningarna för en av dessa behöver även de andra två omprövas. En omprövning kan kosta både tid och pengar och bör i möjligaste mån undvikas. En korrekt bild av geologin underlättar val av problemställningar och undersökningsmetoder på ett sådant vis att arbetet optimeras.

Hade en annan geologisk förkunskap hos geotekniker kunnat utmytna i ett annat metodval?

När det gäller metodvalen i de studerade projekten hade en ökad geologisk kunskap hos geoteknikern förmodligen inte påverkat dessa nämnvärt. Förutsatt att geoteknikern var van att arbeta i Skåne. Skulle en geotekniker från en annan del av landet planera en undersökning i Skåne hade förmodligen andra undersökningsmetoder används. Metodvalen är inom geo-

tekniken starkt förankrade i tradition och vana. Generellt hade en bredare geologisk kunskap kunnat utmytna i andra beslut kring metoder. En geolog hade möjligen kunnat förutse andra geologiska miljöer och därmed sett nyttan av att använda andra metoder än vad kanske en geotekniker med annan förkunskap gjort.

9 Tack

Stort tack Dennis Overgaard för dejlig handledning. För att du hjälpt mig hålla fokus på mål och hållit min hand när det behövts. Dan Hammarlund, tack för bra handledning, kloka tankar och funderingar under arbetets gång. Ett stort tack riktas till alla som ställt upp och svarat på mina ständiga frågor och funderingar; Anna-Karin Jons, Jonas Törnell och Fredrik Stenfeldt bland andra.

10 Referenser

- Andréasson, P.-G., 2006: *Geobiosfären: en introduktion*. Studentlitteratur. 604 pp.
- Bernander, B. B., 1975: *Grundläggningsarbeten geoteknik*. Ingenjörslitteratur. 196 pp.
- Ekström, A. & Melhus, B., 1970: *Geoteknik I*. Hermods. 170 pp.
- Erlström, M., 2007: *Uppdaterad konceptuell geologisk modell för Helsingborg*. Sveriges geologiska undersökning. 41 pp.
- Esco, D., 1989: Jordartskartan 2D Tomelilla SV 1:250000 Ae nr 99. SGU
- Esco, D., 1975: Jordartskartan Höganäs NO / Helsingborg NV 1:50000. SGU.
- Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik., 2008: *IEG Rapport 2:2008, rev. IEG*. 28 pp.
- Larsson, R., 2008: *Jords egenskaper*. Statens geotekniska institut. 58 pp.
- Lindskog, G., 1970: *Handboken bygg - Geoteknik*. Bonniers boktryckeri. 603 pp.
- Malmö stad miljöförvaltning., 2000: *Malmö grundvattnen*. Malmö stad. 73 pp.
- Nilsson, T., 1970: *Grundkurs i kvartärgeologi*. Studentlitteratur. 107 pp.
- Pedersen, E. S., 2011: *Fundering af mindre bygninger*. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg. 162 pp.
- Ringberg, B., 1979: Jordartskartan 2C Malmö 1:50000 Ae nr 38. SGU.
- Stjärnberg, J., 2008: *Undersökning av sekantpålvägar som temporära och permanenta stödkonstruktioner vid Norra Länken*. Instruktionen för geovetenskaper, geotryckeriet, Uppsala universitet. 57 pp.

- Svenska Geotekniska Föreningen (SGF)., 2000: *Geotekniken i Sverige 1920-1945, SGF Rapport 1:2000*. SGF. 103 pp.
- Svenska Geotekniska Föreningen (SGF)., 2013: *Geoteknisk fälthandbok Rapport 1:2013*. SGF. 207 pp.
- Svenska Geotekniska Föreningen (SGF)., 1992: *Rekommenderad standard för CPT-sondering, SGF Rapport 1:93*. SGF. 26 pp.
- Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)., 1988: *Skånes Berggrund*. SGU.
- Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)., 2000: *Skånes jordarter 1:250 000*. SGU
- Vägverket., 1986: *Handledning för geotekniska beräkningar*. Vägverket. 115 pp.
- WSP Sverige AB., 2007: *Rapport geoteknisk undersökning, R/geo, Objekt 5258, Väg 11 vattenskydd Vomb*. WSP. 7 pp.
- WSP Sverige AB., 2009: *Rapport geoteknisk undersökning, R/Geo, Ängelholmshem, Kv Willan 7*. WSP. 5 pp.
- WSP Sverige AB, a., 2013: *NCC Construction Sverige AB, PM Geoteknik, projekteringsunderlag, Kv Willan - Nytt punkthus*. WSP. 15 pp.
- WSP Sverige AB, b., 2013: *Kv. Pinnvången, Dalby i Lund, PM Geoteknik, projekteringsunderlag, Ny byggnad av förskolan Påskagänet III, Handling 06.2.8*. WSP. 15 pp.
- WSP Sverige AB, c., 2013: *Kv. Pinnvången, Dalby i Lund, Markgeoteknisk undersökningsrapport (MUR), Nybyggnad av förskolan Påskagänet III, Handling 06.2.8*. WSP. 12 pp.

