

# Närkes alunskiffer – utbredning, beskaffenhet och oljeinnehåll

***Takemi Murase***

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,  
kandidatarbete, nr 352  
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
2013



# **Närkes alunskiffer – utbredning, beskaffenhet och oljeinnehåll**

Kandidatarbete  
Takemi Murase

Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
2013

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Introduktion .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Metoder och syfte .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Närkes alunskiffer .....</b>	<b>7</b>
3.1	Utbredning och geologisk bakgrund .....	7
3.2	Litografi och biostratigrafi .....	7
3.3	Kerogen .....	7
3.4	Kemiskt och mineralogiskt innehåll .....	8
3.5	Historiskt nyttjande .....	8
3.6	Lager med högt oljeinnehåll .....	11
3.6.1	Metod och resultat .....	11
3.6.2	Total oljemängd .....	11
<b>4</b>	<b>Närkes alunskiffer - en oljesiffer? .....</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Slutsatser .....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Tack .....</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>18</b>

# Närkes alunskiffer – utbredning, beskaffenhet och oljeinnehåll

TAKEMI MURASE

Murase, T., 2013: Närkes alunskiffer – utbredning, beskaffenhet och oljeinnehåll. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 352, 19 sid. 15 hp.

**Sammanfattning:** Alunskiffern är en svart till mörkbrun lerskiffer av mellankambrisk till tidig ordovicisk ålder med ett högt organiskt innehåll. Skiffern innehåller också stora mängder spårelement och är känd för sitt höga innehåll av bland annat uran och pyritbundet svavel. Alunskiffers speciella sammansättning avspeglas i dess bildningsmiljö som antas sakna moderna analogier. Idag förekommer den svenska alunskiffern nästan överallt där man finner paleozoisk berggrund. Närkes alunskiffer har en mäktighet mellan 12,4 – 19,3 m och täcker en areal av c:a 120 km<sup>2</sup>. Två större förekomster hittas intill en nord-sydlig förkastningsbrant i väst respektive en öst-västlig förkastningsbrant i syd. Historiskt sett har Närkes alunskiffer nyttjats för framställandet av en rad olika råvaror, grundämnen och produkter. Under andra världskriget exploaterades delar av Närkes alunskiffer för att möta Sveriges behov av oljeprodukter. De relativt höga oljemängderna som delar av Närkes alunskiffer framkallar vid pyrolys har gjort att skiffern till stora delar klassificeras som en *oljeskiffer*. Kända uppgifter om mäktighet och oljehalt hos skiffers oljerika del som är utgöras av de tre biostratigrafiska zonerna *Ctenopyge flagellifera*, *Peltura acutidens* och *Peltura scarabaeoides* har möjligtgjort en kartläggning av mäktighet och oljehalt för de oljerika lagrena. Kartläggningen visar att störst mängd olja finns inom södra Närke i ett område kring Kvarntorp där man under andra världskriget bröt alunskiffern för framställandet av olja. En beräkning av den totala mängden olja hos alunskiffers oljerika del visar på en högre oljemängd jämfört med tidigare beräkningar.

**Nyckelord:** Närke, alunskiffer, oljeinnehåll

**Handledare:** Mikael Erlström och Per Ahlberg

**Ämnesinriktning:** Berggrundsgeologi

*Takemi Murase, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige.*

*E-post: gna10tmu@student.lu.se*

# The alum shales of Närke – distribution, properties and oil content

TAKEMI MURASE

Murase, T., 2013: The alum shales of Närke – distribution, properties and oil content. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 352, 19 pp. 15 hp (15 ECTS credits) .

**Abstract:** The alum shale is a black to dark brown shale of middle cambrian to early ordovician age and has a high organic content. Certain trace elements are also abundant and the shale is known for large amounts of uranium, and sulfur associated with pyrite. The unique constitution of the alum shale is reflected in its depositional environment which is assumed to lack any modern analogy. The Swedish alum shale is present in almost every place where paleozoic strata is preserved. In Närke the alum shale is 12.4–19.3 m thick and covers an area of approximately 120 km<sup>2</sup>, two major outliers are present near two major faults; a western going north-south and a southern going east-west. The alum shale of Närke has historically been used to produce raw materials, elements and products. During the WWII the alum shale of Närke was exploited because of oil shortages in Sweden. The relative high oil yield thru pyrolysis of parts of the alum shale in Närke has resulted in the classification of those parts as an *oil shale*. Known data of the thickness and oil yield of the oil rich parts of the shale have made it possible to map the thickness and oil content. The mapping shows that the highest amount of oil is present in the south of Närke, in the area where the alum shale was mined for oil during WWII. A calculation of the amount of oil in the oil rich parts shows higher amounts compared to earlier estimations.

**Keywords:** Närke, alum shale, oil content

*Takemi Murase, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden.  
E-mail: gna10tmu@student.lu.se*

# 1 Introduktion

År 1637 i Andrarum, Skåne, anlades det första svenska alunbruket (Eklund et al. 1961). Man hade funnit att en viss svartskiffer var särskilt lämpad för framställning av alun (kaliumaluminiumsulfat,  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ) och denna bergart benämndes sedermera i Sverige för alunskiffern. Skifferns karaktäristiska sammansättning och vida geografiska utbredning har bidragit till att den idag är mycket väl dokumenterad. Alunskiffern är beskriven under benämningen *The Alum Shale Formation* eller på svenska: *alunskifferformationen*. Den väl dokumenterade alunskiffersekvensen i Gislövshammar-2 borrhningen har av Buchardt et al. (1997) föreslagits som typsektion. Formationen är 80 m mäktig och visar här näst intill fullständig stratigrafisk representation av alunskifferformationen (Buchardt et al. 1997).

Alunskiffern är av mellankambrisk till tidig ordovicisk ålder och bildades i det epikontinentala hav som täckte stora delar av Baltica (Schovsbo 2001). Avsättningsområdet sträcker sig i nord-sydlig riktning från Finnmark i Nordnorge till Poland samt i väst-östlig riktning från Norge till St. Petersburg (Høyberget & Bruton 2012). I dag finns alunskiffer i nästan samtliga områden i Skandinavien där paleozoiska avlagringar förekommer. Ett band av äldre ordovicisk alunskiffer sträcker sig dessutom i öst in mot Estland och västra Ryssland (Nielsen & Schovsbo 2007). I Sverige förekommer alunskifferformationen på land i Skåne, Väster- och Östergötland, Närke, på Öland, utmed delar av fjällranden samt i sjön Hummeln i Kalmar (Hessland & Armands 1978). Alunskiffern förekommer även i svenska havsområden söder om Öland och i Gävlebukten (SIND 1978) (fig. 1). Alunskiffern är c:a 20 m mäktig (Andersson et al. 1985), extrema mäktigheter på 1 m och 130 m förekommer på norra Öland respektive i Kattegat (Buchardt et al. 1997). Den svenska alunskiffern är som mäktigast i Skåne med nästan 100 m (Andersson et al. 1985). Alunskifferformationen utgörs litologiskt till största del av svart till mörkbrun lerskiffer med högt organiskt innehåll (Thickpenny 1984). Grå lerskiffer, siltsten, och tunna lager av sandsten förekommer som underordnande inslag. Vidare är förekomster av orsten, kolm och svavelkis karaktäristiskt för alunskiffern (Andersson et al. 1985). Det finns ofta rikligt med fossil, framförallt från trilobiter i alunskiffern. Oftast är det mest fossil i orstenar och i mer karbonatrika skikt och lager (Thickpenny 1984). Fossilinnehållet har bidragit till en detaljerad biostratigrafisk indelning av alunskiffern, (fig. 2). Spårfossil förekommer sparsamt och är begränsade till formationens undre och övre del (Buchardt et al. 1994).

Det höga innehållet av bland annat kerogen, särskilda spårelement (speciellt: U, V, Mo, Ni och vissa REE) samt svavel utmärker alunskiffern bland andra svartskifferar (Andersson et al. 1985). De mest krogenrika delarna av formationen har ett TOC innehåll på upp till 25 % (Nielsen & Schovsbo 2007), i Sundius (1941) uppskattades det att alunskiffern i Närke samt i

Öst- och Västergötland tillsammans håller 360 av totalt 26 339 miljoner ton av världens skifferoljetillgångar. Uran- och svavelhalterna i alunskiffern är höga; upp till 7000 ppm (Buchardt et al. 1997) respektive TS upp till 12 % (Buchardt et al. 1994). Uranhalten är den största någonsin som uppmätts i en svartskiffer (Buchardt et al. 1997) vidare menar Eklund et al. (1961) att: ”alunskifferna utgör troligen de största potentiella svavelreserverna i världen”.

Alunskifferns beskaffenhet är delvis unik och speglar i många avseende dess bildningsmiljö. Balticas globala position (45-60°S) och de låga temperaturerna

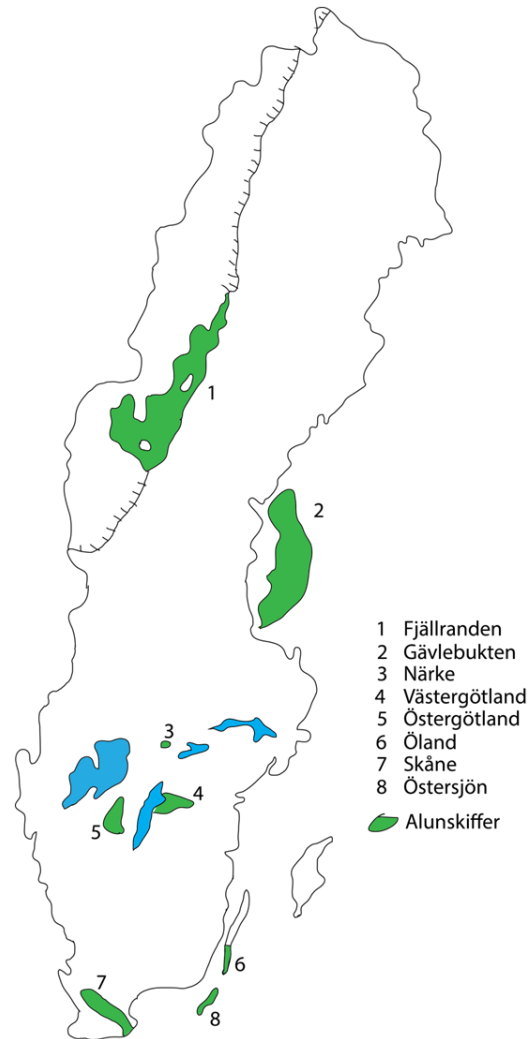


Fig. 1. Alunskifferförekomster i Sverige. Figur modifierad efter Hessland, I. & Armands, G. (1978).

kring dessa breddgrader anses som en förklaring till den stora avsaknaden av karbonatbergarter (Buchardt et al. 1997). Planlaminerade finkorniga sediment vittnar om en lågenergimiljö, förmodligen under vågbasen (Thickpenny 1987). De höga kerogenhalterna och avsaknaden av spårfossil tyder på anoxiska förhållanden under sediment-vatten gränsen, den anoxiska miljön har även utgjort ett gott substrat för svavelreducerande bakterier och resulterat i alunskifferns stora innehåll av svavel, mestadels bundet i mineralet pyrit/svavelkis

(FeS<sub>2</sub>). De höga halterna av spårelement kommer sig troligen av ett omfattande organiskt substrat tillsammans med en mycket låg sedimentationshastighet (1-10mm/1000år) hastigheter som är att likställa med nutid djuphavssedimentation (Buchardt et al. 1997). Recenta liknande avsättningsmiljöer som de som låg bakom bildningen av alunskiffern har inte kunnat påvisas (Thickpeny 1987).

I Sverige har alunskiffern exploaterats som råvara för framställandet av en rad olika produkter. Det kanske mest kända och som tidigare nämnts är alumsaltet som producerades i Sverige ända in på 1900-talet (Andersson et al. 1985). Andra produkter och råvaror som framställts under 1800- och 1900-talet är: rödfärg, olja och gas, uran, svavel och kväve (Hessland & Armands 1978). Ur naturressurssynpunkt är alunskiffern idag kanske mest intressant för dess potential som gaskälla. Mellan 2008 och 2011 genomförde företaget Shell borrhningar i Skåne med syfte att undersöka förekomsten av termiskt bildad gas i djupt liggande alunskifferlager i centrala Skåne. Undersök-

ningarna avslutades efter att man påvisat att där inte fanns några exploaterbara mängder gas i skiffern (Pool et al. 2012). Gas av biogen typ har däremot påträffats inom Öster- och Västergötlands, Närkes och Ölands alunskiffer – även om fyndigheterna anses vara små (SGU 2013) finns det företag som visar intresse för den biogena gasen, ett exempel är företaget Gripen gas AB som bedriver prospekteringsverksamhet och har idag flertalet prospekteringslicenser för Öland och Östergötland (Gripen gas 2013).

## 2 Metoder och syfte

Arbetet syftar till att ge en kort introduktion till den Svenska alunskiffern samt att närmare beskriva och kartlägga alunskiffern i Närke med speciell fokusering på dess oljeinnehåll. Arbetet baseras till stor del på studier av litteratur; text och kartmaterial. I ett försök till att kartlägga oljerika lager - dess mäktighet och oljeinnehåll - bearbetades delar av alunskifferns mäk-

ALUNSKIFFERNS BIOSTRATIGRAFI OCH GEOGRAFISKA FÖREKOMSTER I SVERIGE			BILLINGEN-FALBYGDEN	NÄRKE	ÖSTERGÖTLAND	SKÅNE	ÖLAND	JÄMTLAND	
ORDEVICUM (TREMADOC)	ZON	SUBZON							
	8	Ceratopyge	Aptokephalus serratus/ Tetragraptus phyllograptoides Shumardia/ Clonograptus heres						
7	Dictyonema	D. flab. anglicum & Anisograptus D. flab. norvegicum & Bryogr. kjerulfi Clonogr. tenellus & Adelogr. hunnebergensis D. flab. flabelliforme D. flab. sociale D. flab. desmograptoides	I		I			Present	
ÖVRE KAMBRIMUM	6	Acerocare						?	
	5	Peltura scarabaeoides	f Parabolina megalops e Parabolina lobata d Peltura scarabaeoides	I	I	I	I	I	
		Peltura minor	Peltura minor & P. acutidens b Ctenopyge angusta & C. flagellifera						
		Protopeltura praecursor	a Leptoplastus neglectus						
	4	Leptoplastus	e Leptoplastus stenotus d Leptoplastus angustatus c Leptoplastus ovatus & Eurycare latum b Leptoplastus raphidophorus a Leptoplastus paucisegmentatus						
	3	Parabolina spinulosa	b Parabolina spinulosa a Protopeltura aciculata & Par. brevispina						
	2	Olenus & Agnostus obesus	f Olenus scanicus e Olenus dentatus d Olenus attenuatus c Olenus wahlenbergi b Olenus truncatus a Olenus gibbosus						
1	Agnostus pisiformis	Agnostus pisiformis							
MELLERSTA KAMBRIMUM	Par. forch.	C3 Lejopyge laevigata							
		C2 Solenopleura brachymetopa							
		C1 Ptychagn. lundgreni & P. nathorsti							
	E. oel. paradox.	B4 Ptychagn. punctuosus							
		B3 Hypagnostus parvifrons							
		B2 Tomagn. fissu & Ptychagn. atavus B1 Ptychagnostus gibbus							
A1	A2 Eccaparadoxides oelandicus f. pinus								
	A1 Eccaparadoxides insularis							?	

Fig. 2. Alunskifferns biostratigrafi och geografiska förekomster. Figur modifierad efter figur 2 i Andersson et al. (1985).



tighet och oljeinnehåll i datormiljö med hjälp av programvaran Arcmap.

### 3 Närkes alunskiffer

#### 3.1 Utbredning och geologisk bakgrund

Kartmaterialet som presenteras i den här studien och beskrivningen av den paleozoiska berggrunden i Närke, i synnerhet alunskiffern, baseras på arbeten som utförts från sent 1800-tal fram till sent 1960-tal. Den svenska geologen och paleontologen Gustaf Linnarsson (1841-1881) gav 1875 ut en beskrivning över Närkes paleozoiska lager, år 1902 beskrevs dessa vidare i länsbeskrivningen (Blomberg och Holm 1902) (Lundegårdh & Fromm 1971; Lundegårdh et al. 1972; Lundegårdh et al. 1973). Ytterligare arbete med att kartlägga och bestämma stratigrafi och paleontologi hos Närkes paleozoiska lagerföljd utfördes av: Wiman (1905), Westergård (1922), Kulling (1925), Tjernvik m.fl. (1952,1956) (Lundegårdh & Fromm 1971; Lundegårdh et al. 1972; Lundegårdh et al. 1973). Westergård och Eklund inledde 1939 SGU:s arbete med systematiska borrhningar och undersökningar efter oljeskiffrar i Närke, resultaten av dessa publicerades av Westergård (1940, 1941). Dahlman fortsatte arbetet med att undersöka Närkes oljeskiffrar fram till slutet av 1950-talet och är upphovsman till en opublicerad rapport (Dahlman 1962) där han har sammanställt data från undersökning- och brunnsborrningar, denna publicerades 1962 (Andersson et al. 1985). Senare undersökningar utfördes år 1969 med två djupa kärnborrhningar västra i Närke (Lundegårdh et al. 1972).

Närkes paleozoiska berggrund vilar direkt på det subkambriska peneplanet och utgörs i stigande ordning av: underkambrisk sandsten, mellankambrisk lersten, alunskiffer och underordovicisk kalksten (Lundegårdh & Fromm 1971; Lundegårdh et al. 1972; Lundegårdh et al. 1973; Hessland & Armands 1978). Berggrunden överlagras, med få undantag där berget går i dagen, i hela Närke av kvartära sediment som i allmänhet är c:a 1 – 20 m mäktiga (Hessland & Armands 1978). Den paleozoiska berggrunden är begränsad av ett antal förkastningszoner som löper i N-S riktning i väst samt i Ö-V riktning i sydost och sydväst, vidare förekommer även ett antal mindre förkastningar i N-S och Ö-V riktning. Den förkastningsavgränsade paleozoiska berggrunden stupar svagt åt söder (Hessland & Armands 1978). Två större platåer av paleozoisk berggrund inklusive alunskiffern uppträder intill förkastningar i väst respektive i syd, dessa begränsas av erosiongränser i norr respektive öst (fig. 3 och fig. 4).

Alunskiffern uppvisar, baserat på sprickkartering av stenbrott, tre dominerande sprickriktningar där sprickorna är vertikala eller mycket branta; SSV-NNO, VNV-OSO och NV-SO. Vidare förekommer horisontella sprickor frekvent (Hessland & Armands 1978).

#### 3.2 Litografi och biostratigrafi

Alunskiffern i Närke omfattar ledet *P. Forchammeri* i slutet av mellersta kambrium, från *Solenoplura brachymetopa*, upp till övre kambrium med zonen *Peltura scarabaeoides* (Lundegårdh et al. 1973) (fig. 2). De överkambriska zonerna dominerar och särskilt väl representerade är zonerna: *Peltura scarabaeoides*, *Peltura acutidens* och *Ctenopyge flagellifera* (Andersson et al. 1985) (fig. 2). Mellersta kambrium med *P. Forchammeri* ledet är 1 m som mäktigast och saknas helt på vissa platser.

Den absoluta nedersta delen av alunskiffern utgörs av ett mycket tunt, ibland obefintligt, grusigt konglomerat och representeras av zonen *Solenoplura brachymetopa* – konglomeratet har fått namnet exporrectakonglomeratet efter brachiopoden *Oligomys exporrecta* (Eklund et al. 1961; Lundegårdh & Fromm 1971; Lundegårdh et al. 1972; Lundegårdh et al. 1973). Ovan exporrectakonglomeratet finner man zonen *Leipyge laevigata*, *Agnostus pisiformis*, *Olenus* och brachiopoden *Orusia lenticularis* (motsvarar *Parabolina spinulosa* (Terfelt et al. 2008)) som regel utgörs av 1,5–2 m mäktiga orstensbankar – den s.k. ”bottenorstenen” (Eklund et al. 1961; Hessland & Armands 1978; Andersson et al. 1985). Ovan bottenorstenen börjar den, för alunskiffern, karaktäristiska sekvens som till största del utgörs av mörka kerogenrika skiffrar med underordnade inslag av orstenar (c:a 15 % (Andersson et al. 1985)). De biostratigrafiska zonerna som utgör huvuddelen av denna övre del och ur ett praktiskt perspektiv bygger upp sekvensen är, nedifrån räknat: *Eurycare latum*, *Ctenopyge flagellifera*, *Peltura acutidens* och *Peltura Scarabaeoides* (Eklund et al. 1961; Lundegårdh & Fromm 1971; Lundegårdh et al. 1972; Lundegårdh et al. 1973; Hessland & Armands 1978). I den översta zonen med *Peltura Scarabaeoides* uppträder tre kolmhorisonter, och ytterligare ett orstenlager markerar alunskifferns slut (Hessland & Armands 1978) (fig. 5).

#### 3.3 Kerogen

Av Sveriges alunskifferområden är det skiffrarna i Närke som uppvisar de högsta kerogenhalterna (SIND 1978; Andersson et al. 1985). Ovan bottenorstenen kan skiffern delas in i två delar; den nedre med hög kerogenhalt och den övre med något lägre halt kerogen. Den nedersta delen omfattar zonerna *Ctenopyge flagellifera* och *Peltura acutidens* - halten kerogen i denna del är c:a 20-25% (Dahlman 1962; Hessland & Armands 1978). J.eklund i Eklund et al. (1961) menar emellertid att även *Eurycare latum* skall innefattas i denna nedre kerogenrika del – i detta sammanhang utesluts dock *Eurycare* efter indelningen av B. Dahlman i Dahlman (1962). Den övre delen som utgörs av zonen *Peltura scarabaeoides* håller en kerogenhalt på c:a 20 % (Eklund et al. 1961; Hessland & Armands 1978) (fig5).

Huvuddelen av kerogenet i alunskiffern har beskrivits som typ II, även om en underordnad mängd av kerogentyp III förekommer. Vidare har den termala

mognadsgraden hos kerogenet i Närkes alunskiffer bestämts utifrån vitritinereflektansen, VR. I Södra Närke, efter Buchard et al. (1994), har kerogenet ett VR-värde på 0,46 - 0,47%. Kerogenet kategoriseras som omoget – tillräckligt höga temperaturer har ej uppnåtts för bildandet av olja eller termisk gas. VR >0,5 vittnar om att sedimentet nått en temperatur på 60 C° och därmed förutsatts för bildandet av olja och

2) (Hessland & Armands 1978).

Uranhalten i de nedersta zonerna upp till *Ctenopyge flagellifera* zonen är låga, det är först zonen med *C. flagellifera* som uppvisar en hög uranhalt: 0,010 - 0,14 %. Med zonen *Peltura acutidens* ökar uranhalten något till 0,015 %. Alunskiffen i *Peltura Scarabaeoides* zonen uppvisar de högsta uranhaltarna; mellan dess nedre gräns till den understa kolmhorison-