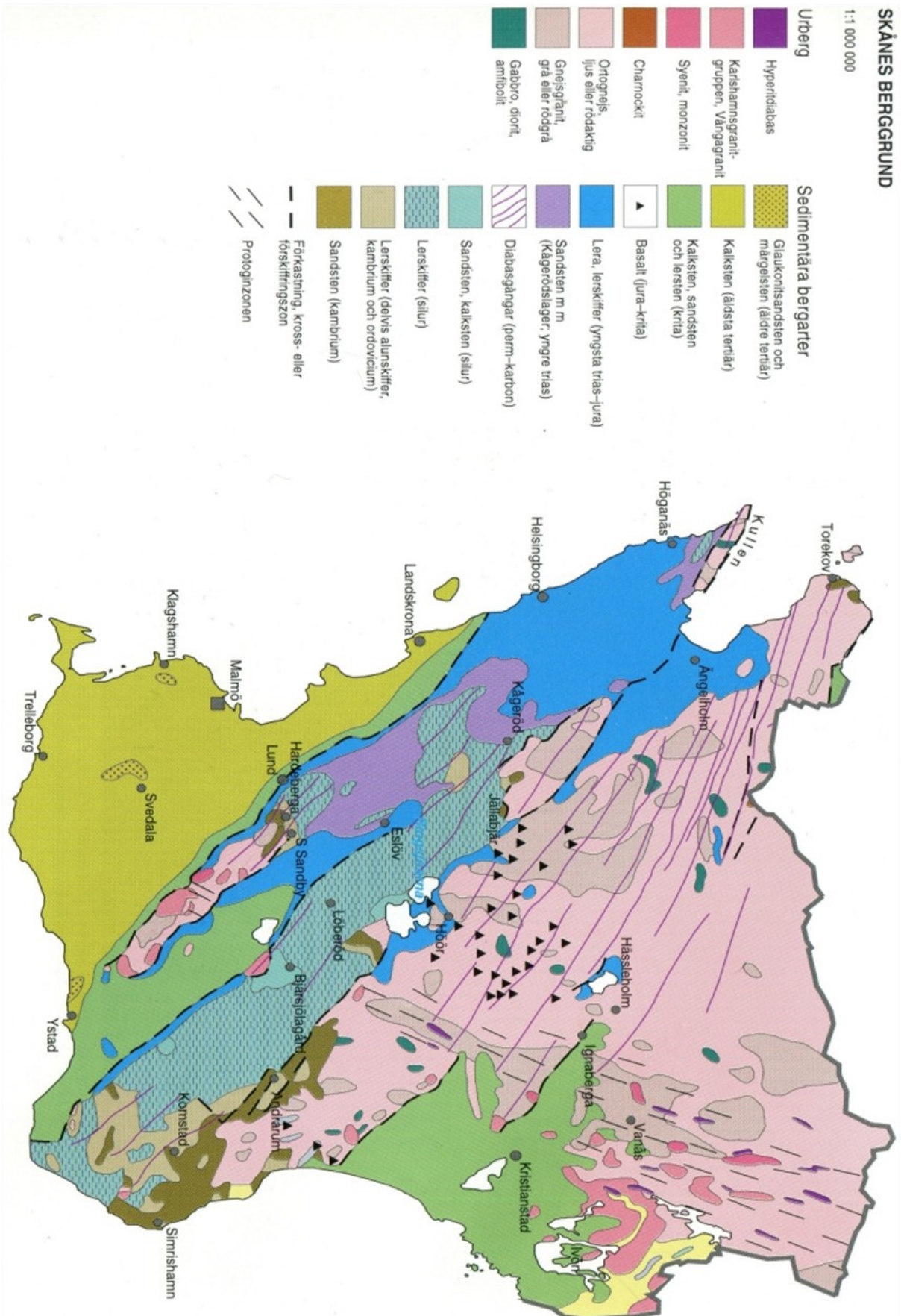
Muntliga källor

- Anna-Karin Jons, WSP Sverige AB, 2014-05-13
- Dennis Overgaard, WSP Sverige AB, 2014-04-04, 2014-04-30
- Fredrik Stenfeldt, WSP Sverige AB, 2014-05-08
- Jonas Törnell, WSP Sverige AB, 2014-04-07