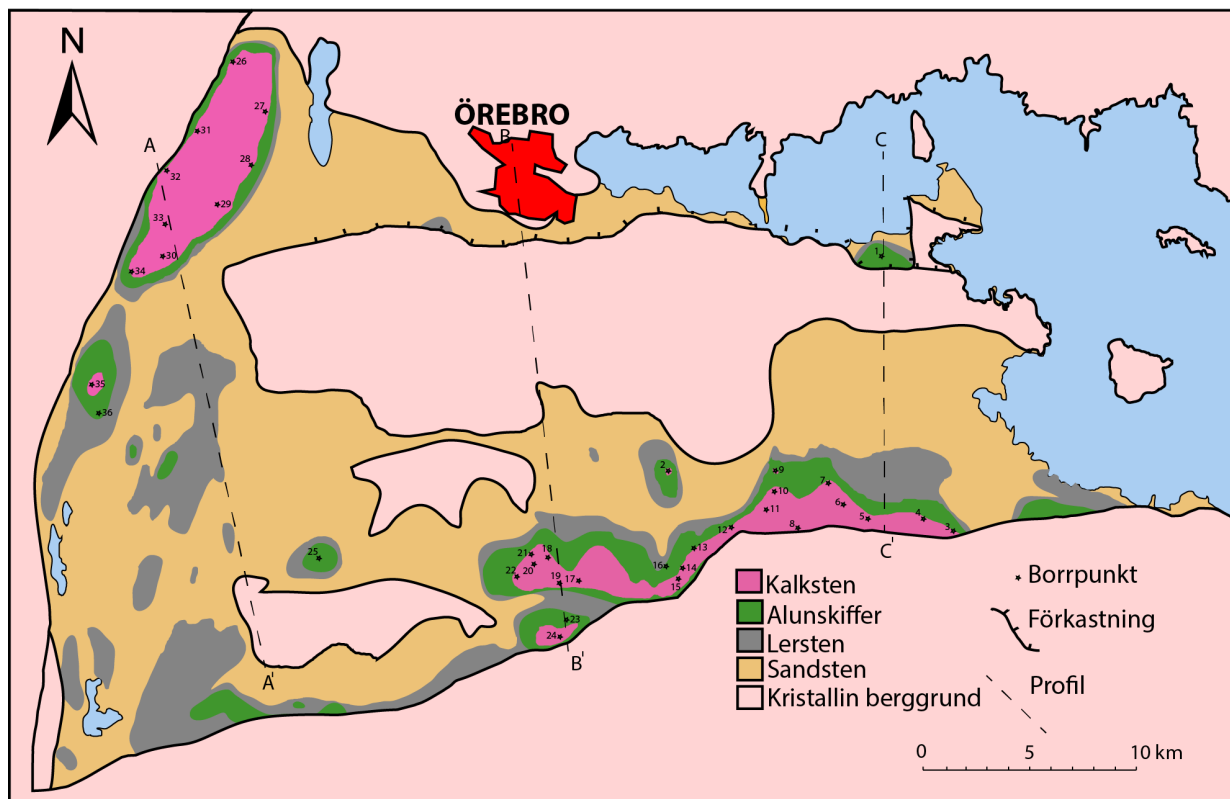


Fig. 3. Berggrundskarta över Närke med planläge för geologiska profiler (fig. 4). Uppgifter om mäktighet för borrpunkter ges i tabell 1. Två större förekomster av alunskiffen förekommer i anslutning till den västra respektive den södra förkastningsbranten; den västra platån och den södra platån. Alunskiffens mäktighet, så som den definieras i tabell 1, är som störst vid Hynneberg (borrpunkt 22: 19,3 m) och når ett minimum vid Filipshyttan (borrpunkt 26: 12,4 m). Alunskiffen inom den södra platån är som mäktigast i väst och avtar i mäktighet mot öst och inom den västra platån är alunskiffen mäktigast i syd och avtar i mäktighet mot nor. Alunskiffen överlagras av kalksten och kvartära avlagringar, kalkstenen är betydligt mäktigare inom den västra platån (tabell 1). Figur modifierad efter figur 12 i Andersson et al. (1985).

termisk gas. Under förhållanden med normal geotermisk gradient vittnar det om ett begravningsdjup som minst c:a 1,5 km.

### 3.4 Kemiskt och mineralogiskt innehåll

Den mineralogiska uppbyggnaden av Närkes alunskiffer domineras av: kvarts c:a 20-30 %, illit/muskovit c:a 12-24%, kaolinit c:a 3-4 % och pyrit c:a 10-15%. Vidare tillkommer karbonat i varierande grad, mest i anslutning till orstenar och tunna kalkstensskikt. Bariumsulfat och tungmineral (apatit, zirkon, titanit, rutil) förekommer i underordnad omfattning (Hessland & Armands 1978). Huvudelement Si, Al, Fe, Mg, Na och K uppvisar höga halter, mindre mängder Ti och P förekommer. Spårelementen U, V, Mo, Co, Ni, Cu, Zn, Pb och vissa REE förekommer också i stor mängd (tabell

ten ökar succesivt halten uran från 0,015 % till 0,030 %. Uranhalten i *P. scarabaeoides* zonen sjunker därefter till en andel på drygt 0,010 % i alunskiffens översta del (Dahlman 1962; Hessland & Armands 1978) (fig. 5).

### 3.5 Historiskt nyttjande

Alun (*kaliumpulver*,  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ). Alun har många applikationsområden. Inom industrin används alun bland annat vid bearbetning av textilier och vid framställning av olika färger. Det höga innehållet av pyrit, aluminium och kalium gör alunskiffen särskilt lämpad för framställning av alun. År 1765 anlades ett alunbruk vid Garphyttan som sedermera flyttades till Latorp i västra Närke (tabell 1, fig. 3). När det begav sig var alunet en av landets viktigaste ex-

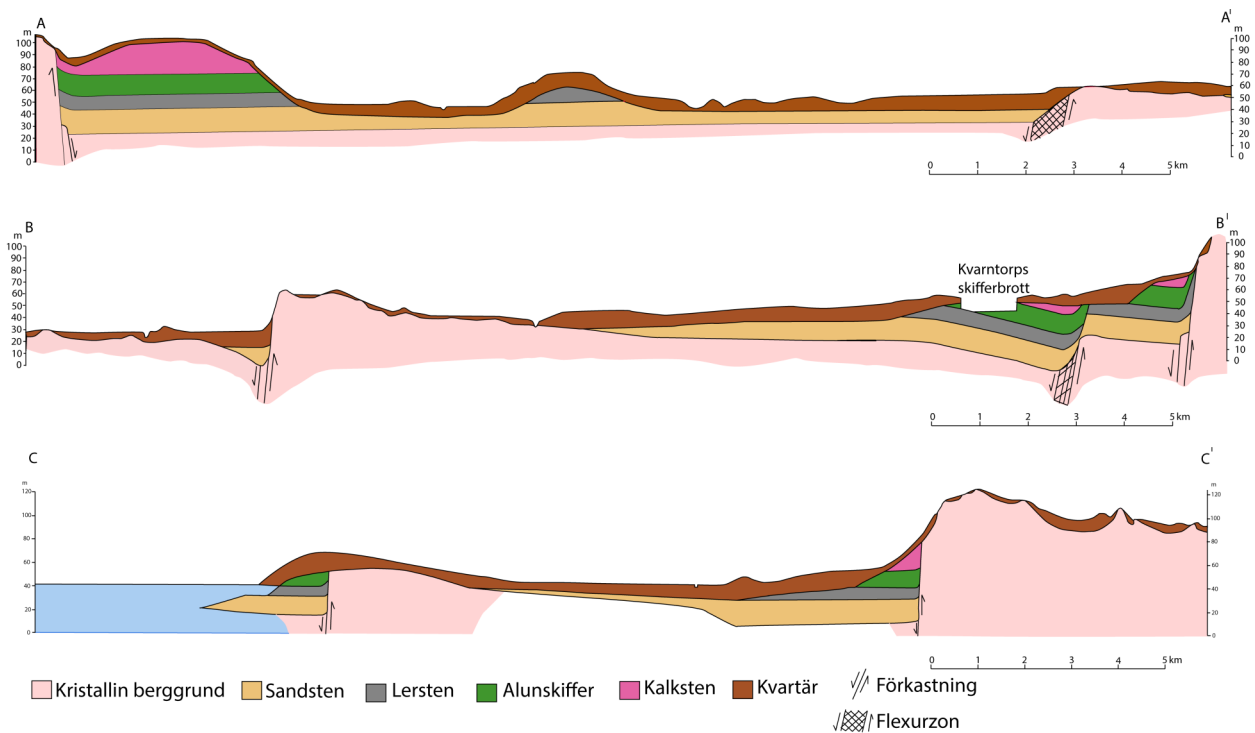


Fig. 4. Profiler genom Närke berggrund och ovanliggande kvartära avlagringar. Modifierade efter SGU:s berggrundsgeologiska och geofysiska kartblad, serie Af Nr 101 och 104.

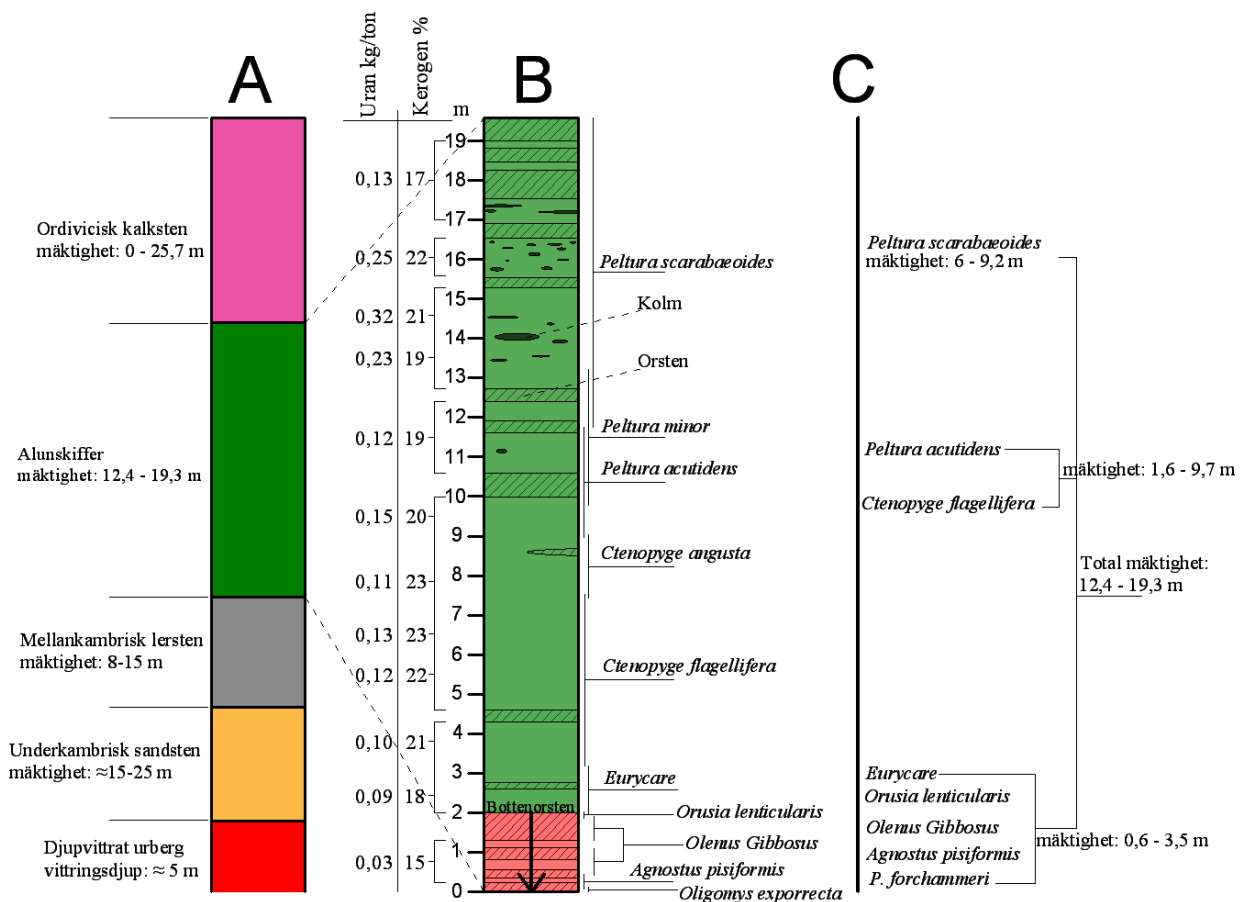


Fig. 5. A = Generell lagerföljd hos Närke berggrund (Hessland, I. & Armands, G., 1978). B = Borrprofil genom alunskiffern, borrhål utförd i Yxhult (tabell 1, fig. 3). Profilen visar kerogen- och uranhalt över borrhålet. Modifierad efter J. Eklund i Eklund et al. (1961). C = Generell indelning och mäktighet hos de olika biostratigrafiska zonerna och total mäktighet för alunskiffern i Närke efter uppgifter om mäktigheter ur tabell 1 (Dahlman, B. 1962; Hessland, I. & Armands, G., 1978).

Tabell 1. Urval av data från B.Dahlmans sammanställning av data från borrhningar som utförts i Närkes paleozoiska berggrund fram tills år 1961 (Dahlman 1962). U = *P. Forchhammeri* + *Agnostus pisiformis* + *Olenus* + *Orusia lenticulari* + *Eurycare latum*, F= *Ctenopyge flagellifera*, A= *Peltura acutidens*, S= *Peltura scarabaeoides*. Röda fält = minimum, Gröna fält = Maximum, - = värde saknas. Se figur 3 för borrhningarnas geografiska läge.