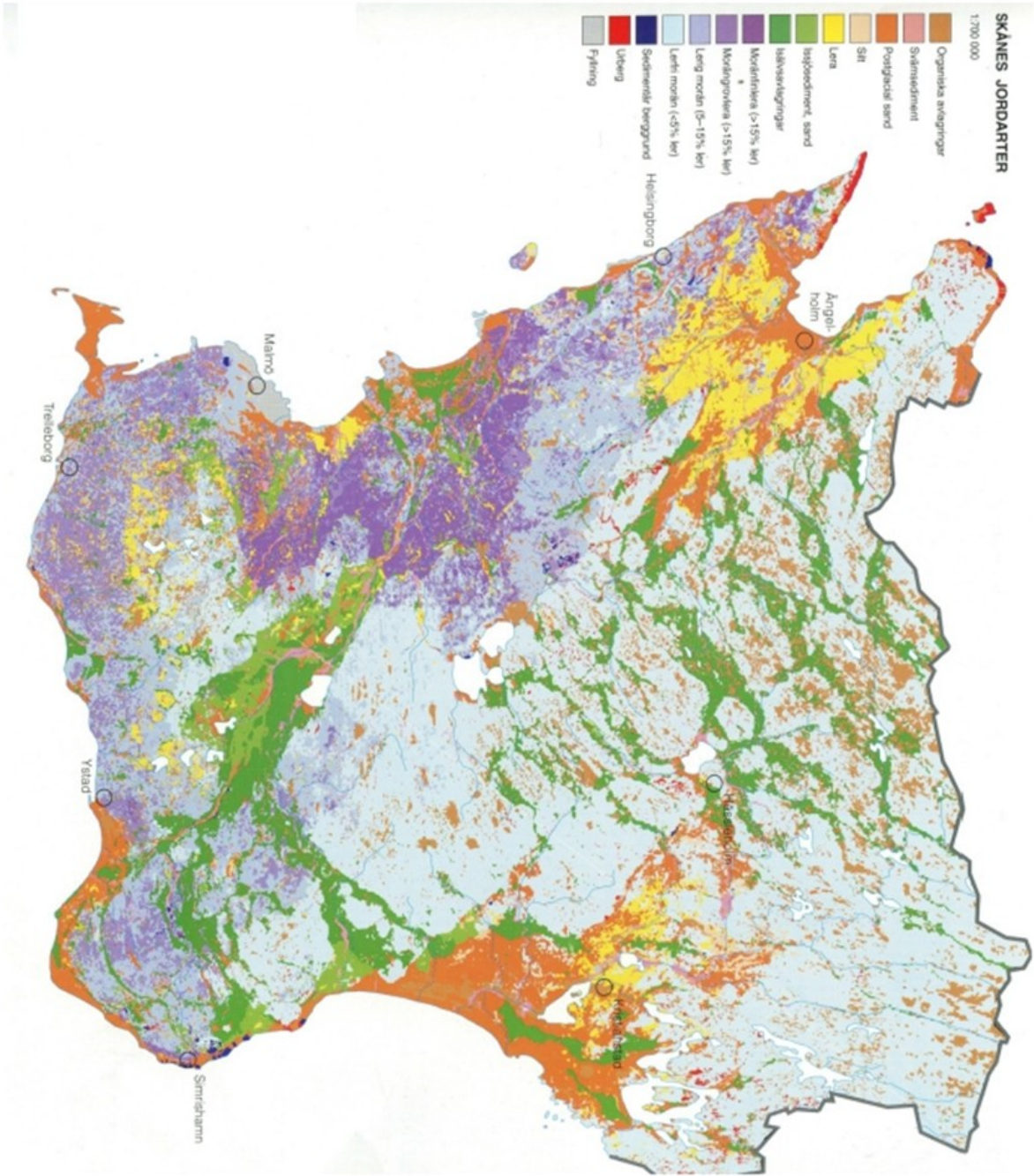
Bilder och bilagor

- Satellitbild över Skåne hämtad från www.hitta.se 2014-04-29.
- Jordartskarta över Dalby hämtad från SGUs kartgenerator, 2014-05-08.
- Jordartskarta över Ängelholm modifierad från Esco, D., 1975: Jordartskartan Höganäs NO / Helsingborg NV 1:50000. SGU.
- Jordartskarta över Sjöbo modifierad från Esco, D., 1989: Jordartskartan 2D Tomelilla SV 1:250000 Ae nr 99. SGU
- Jordarts- och bergrundskarta över Skåne, hämtad ifrån Germundsson, T., & Schlyter P., 1999: *Sveriges Nationalatlas över Skåne*. Uppsala. 184 pp.

Bilaga 1



Bilaga 2



Tidigare skrifter i serien

”Examensarbeten i Geologi vid Lunds universitet”:

340. Kihlén, Robin, 2013: Geofysiska resistivitet-mätningar i Sjöcrona Park, Helsingborg, under-sökning av områdets geologiska egenskaper samt 3D modellering i GeoScene3D. (15 hp)
341. Linders, Victor, 2013: Geofysiska IP-under-sökningar och 3D-modellering av geofysiska samt geotekniska resultat i GeoScene3D, Sjöcrona Park, Helsingborg, Sverige. (15 hp)
342. Sidenmark, Jessica, 2013: A reconnaissance study of Rävliiden VHMS-deposit, northern Sweden. (15 hp)
343. Adamsson, Linda, 2013: Peat stratigraphical study of hydrological conditions at Stass Mosse, southern Sweden, and the relation to Holocene bog-pine growth. (45 hp)
344. Gunterberg, Linnéa, 2013: Oil occurrences in crystalline basement rocks, southern Norway – comparison with deeply weathered basement rocks in southern Sweden. (15 hp)
345. Peterffy, Olof, 2013: Evidence of epibenthic microbial mats in Early Jurassic (Sinemurian) tidal deposits, Kulla Gunnarstorp, southern Sweden. (15 hp)
346. Sigeman, Hanna, 2013: Early life and its implications for astrobiology – a case study from Bitter Springs Chert, Australia. (15 hp)
347. Glommé, Alexandra, 2013: Texturella studier och analyser av baddeleyitomvandlingar i zirkon, exempel från sydöstra Ghana. (15 hp)
348. Brådenmark, Niklas, 2013: Alunskiffer på Öland – stratigrafi, utbredning, mäktigheter samt kemiska och fysikaliska egenskaper. (15 hp)