Borrhpunkt (ortsnamn)	Mäktigheter (m)									Oljehalt (%)		
	Alunskiffer						Ovan alunskiffern			F	A	S
	U	F	A	F+A	S	Tot	Kalksten	Kvartära avlagringar	Tot			
1(Stånger)	0.6	2.3	1.6	3.9	8.5	13	0	21.8	21.8	6.4	4.8	4.4
2 (Vrana)	3.1	2.7	2.8	5.5	6.7	15.3	2.46	2	4.46	6.5	5.5	3.9
3 (Vilhemsberg)	2.9	2.4	3.2	5.6	6.2	14.7	4.38	0	4.38	5.9	5.8	3.9
4 (Bunksäter)	3.5	2.9	3	5.9	6	15.4	5.93	1.2	7.13	-	-	-
5 (Tångsäter)	2.7	3	3	6	6	14.7	6.81	0	6.81	6.5	5.5	3.8
6 (Sand)	2.8	3.1	3.8	6.9	6.2	15.9	4.41	1.92	6.33	-	-	-
7 (Asker)	2.9	3	3.3	6.3	6.4	15.6	3.41	3.16	6.57	6.9	5.2	-
8 (Bernstorp)	3.2	3.1	3.3	6.4	6.2	15.8	5.37	3.3	8.67	-	-	-
9 (Menigasker)	2.8	3	3.4	6.4	6	15.2	0.44	2.6	3.04	7.2	5.5	-
10 (Lundby)	3.2	3.2	3.3	6.5	6.3	16	3.46	2.15	5.61	-	-	-
11 (Köpsta)	3.2	3.5	3.2	6.7	6	15.9	8.25	1	9.25	6.2	5.4	4.0
12 (Skruke)	3	3.6	3.1	6.7	6	16.7	10	4.09	14.09	-	-	-
13 (Testa)	2.1	3.6	3.4	7	6.5	15.6	3.55	4	7.55	6.6	5.4	4.0
14 (Ösby)	1.7	3.8	3.3	7.1	6.7	15.5	18	4.48	22.48	6.5	5.6	4.1
15 (Siggetorp)	1.4	4.1	3.4	7.5	6.7	15.6	8.22	6.65	14.87	-	-	4.0
16 (Tarsta)	1.7	4.3	3.1	7.4	6.8	15.9	0	3.4	3.4	6.7	5.7	-
17 (Sörsäter)	1.5	5.5	3	8.5	7.5	17.5	5.9	3.5	9.4	-	-	-
18 (N. Mosby)	1.5	5.9	3.1	9	7.1	17.6	8.04	-	-	-	-	-
19 (Helgholmen)	1.5	5.9	3	8.9	7.5	17.9	15.75	6.09	21.84	-	-	-
20 (Yxhult)	1.3	5	3.2	8.2	7.8	17.3	-	0	-	6.5	5.6	4.5
21 (Hällabrottet)	2.6	5.4	2.8	8.2	8.3	19.1	3.75	0.4	4.15	-	-	-
22 (Hynneberg)	2.9	5.6	2.9	8.5	7.9	19.3	4.3	1.4	5.7	6.5	5.2	4.7
23 (Tynninge)	1.5	-	-	-	6	-	0	0	0	-	-	3.5
24 (Bresätter 6)	2.1	6.9	2.8	9.7	6.4	18.2	1.22	1.7	2.92	5.8	4.3	4.0
25 (Julsta)	2.7	7.0	2.4	9.4	-	-	0	3.31	3.31	-	-	-
26 (Filipshyttan)	2.2	0.8	0.9	1.7	8.5	12.4	25.7	10.55	36.25	6.0	4.6	4.0
27 (Örsta)	2.5	1.1	0.5	1.6	9.2	13.3	5.35	0.85	6.2	6.4	-	4.6
28 (Latorp)	2.3	1.7	0.9	2.6	8.3	13.2	4.25	0.2	4.45	-	-	-
29 (Rastorp)	2.2	2	1.4	3.4	8.4	14	21.64	0.95	22.59	-	-	-
30 (Lanna)	2.3	2	1.7	3.7	7.9	13.9	1.9	0	1.9	-	-	-
31 (Garphyttan)	2.3	1.5	1.3	2.8	9	14.1	15.77	17.32	33.09	-	-	-
32 (Lannafors)	3.2	2	1.4	3.4	8.8	15.4	14.05	1.45	15.5	-	-	-
33 (Elgkärr)	2.7	2.2	1.2	3.4	7.9	14	20.02	4.5	24.52	5.3	5.3	4.0
34 (Hidinge)	1.8	2.8	2.7	5.5	8.4	15.7	7.35	3	10.35	-	-	-
35 (Sanna)	-	3.4	5.6	9	8.9	-	5.2	0.5	5.7	5.9	4.4	-
36 (Fjugesta)	-	5.5	3.9	9.4	6	-	0	1.7	1.7	5.4	4.1	3.4

portprodukter. Alunbruket vid Latorp lades ned år 1869 (Lundegårdh & Fromm 1971; Hessland & Armands 1978)

*Olja och gas.* Närkes alunskiffer uppmärksammades i samband med den knappa tillgången av oljeprodukter i Sverige under andra världskriget. År 1941 bildades det Svenska Skifferoljebolaget och det byggdes en oljeutvinningsanläggning vid Kvarntorp i södra Närke (fig. 3, fig. 4). Anläggningen sattes i drift 1942 och innebar ett viktigt tillskott till Sveriges bränsleförsörjning under andra världskriget. Förutom bensin, eldningsolja och gasol producerades här även svavel, kväve och ammoniak av de restprodukter som uppstod. Efter krigstiden blev produktionen inte längre lönsam – importvaror blev allt billigare – och 1966,

efter en tid av misslyckade rationaliseringsförsök, upphörde skifferoljaframställningen i Kvarntorp. (Lundegårdh & Fromm 1971; Hessland & Armands 1978)

*Uran.* År 1953 startade AB Atomenergi en verksamhet för utveckling av produktionsmetoder för anrikning av uran. Verksamheten placerades i anslutning till oljeproduktionen vid Kvarntorp och man experimenterade bland annat på metoder att skilja den uranrika kolmen från omliggande skiffer och orsten – något man tidigare var tvungen att göra för hand. Verksamheten lades ned 1966 och man hade producerat 50 ton uran (Lundegårdh & Fromm 1971; Hessland & Armands 1978; Museét 2013).

*Kalkbränning och lättbetong.* I slutet av 1700-talet

började man i Närke använda alunskiffern som bränsle för tillverkning av osläckt kalk. Kalkbränning med alunskiffern bedrevs i Närke i stor omfattning under första världskriget och har successivt minskat i föreelse fram till idag då den helt upphört. Kvar ligger ofta den så kallade rödfyren i form av högresta avfallshögar – rödfyr är det fasta material som blir kvar av alunskiffern efter det brunnit (Lundegårdh & Fromm 1971; Hessland & Armands 1978). Osläckt kalk och skifferaska har även använts som huvudingredienser

dessas områden 68,3 km<sup>2</sup> av den totala alunskifferarealen 125,7 km<sup>2</sup> (beräknade värden). Områden där alunskiffern saknar överlagrande kalksten och utsatts för ytterligare erosion är uppgifter om mäktighet och oljeinnehåll knappa och därmed svårberäknade.

### 3.6.1 Metod och resultat

Beräkning och kartläggning av mäktighet och oljehalt har utförts med hjälp av datorprogrammet Arcmap. Resultatet presenteras i kartformat nedan och är inter-

Tabell 2. A) Provpunkt: Bresätter (tabell 1, fig. 3), analys av skifferaska från 26 styckna intervall, å c:a 50-80cm, av borrhålet . B) Provtagning av den södra alunskifferplatån (fig. 3) (Dahlman 1962; Hessland & Armands 1978).

A		B			
Kemiska föreningar efter analys av skifferaska (genomsnittligt värde över hela skiffern)		Huvud- och spårlement (genomsnittligt värde över hela skiffern, 15% orsten borträknad)			
SiO <sub>2</sub>	54,7 %	Al	6,5 %	Cu	200 g/t
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,3 %	K	3 %	Ni	200 g/t
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,2 %	Mg	0,5 %	Zn	200 g/t
MgO	1,3 %	P	0,08 %	Co	100 g/t
CaO	1,4 %	S	7 %	Cr	100 g/t
Ti <sub>2</sub> O	0,9 %	U	150 g/t	Zr	100 g/t
K <sub>2</sub> O	4,9 %	V	500 g/t	REE	100 g/t
Na <sub>2</sub> O	0,3 %	Mo	200 g/t	Pb	50 g/t

vid tillverkning av gasbetong – byggelement med låg densitet. Tillverkning av gasbetong låg bland annat vid Kvarntorp, men med kunskapen om kopplingen mellan uran, radon och hälsa kom denna typ av produkt att ersättas av andra material. Och således upphörde produktionen av gasbetong (Lundegårdh & Fromm 1971; Hessland & Armands 1978; Buchardt et al. 1994).

### 3.6 Lager med högt oljeinnehåll

Med hjälp av pyrolys av alunskiffern erhålles bland annat en relativt hög andel råolja. Alunskiffers oljehalt eller oljemängd avser alltså den råolja som kan produceras med hjälp av pyrolysen. Oljehalten i Närkes alunskiffer varierar med olika biostratigrafiska zoner. Halten olja hos zonerna *Ctenopyge flagellifera*, *Peltura acutidens* och *Peltura scarabaeoides* håller tillsammans merparten av alunskiffers oljemängd pga. relativt höga oljehalter, relativt stora mäktigheter och deras geografiska utbredning (Dahlman 1962; Hessland & Armands 1978).

Uppgifter om mäktighet och oljehalt hos zonerna *Ctenopyge flagellifera*, *Peltura acutidens* och *Peltura scarabaeoides*, hämtade ur tabell 1, är som bäst representerade där alunskiffern överlagras av kalksten (tabell 1, fig. 3). Presentation, nedan, av mäktighet och oljeinnehåll hos zonerna *Ctenopyge flagellifera*, *Peltura acutidens* och *Peltura scarabaeoides* avser därför endast de områden där alunskiffern är fullt utvecklad och överlagras av kalkstenen. Dessa områden inkluderar de kalkstensbetäckta områdena inom: den västra platån, den södra platån samt områden vid borrhpunkt 24 och borrhpunkt 35 (fig. 3). Sammantaget motsvarar

polationer som baseras på uppgifter om mäktighet och oljehalt ur tabell 1. De resulterande rastera byggs av: kolumner: 1325, rader: 855 och med cellstorlek: 44 · 44 m.

Mäktigheterna  $h_f$ ,  $h_a$  och  $h_s$  som svarar mot mäktigheten hos zonerna *Ctenopyge flagellifera*, *Peltura acutidens* respektive *Peltura scarabaeoides* ges av figurerna 6-8 och den totala mäktighet för de tre zonerna,  $h_{fas}$ , ges av figur 9. Oljehalterna  $O_f$ ,  $O_a$  och  $O_s$  som svarar mot oljehalterna hos zonerna *Ctenopyge flagellifera*, *Peltura acutidens* respektive *Peltura scarabaeoides* ges av figurerna 10-12 och oljehalten för  $h_{fas}$ ,  $O_{fas}$ , ges av figur 13. Vidare ges mängden olja,  $OM_{v/m^2}$ , uttryckt i ton/m<sup>2</sup> för  $h_{fas}$  av figur 14 och beräkning av den totala mängden olja för aktuellt område,  $OM_{tot}$  (ton), ges under rubrik 3.6.2.

### 3.6.2 Total oljemängd

Den totala mängden olja,  $OM_{tot}$  (ton), för den aktuella arealen beräknas enligt:

$$OM_{tot} = (OM_{t/m^2})_m \cdot A$$

Där  $(OM_{v/m^2})_m$  är medeltalet för  $OM_{v/m^2}$  (fig. 14) och  $A$  (m<sup>2</sup>) är arean för det aktuella området. Den totala oljemängden vid,  $(OM_{v/m^2})_m = 1,5$  och  $A = 68,3 \cdot 10^6$ , är:

$$OM_{tot} = 1,5 \cdot 68,3 \cdot 10^6 \approx 102 \cdot 10^6$$

## 4 Närkes alunskiffer – en oljeskiffer?

En absolut beskrivning av vad en oljeskiffer är förekommer inte. Generellt definieras en oljeskiffer som en finkorning sedimentär bergart som genom pyrolys frambringar *tillräcklig mängd* olja (Dyni 2005; Altun et al. 2006; Council 2010). I allmänhet förutsätts det även att en oljeskiffer ska ha en ekonomisk lönsamhet vid utnyttjande av denna som naturresurs, den ekonomiska vinningen kan komma genom olja, gas eller eldningsbränsle (Council 2010). Oljeskiffern bär tillräcklig mängd olja om denna mängd potentiellt innebär ett ekonomiskt motiv till exploatering av förekomsten. Denna mängd olja hos skiffern ligger i allmänhet någonstans mellan 100 och 200 l/ton. Lägre krav för oljeinnehållet förekommer dock. Den Amerikanska motsvarigheten till SGU har föreslagit ett oljeinnehåll >40 l/ton som tillräcklig (Dyni 2005).