349. Jalnefur Andersson, Evelina, 2013: En MIFO fas 1-inventering av fyra potentiellt förorenade områden i Jönköpings län. (15 hp)
350. Eklöv Pettersson, Anna, 2013: Monazit i Obbhult-komplexet: en pilotstudie. (15 hp)
351. Acevedo Suez, Fernando, 2013: The reliability of the first generation infrared refractometers. (15 hp)
352. Murase, Takemi, 2013: Närkes alunskiffer – utbredning, beskaffenhet och oljeinnehåll. (15 hp)
353. Sjöstedt, Tony, 2013: Geoenergi – utvärdering baserad på ekonomiska och drifttekniska resultat av ett passivt geoenergisystem med värmeuttag ur berg i bostadsrättsföreningen Mandolinen i Lund. (15 hp)
354. Sigfúsdóttir, Thorbjörg, 2013: A sedimentological and stratigraphical study of Veiki moraine in northernmost Sweden. (45 hp)
355. Månsson, Anna, 2013: Hydrogeologisk kartering av Hultan, Sjöbo kommun. (15 hp)
356. Larsson, Emilie, 2013: Identifying the Cretaceous–Paleogene boundary in North Dakota, USA, using portable XRF. (15 hp)
357. Anagnostakis, Stavros, 2013: Upper Cretaceous coprolites from the Münster Basin (northwestern Germany) – a glimpse into the diet of extinct animals. (45 hp)
358. Olsson, Andreas, 2013: Monazite in meta-sediments from Stensjöstrand: A pilot study. (15 hp)
359. Westman, Malin, 2013: Betydelsen av raka borrhål för större geoenergisystem. (15 hp)
360. Åkesson, Christine, 2013: Pollen analytical and landscape reconstruction study at Lake Storsjön, southern Sweden, over the last 2000 years. (45 hp)
361. Andolfsson, Thomas, 2013: Analyses of thermal conductivity from mineral composition and analyses by use of Thermal Conductivity Scanner: A study of thermal properties in Scanian rock types. (45 hp)
362. Engström, Simon, 2013: Vad kan inneslutningar i zirkon berätta om Varbergscharnockiten, SV Sverige. (15 hp)
363. Jönsson, Ellen, 2013: Bevarat maginnehåll hos mosasaurier. (15 hp)
364. Cederberg, Julia, 2013: U-Pb baddeleyite dating of the Pará de Minas dyke swarm in the São Francisco craton (Brazil) - three generations in a single swarm. (45 hp)
365. Björk, Andreas, 2013: Mineralogisk och malmpetrografisk studie av disseminerade

- sulfider i rika och fattiga prover från Kle-
va. (15 hp)
366. Karlsson, Michelle, 2013: En MIFO fas 1-
inventering av förorenade områden: Kvar-
nar med kvicksilverbetning Jönköpings
län. (15 hp)
367. Michalchuk, Stephen P., 2013: The Säm-
fold structure: characterization of folding
and metamorphism in a part of the eclogite-
granulite region, Sveconorwegian orogen.
(45 hp)
368. Praszkie, Aron, 2013: First evidence of
Late Cretaceous decapod crustaceans from
Åsen, southern Sweden. (15 hp)
369. Alexson, Johanna, 2013: Artificial ground-
water recharge – is it possible in Mozam-
bique? (15 hp)
370. Ehlorsson, Ludvig, 2013: Hydrogeologisk
kartering av grundvattenmagasinet
Åsumsfältet, Sjöbo. (15 hp)
371. Santsalo, Liina, 2013: The Jurassic extinc-
tion events and its relation to CO₂ levels in
the atmosphere: a case study on Early Ju-
rassic fossil leaves. (15 hp)
372. Svantesson, Fredrik, 2013: Alunskiffern i
Östergötland – utbredning, mäktigheter,
stratigrafi och egenskaper. (15 hp)
373. Iqbal, Faisal Javed, 2013: Paleocology
and sedimentology of the Upper Creta-
ceous (Campanian), marine strata at Åsen,
Kristianstad Basin, Southern Sweden,
Scania. (45 hp)
374. Kristinsdóttir, Bára Dröfn, 2013: U-Pb, O
and Lu-Hf isotope ratios of detrital zircon
from Ghana, West-African Craton – For-
mation of juvenile, Palaeoproterozoic
crust. (45 hp)
375. Grenholm, Mikael, 2014: The Birimian
event in the Baoulé Mossi domain (West
African Craton) — regional and global
context. (45 hp)
376. Hafnadóttir, Marín Ósk, 2014: Under-
standing igneous processes through zircon
trace element systematics: prospects and
pitfalls. (45 hp)
377. Jönsson, Cecilia A. M., 2014: Geophysical
ground surveys of the Matchless Amphi-
bolite Belt in Namibia. (45 hp)
378. Åkesson, Sofia, 2014: Skjutbanors påver-
kan på mark och miljö. (15 hp)
379. Härling, Jesper, 2014: Food partitioning
and dietary habits of mosasaurs (Reptilia,
Mosasauridae) from the Campanian
(Upper Cretaceous) of the Kristianstad
Basin, southern Sweden. (45 hp)
380. Kristensson, Johan, 2014: Ordovicium i
Fågelsångskärnan-2, Skåne – stratigrafi
och faciesvariationer. (15 hp)
381. Höglund, Ida, 2014: Hiatus - Sveriges för-
sta sällskapsspel i sedimentologi. (15 hp)
382. Malmer, Edit, 2014: Vulkanism - en fara
för vår hälsa? (15 hp)
383. Stamsnijder, Joaen, 2014: Bestämning av
kvartshalt i sandprov - metodutveckling
med OSL-, SEM- och EDS-analys. (15
hp)
384. Helmfrid, Annelie, 2014: Konceptuell mo-
dell över spridningsvägar för glasbruksför-
oreningar i Rejmyre samhälle. (15 hp)
385. Adolfsson, Max, 2014: Visualizing the
volcanic history of the Kaapvaal Craton
using ArcGIS. (15 hp)
386. Hajny, Casandra Ett mystiskt
ryggradsdjursfossil från Åsen och dess
koppling till den skånska, krittida
ryggradsdjursfaunan. (15 hp)
387. Ekström, Elin, 2014: Geologins betydelse
för geotekniker i Skåne. (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen
Lunds universitet
Sölvegatan 12, 223 62 Lund