Den totala mängden olja från världens alla oljeskiffrar har ännu inte bestämts med någon större säkerhet pga. att många förekomster ej är tillräckligt undersökta. Konservativt beräknat uppgår världens skifferolja idag till 4,8 trillioner fat (1 fat  $\approx$  159 l) – i beräkning upptas endast förekomster av oljeskiffrar som över en överskådlig framtid kan tänkas exploateras, förekomster som exempelvis är allt för djupbelägna eller på andra sätt är oexploaterbara har ej beaktats (Council 2010).

Ända sedan 1600-talet har oljeskiffrar varit föremål för exploatering, men denna har dock begränsas till ett fåtal länder av den mindre kostsamma produktionen av konventionell olja. Sex länder - Tyskland, Kina, Ryssland, Estland, Brasilien och Skottland - har till största del stått för skifferoljeproduktionen sedan 1880-talet. År 2000 producerade dessa länder tillsammans c:a 16 Mton skifferolja, ungefär en tredjedel utav årsproduktionen då den var som störst – år 1981 (Dyni 2005; Council 2010). Produktion av skifferolja har än mer på senare tid begränsats av produktionskostnaden av den konventionella oljan. År 2008 producerade Brasilien, Kina och Estland tillsammans, som de enda producenterna i världen, 0,93 Mton skifferolja. Samtidigt uppgick världens alla producerbara skifferoljetillgångar till 689 277 Mton (Council 2010).

Statens offentliga utredningar uppger i Handelsdepartementet (1957) att 1,7 Gton oljeskiffer föreligger inom Närke. Vidare beräknas att 85 Mton olja är utvinningsbar och det genomsnittliga oljeinnehållet hos skiffern är 5 % (c:a 55 l/ton) (Handelsdepartementet 1957). År 2006 utkom en sammanställning över världens oljeskiffertillgångar publicerad av bland andra den Amerikanska motsvarigheten till SGU, i sammanställningen där bland andra den svenska alunskiffern ingår står det uttryckligen: ”denna sammanställning fokuserar på större förekomster av oljeskiffrar som är föremål för exploatering eller har de bästa förutsättningarna för detta pga. dess storlek och kvalitet” (Dyni 2005). Totalt redovisades 409 000 Mton i skifferoljetillgångar världen över -

den svenska skifferoljan utgör 875 Mton utav dessa varav Närkes oljeskiffer tillskrivs 85 Mton (Dyni 2005).

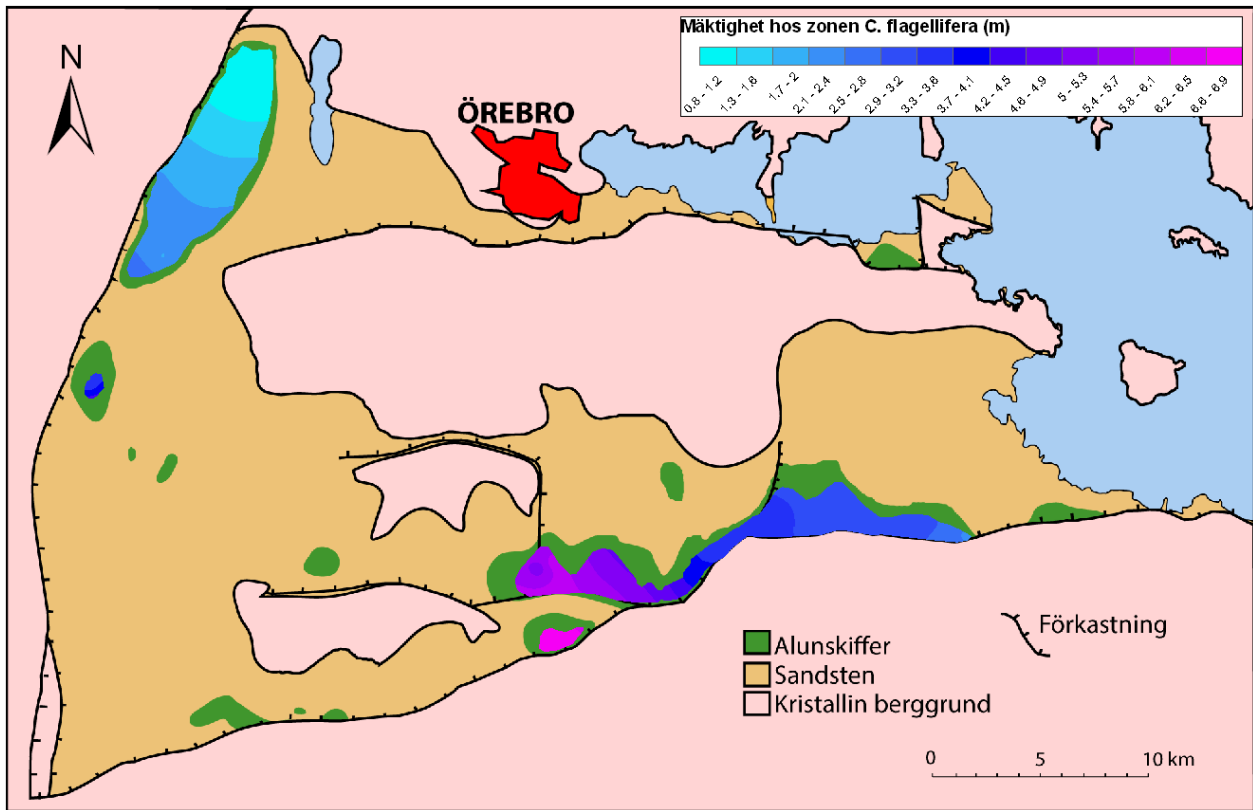


Fig. 6. Mäktighet hos zonen *Ctenopyge flagellifera*,  $h_f$ .

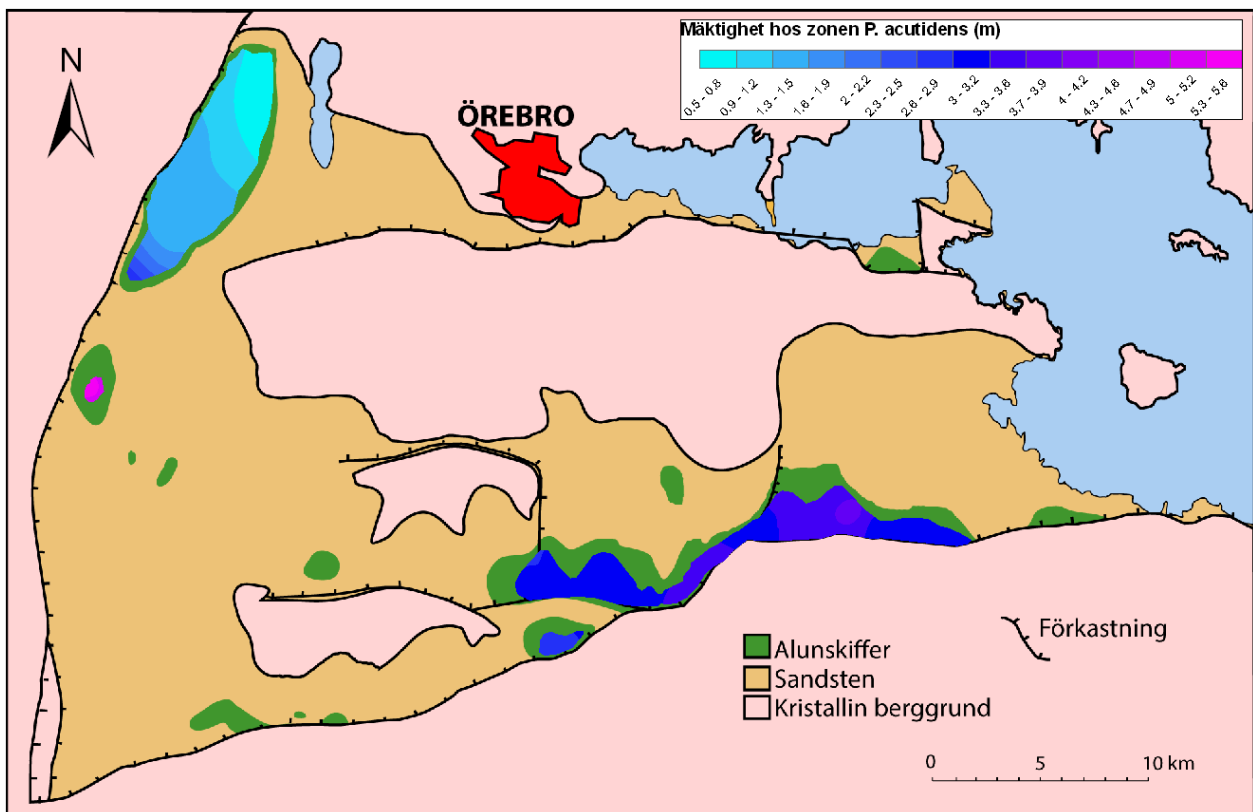


Fig. 7. Mäktighet hos zonen *Peltura acutidens*,  $h_a$ .

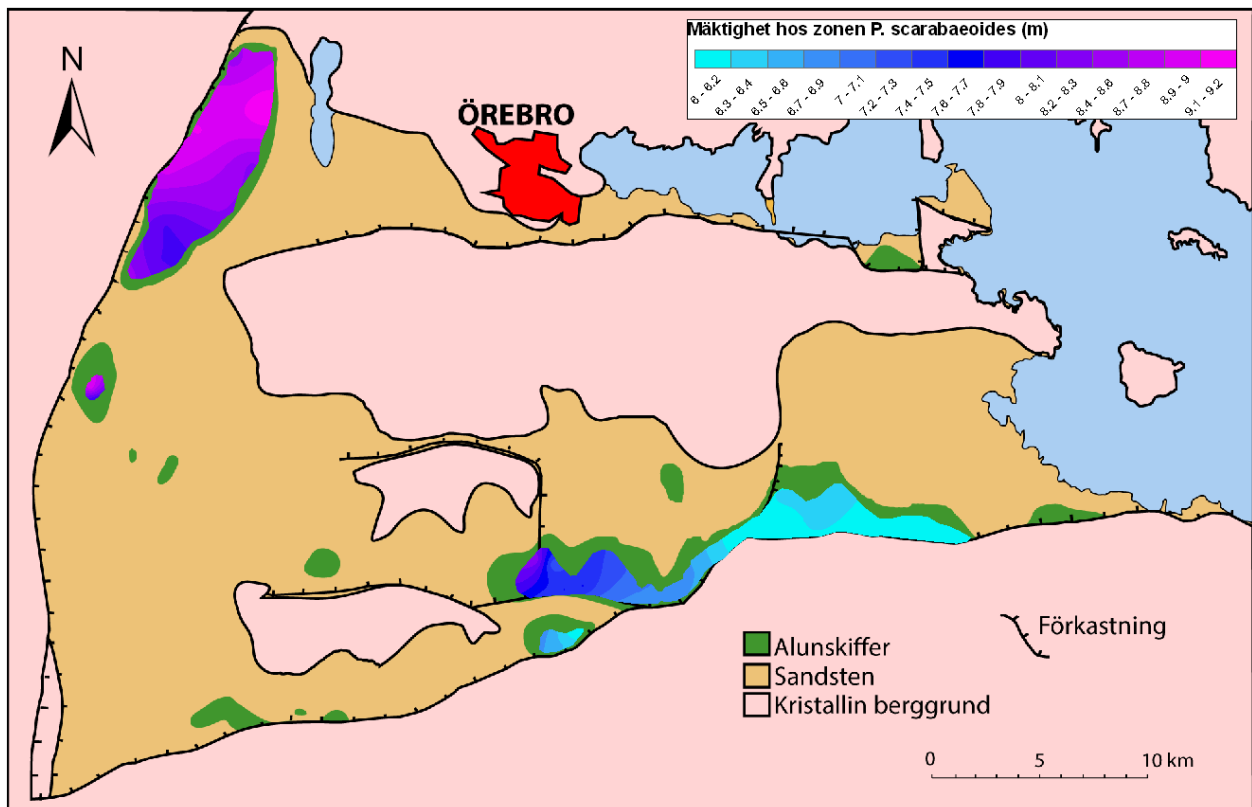


Fig. 8. Mäktighet hos zonen *Peltura scarabaeoides*,  $h_s$ .

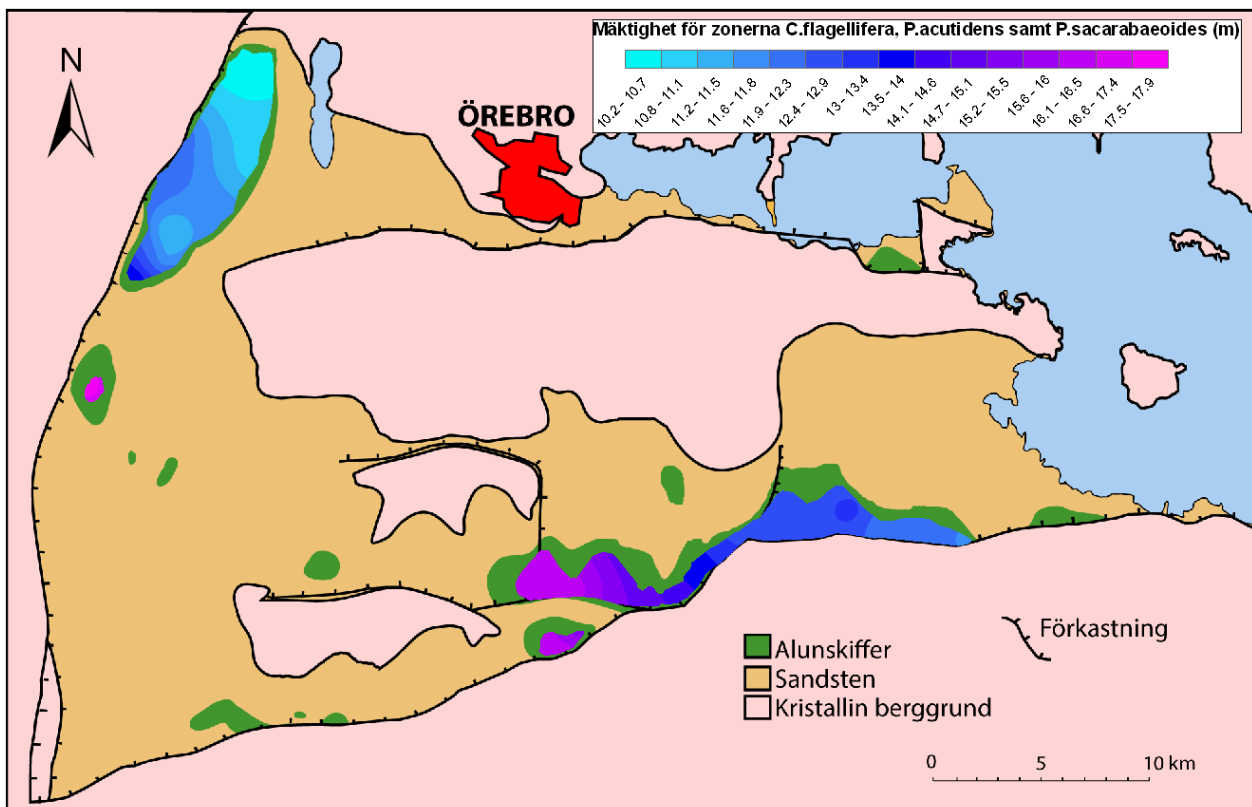


Fig. 9. Mäktighet för zonerna *Ctenopyge flagellifera*, *Peltura acutidens* samt *Peltura scarabaeoides*,  $h_{fas}$ .



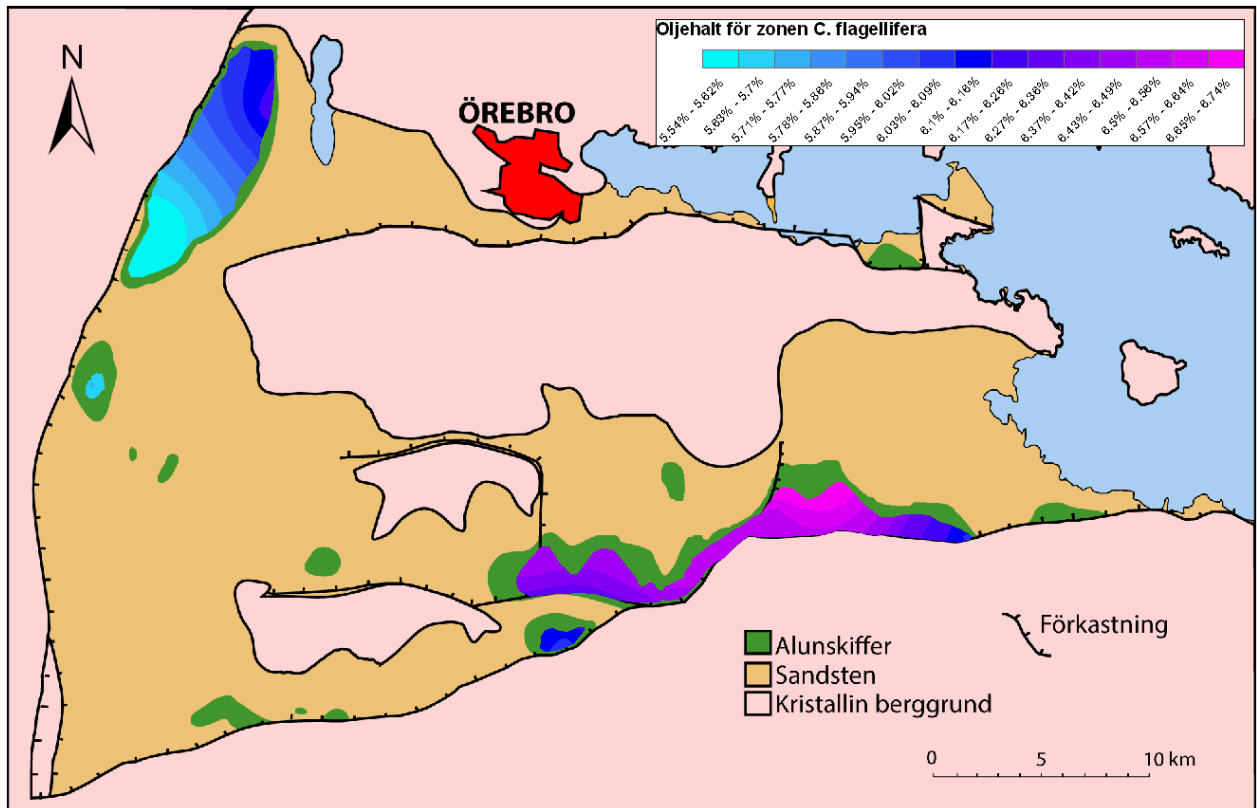


Fig. 10. Oljehalt för zonen *Ctenopyge flagellifera*,  $O_f$ .

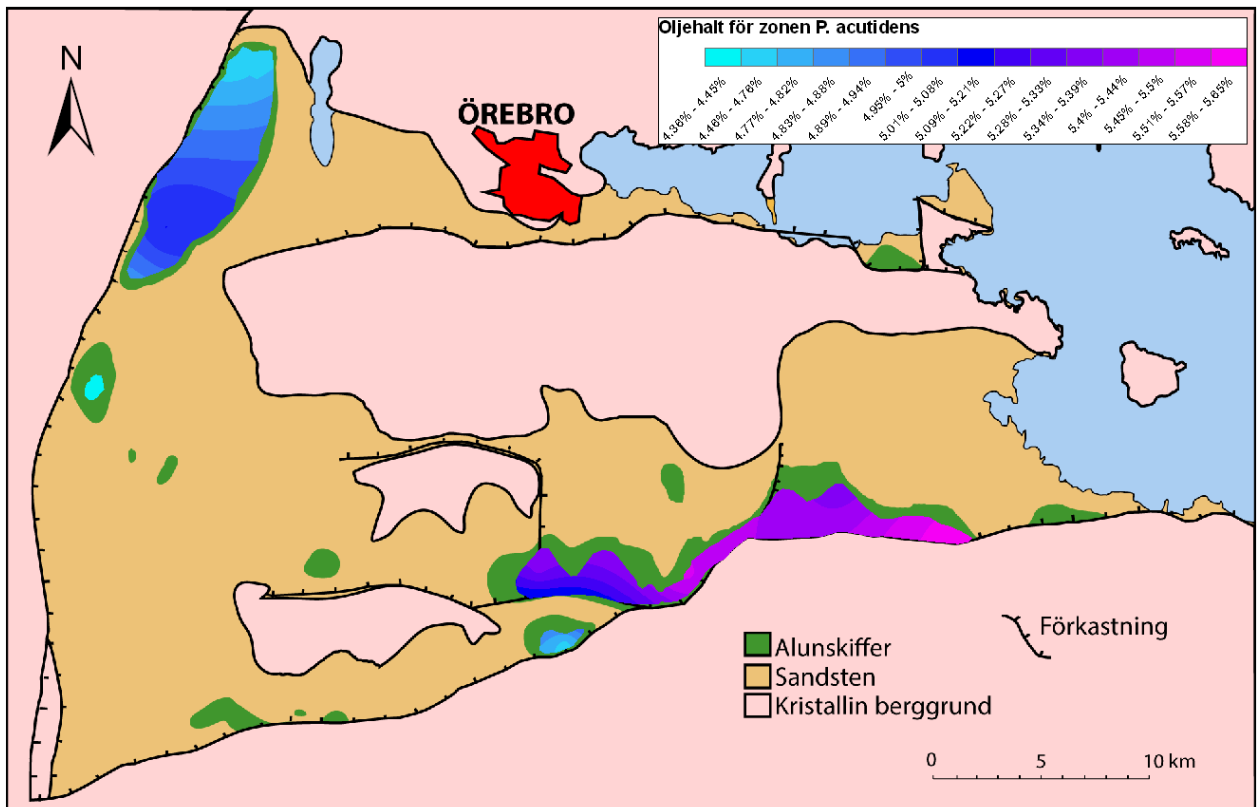


Fig. 11. Oljehalt för zonen *Peltura acutidens*,  $O_a$ .

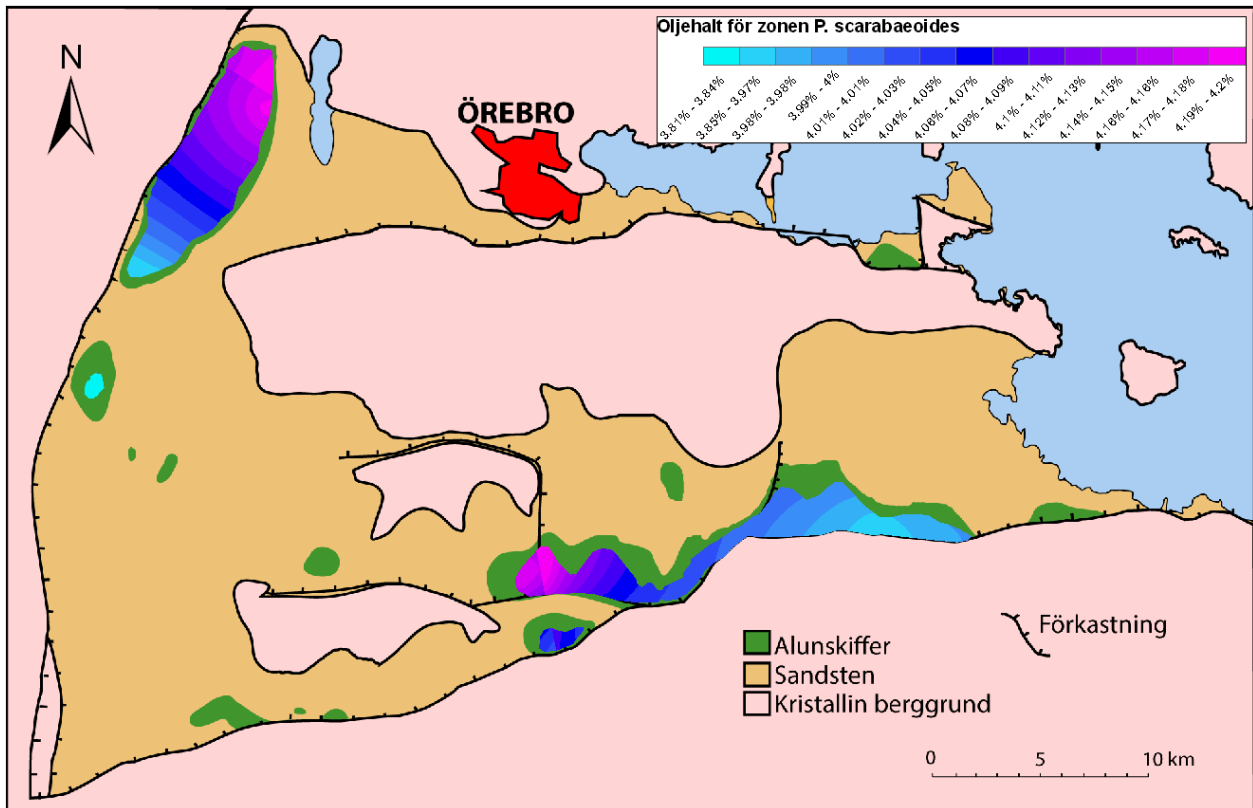


Fig. 12. Oljehalt för zonen *Peltura scarabaeoides*,  $O_s$ .

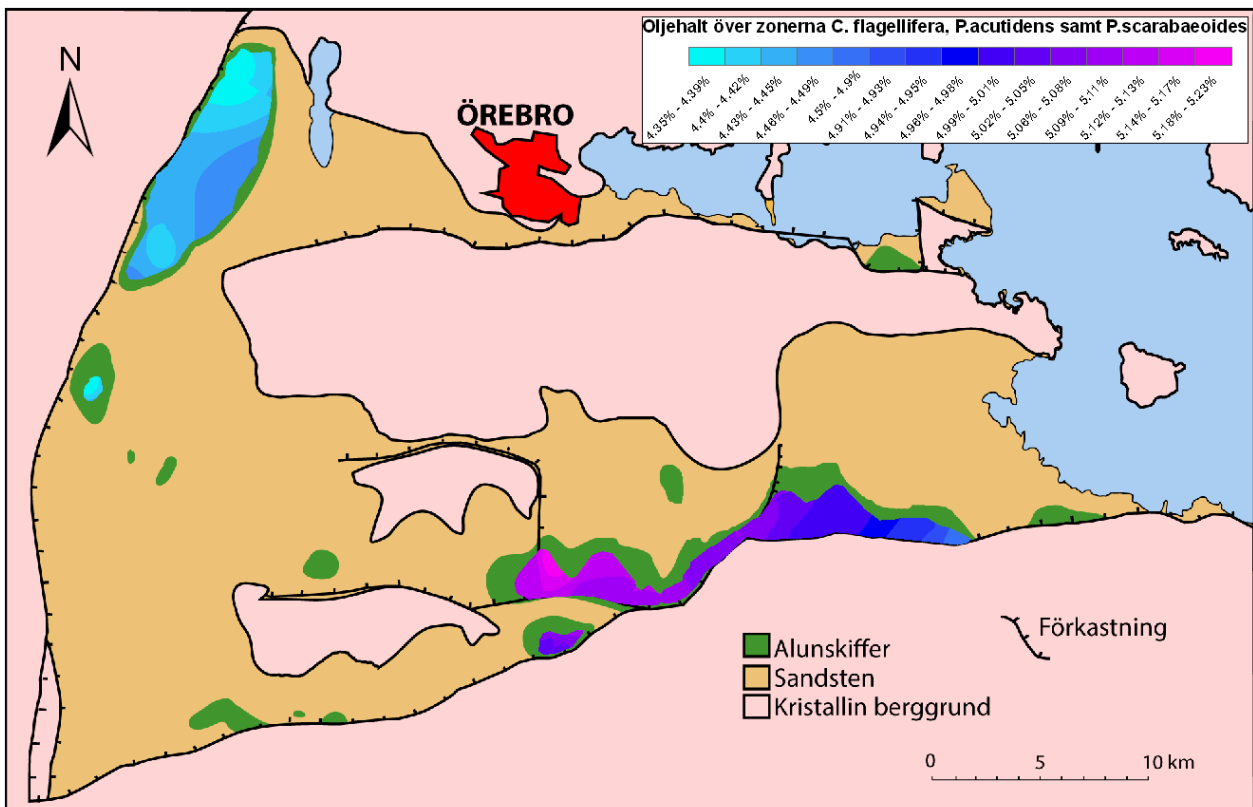


Fig. 13. Oljehalt över zonerna *Ctenopyge flagellifera*, *Peltura acutidens* samt *Peltura scarabaeoides* ( $h_{fas}$ ),  $O_{fas}$ . Beräknas enligt:

$$O_{fas} = \frac{h_f O_f + h_a O_a + h_s O_s}{h_{fas}}$$

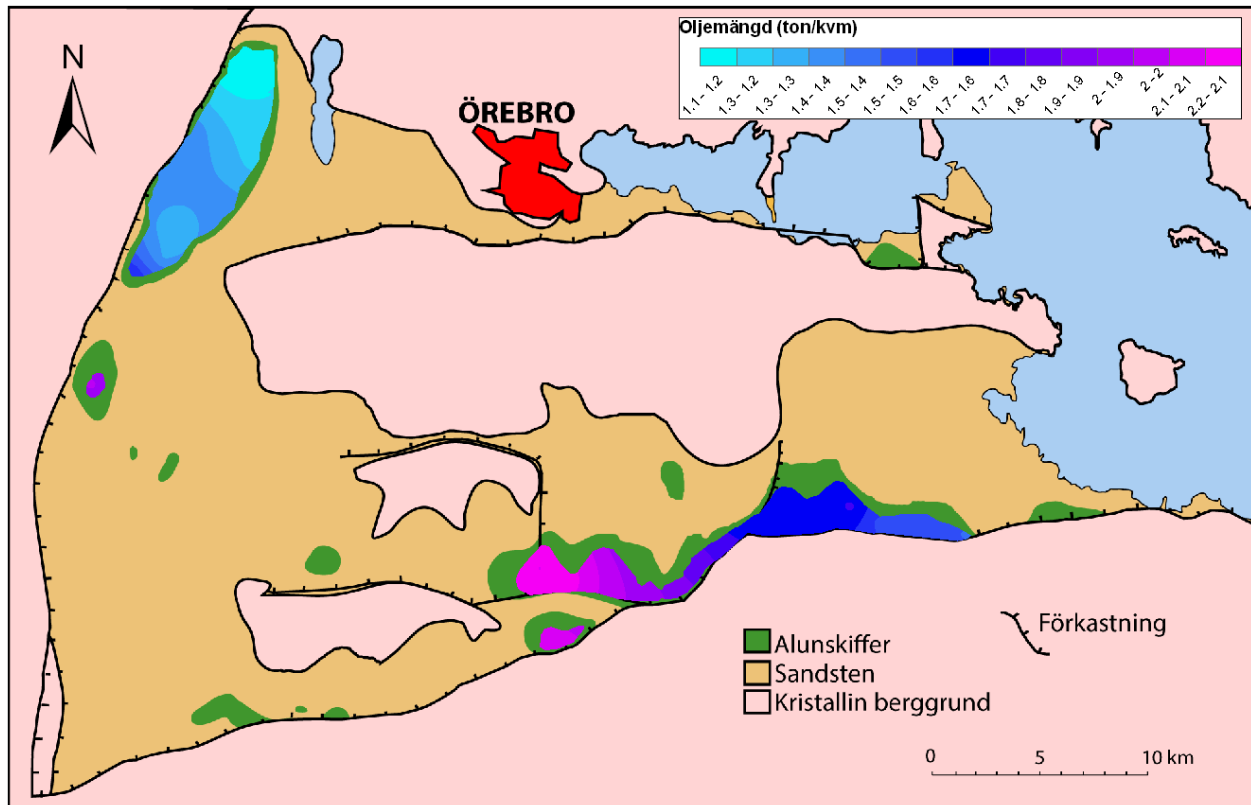


Fig. 14. Oljemängd för  $h_{fas}$ ,  $OM_{t/m^2}$  (ton/m<sup>2</sup>). Beräknas enligt:  $OM_{t/m^2} = h_{fas} \cdot O_{fas} \cdot \rho_a$ , där  $\rho_a$  är alunskiffers densitet (ton/m<sup>3</sup>).

## 5 Diskussion

Uppgifter om Närkes oljeskiffer; dess mängd och oljeinnehåll, 1,7 Gton respektive 85 Mton anges av Sundius (1941) och så sent som 2005 av Dyni. Där emellan är dessa uppgifter ofta förekommande, exempelvis i Andersson et. al (1985). N. Sundius uppger i Sundius (1941) att ”borrningar och analyser från de två senaste åren på initiativ av SGU” ligger till grund för bestämning av mängden oljeskiffer och oljemängd. Ingen närmare beskrivning av beräkningsförfarandet ges annat än oljeinnehållet - 85 Mton - är räknat på skifferar med en oljehalt på minst 4 % (Sundius 1941). Andra uppgifter om beräkningsgång har inom ramen för detta arbete ej identifierats. Uppgifter om oljeinnehåll och oljeskiffermängd antas, under dessa omständigheter, vara daterade 1941 c:a.

Oljemängden för zonerna *Ctenopyge flagellifera*, *Peltura acutidens* och *Peltura scarabaeoides* där dessa överlagras av kalksten beräknades under kapitel 3.6.2 till 106 Mton. Denna siffra skiljer sig från den konventionella uppgiften som säger 85 Mton. Dock är beräkningsförfarandet för den senare uppgiften ej klarlagd i denna studie och därför är det svårt att bestämma vad skillnaden mellan de två uppgifterna, 106 respektive 85 Mton, beror på.

Grunduppgifter om mäktighet och oljehalt hos Närkes alunskiffer och hur dessa har bearbetats - interpolerats och extrapolerats - har möjligtvis skiljt sig åt och reflekterats i de skilda resultaten. Gällandes uppgifter

om mäktighet och oljehalt som ingår i beräkningarna av den konventionella oljemängden är dessa förmodligen hämtade ur borrningar och analyser som utförts åren 1939-1941. Medans beräkningar och resultat i denna studie baseras på uppgifter om mäktighet och oljeinnehåll från borrningar och analyser som utförts också efter 1941 och fram till 1961. En annan faktor som kan ha medverkat till de skilda resultaten är den tillämpade skifferdensiteten, i Snäll & Stejskal (1982) där skiffermängder för alunskiffern i Jämtland beräknas används densiteten 2,54 ton/m<sup>3</sup> (Snäll & Stejskal 1982). Och eftersom en skifferdensitet på 2,5 ton/m<sup>3</sup> tillämpades i denna studie är densiteten troligen ovidkommande i avseende på de skilda resultaten. De olika beräkningarna avser förmodligen olika områden, mängder och delar av alunskiffern. De konventionella uppgifterna utgör oljeinnehållet i en *oljeskiffer* som bland annat definierats utifrån ett oljeinnehåll på minst 4 % (Sundius 1941). Beräkningen i detta arbete inkluderar även skifferar men en oljehalt mindre än 4 % (fig. 12). Helt enkelt baseras de två olika beräkningar förmodligen på två skilda urval av skiffer - de konventionella uppgifterna kan tänkas att avse potentiellt *exploaterbar oljeskiffer*, exploaterbar oljeskiffer kan exempelvis innebära att den överlagrande kalkstenen ej får vara för mäktig, att isolerade förekomster av alunskiffer exkluderas etc. Medans beräkningarna av oljemängd i denna studie begränsas till de tidigare nämnda områdena där alunskiffern överlagras av kalksten.

## 6 Slutsatser

Även om Närkes alunskiffer i nutid ej nyttjas för många av de naturresurser som denna innehåller, t.ex. olja/gas, uran, svavel, kväve m.m. är alunskiffern ur naturresurssperspektiv intressant. Något som historiskt är känt och där alunskiffern faktiskt exploaterats.

De oljerika lager hos Närkes alunskiffer betraktas till delar som en så kallad *oljeskiffer* och har historiskt producerat oljeprodukter för Sveriges behov. En framtida exploatering av Närkes oljeskiffer är fullkomligt möjlig, med tanke på det tidigare nyttjandet och att skiffern fortfarande innehåller en väsentlig mängd olja. Förmodligen krävs det dock att omständigheterna drastiskt förändras för att en exploatering ska ske, då kostnaden för en skifferolja är högre än kostnaden för den importerade råoljan och med tanke på att det var förhållandena under andra världskriget som senast nödgade Sverige att nyttja oljeskiffern i Närke.

Modern GIS-analys innebär goda möjligheter till att kartlägga och kvantifiera en geologisk naturresurs – i detta fall delar av Närkes alunskiffer och dess oljeinnehåll. GIS-analysen i denna studie visar att området kring Kvarntorp i södra Närke (fig. 3, fig. 4) är en god lokal att förlägga verksamheten till vid en eventuell exploatering av Närkes oljeskiffer. Här är det oljerika lagret med zonen *Ctenopyge flagellifera* som mäktigast och totalt sett över de tre zonerna *Ctenopyge flagellifera*, *Peltura acutidens* och *Peltura scarabaeoides* föreligger här störst mängd olja (fig. 14). Vidare är den överlagrande kalkstenen vid Kvarntorpsområdet av relativt ringa mäktighet - något som underlättar brytning av oljeskiffern.

## 7 Tack

Tack till Lars Johansson vid SGU:s bibliotek i Uppsala för hjälp med kopiering och utlåning av diverse dokument. Tack även till mina handledare: Professor Mikael Erlström vid SGU och Professor Per Ahlberg vid Lunds geologiska institution.

## 8 Referenser

2013. Gripen gas. Retrieved, from <http://www.gripengas.com/sv>.
- Altun, N. E., Hicyilmaz, C., Hwang, J.-Y., Saat Bagci, A. & Kök, M. V., 2006: OIL SHALES IN THE WORLD AND TURKEY; RESERVES, CURRENT SITUATION AND FUTURE PROSPECTS: A REVIEW *Oil Shale* 23, 211-227.
- Andersson, A., Dahlman, B. & Gee, D. G., 1983: Kerogen and uranium resources in the Cambrian alum shales of the Billingen—Falbygden and Närke areas, Sweden. *GFF* 104, 197-209.
- Andersson, A., Dahlman, B., Gee, D. G. & Snäll, S., 1985: The Scandinavium Alum Shales. *Sveriges Geologiska Undersökning Ca* 56, 1-49.
- Buchardt, B., Nielsen, A. T. & Schovsbo, N. H., 1997: Alun Skiferen i Skandinavien. *Dansk Geologisk Forenings Nyheds- och Informationskrift* 3, 32.
- Buchardt, B., Nielsen, A. T., Schovsbo, N. H. & Wilken, U. G., 1994: Source rock potential and thermal maturity of lower palaeozoic black shales in southern baltoscandia. *Danmark, Köpenhamn*, 1-52.
- Council, W. E., 2010: 2010 Survey of Energy Resources *United Kingdom, London*, 1-608.
- Dahlman, B., 1962: Undersökning av överkambrium med hänsyn till uranförande sediment i mellersta och södra utförd vid SGU. Opublicerad rapport.
- Dyni, J. R., 2005: Geology and Resources of Some World Oil-Shale Deposits.
- Eklund, J., Tapper, T., Bergdahl, A., Florin, S. & 1961: *Kumlabygden : forntid, nutid, framtid*. Kumla stad och Kumla landskommun. 475 pp.
- Handelsdepartementet, 1957: Bränsleförsörjningen i atomåldern del II. *SOU 1956:58*.
- Hessland, I. & Armands, G., 1978: Alunskiffer - Underlagsmaterial Geologi *SIND 1978:3*, 1-146.
- Høyberget, M. & Bruton, D. L., 2012: Revision of the trilobite genus *Sphaerophthalmus* and relatives from the Furongian (Cambrian) Alum Shale Formation, Oslo Region, Norway. *Norwegian Journal of Geology* 92, 433-450.
- Lundegårdh, P. H. & Fromm, E., 1971: Beskrivning till berggrundskartbladet - Örebro SV. *Sveriges Geologiska Undersökning Serie Af 101*.
- Lundegårdh, P. H., Hübnerh, H., Wikman, H., Karis, L. & Magnusson, E., 1972: Beskrivning till berggrundsgeologiska kartbladet - Örebro NV. *Sveriges Geologiska Undersökning Af 102*.
- Lundegårdh, P. H., Karis, L. & Magnusson, E., 1973: Beskrivning till berggrundskartan - Örebro SO. *Sveriges Geologiska Undersökning Af 104*.
- Museét, T. 2013. Kärntekniska anläggningar i Sverige. Retrieved 2013, from <http://www.tekniskamuseet.se/1/867.html>.
- Nielsen, A. T. & Schovsbo, N. H., 2007: Cambrian to basal Ordovician lithostratigraphy in southern Scandinavia. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 53, 47-92.
- Pool, W., Geluk, M., Janneke, A., Tiley, G., Spe, Production, S. I. E., Idiz, E., Leenarts, E. & International, S. G. S., 2012: Assessment of an Unusual European Shale Gas Play: The Cambro-Ordovician Alum Shale, Southern Sweden. *SPE/EAGE European Unconventional Resources Conference and Exhibition*. Vienna, Austria.
- Schovsbo, N. H., 2001: Why barren intervals? A taphonomic case study of the Scandinavian Alum Shale and its faunas. *Lethaia* 34, 271-285.

- Sgu. 2013. Skiffergas – vad är det? Retrieved 2013, from <http://www.sgu.se/sgu/sv/samhalle/energi-klimat/skiffergas.html>.
- Sind, 1978: *Alunskiffer : utredning från statens industriverk*. SIND.
- Snäll, S. & Stejskal, V., 1982: Alunskifferprojektet - Undersökningar mellan Östersund och Svenstavik. *Sveriges Geologiska Undersökning BRAP 82502*, 1-301.
- Sundius, N., 1941: Oljeskiffrar och skifferoljeindustri. *Sveriges Geologiska Undersökning C 441*, 1-45.
- Terfelt, F., Eriksson, M. E., Ahlberg, P. & Babcock, L. E., 2008: Furongian Series (Cambrian) biostratigraphy of Scandinavia – a revision. *Norwegian Journal of Geology* 88, 73-87.
- Thickpenny, A., 1984: The sedimentology of the Swedish Alum Shales. *Geological Society, London, Special Publications 15*, 511-525.
- Thickpenny, A., 1987: Paleo-oceanography and Depositional Environment of the Scandinavian Alum Shales: Sedimentological and Geochemical Evidence. *Marine clastic sedimentology; concepts and case studies Lomond Assoc., Glasgow, United Kingdom*, 156-171.



**Tidigare skrifter i serien  
”Examensarbeten i Geologi vid Lunds  
universitet”:**

301. Andersson, Josefin, 2012: Karakterisering av arsenikförening i matjordsprofiler kring Klippans Läderfabrik. (45 hp)
302. Lumetzberger, Mikael, 2012: Hydrogeologisk kartläggning av infiltrationsvattentransport genom resistivitetsmätningar. (15 hp)
303. Martin, Ellinor, 2012: Fossil pigments and pigment organelles – colouration in deep time. (15 hp)
304. Rådman, Johan, 2012: Sällsynta jordartsmetaller i tungsand vid Haväng på Österlen. (15 hp)
305. Karlstedt, Filippa, 2012: Jämförande geokemisk studie med portabel XRF av obehandlade och sågade ytor, samt pulver av Karlshamnslabrador. (15 hp)
306. Lundberg, Frans, 2012: Den senkambriska alunskiffern i Västergötland – utbredning, mäktigheter och facietyper. (15 hp)
307. Thulin Olander, Henric, 2012: Hydrogeologisk kartering av grundvattenmagasinet Ekenäs-Kvarndammen, Jönköpings län. (15 hp)
308. Demirer, Kursad, 2012: U-Pb baddeleyite ages from mafic dyke swarms in Dharwar craton, India – links to an ancient supercontinent. (45 hp)
309. Leskelä, Jari, 2012: Loggning och återfyllning av borrhål – Praktiska försök och utveckling av täthetskontroll i fält. (15 hp)
310. Eriksson, Magnus, 2012: Stratigraphy, facies and depositional history of the Colonius Shale Trough, Skåne, southern Sweden. (45 hp)
311. Larsson, Amie, 2012: Kartläggning, beskrivning och analys av Kalmar läns regionalt viktiga vattenresurser. (15 hp)
312. Olsson, Håkan, 2012: Prediction of the degree of thermal breakdown of limestone: A case study of the Upper Ordovician Boda Limestone, Siljan district, central Sweden. (45 hp)
313. Kampmann, Tobias Christoph, 2012: U-Pb geochronology and paleomagnetism of the Westerberg sill, Kaapvaal Craton – support for a coherent Kaapvaal-Pilbara block (Vaalbara). (45 hp)
314. Eliasson, Isabelle Timms, 2012: Arsenikförekomst, miljö och hälsoeffekter. (15 hp)
315. Badawy, Ahmed Salah, 2012: Sequence stratigraphy, palynology and biostratigraphy across the Ordovician-Silurian boundary in the Röstånga-1 core, southern Sweden. (45 hp)
316. Knut, Anna, 2012: Resistivitets- och IP-mätningar på Flishultsdeponin för lokalisering av grundvattenytor. (15 hp)
317. Nylén, Fredrik, 2012: Förädling av ballastmaterial med hydrocyklon, ett fungerande alternativ? (15 hp)
318. Younes, Hani, 2012: Carbon isotope chemostratigraphy of the Late Silurian Lau Event, Gotland, Sweden. (45 hp)
319. Weibull, David, 2012: Subsurface geological setting in the Skagerrak area – suitability for storage of carbon dioxide. (15 hp)
320. Petersson, Albin, 2012: Förutsättningar för geoenergi till idrottsanläggningar i Kallerstad, Linköpings kommun: En förstudie. (15 hp)
321. Axbom, Jonna, 2012: Klimatets och människans inverkan på tallens etablering på sydsvenska mossar under de senaste århundradena – en dendrokronologisk och torvstratigrafisk analys av tre småländska mossar. (15 hp)
322. Kumar, Pardeep, 2012: Palynological investigation of coal-bearing deposits of the Thar Coal Field Sindh, Pakistan. (45 hp)
323. Gabrielsson, Johan, 2012: Havsisen i arktiska bassängen – nutid och framtid i ett globalt uppvärmningsperspektiv. (15 hp)
324. Lundgren, Linda, 2012: Variation in rock quality between metamorphic domains in the lower levels of the Eastern Segment, Sveconorwegian Province. (45 hp)
325. Härling, Jesper, 2012: The fossil wonders of the Silurian Eramosa Lagerstätte of Canada: the jawed polychaete faunas. (15 hp)
326. Qvarnström, Martin, 2012: An interpretation of oncolite mass-occurrence during the Late Silurian Lau Event, Gotland, Sweden. (15 hp)
327. Ulmius, Jan, 2013: P-T evolution of paragneisses and amphibolites from Romeleåsen, Scania, southernmost Sweden. (45 hp)
328. Hultin Eriksson, Elin, 2013: Resistivitetsmätningar för avgränsning av lakvattenplym från Kejsarkullens deponi

- infiltrationsområde. (15 hp)
329. Mozafari Amiri, Nasim, 2013: Field relations, petrography and  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  cooling ages of hornblende in a part of the eclogite-bearing domain, Sveconorwegian Orogen. (45 hp)
330. Saeed, Muhammad, 2013: Sedimentology and palynofacies analysis of Jurassic rocks Eriksdal, Skåne, Sweden. (45 hp)
331. Khan, Mansoor, 2013: Relation between sediment flux variation and land use patterns along the Swedish Baltic Sea coast. (45 hp)
332. Bernhardson, Martin, 2013: Ice advance-retreat sediment successions along the Logata River, Taymyr Peninsula, Arctic Siberia. (45 hp)
333. Shrestha, Rajendra, 2013: Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating of aeolian sediments of Skåne, south Sweden. (45 hp)
334. Fullerton, Wayne, 2013: The Kalgoorlie Gold: A review of factors of formation for a giant gold deposit. (15 hp)
335. Hansson, Anton, 2013: A dendroclimatic study at Store Mosse, South Sweden – climatic and hydrologic impacts on recent Scots Pine (*Pinus sylvestris*) growth dynamics. (45 hp)
336. Nilsson, Lawrence, 2013: The alteration mineralogy of Svartliden, Sweden. (30 hp)
337. Bou-Rabee, Donna, 2013: Investigations of a stalactite from Al Hota cave in Oman and its implications for palaeoclimatic reconstructions. (45 hp)
338. Florén, Sara, 2013: Geologisk guide till Söderåsen – 17 geologiskt intressanta platser att besöka. (15 hp)
339. Kullberg, Sara, 2013: Asbestkontamination av dricksvatten och associerade risker. (15 hp)
340. Kihlén, Robin, 2013: Geofysiska resistivitetsmätningar i Sjöcrona Park, Helsingborg, undersökning av områdets geologiska egenskaper samt 3D modellering i GeoScene3D. (15 hp)
341. Linders, Wictor, 2013: Geofysiska IP-undersökningar 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 baddeleyitovandlingar 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)



## LUNDS UNIVERSITET