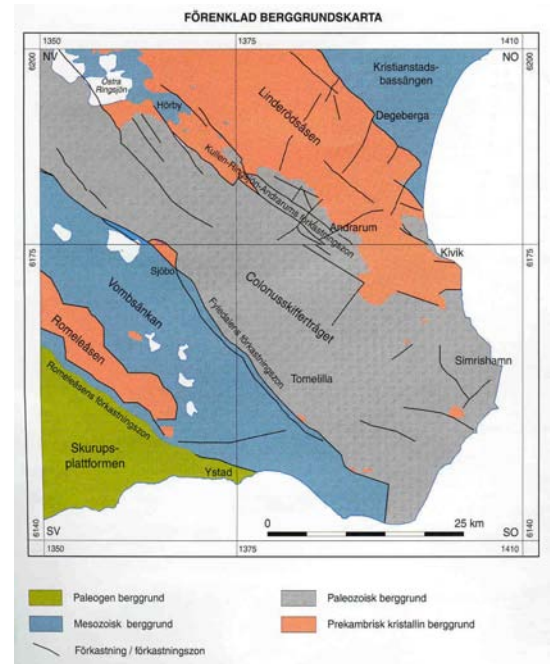


Kambrium och alunskiffer vid Andrarum

Österlens Naturskyddsförening
Exkursion 23 mars 2024

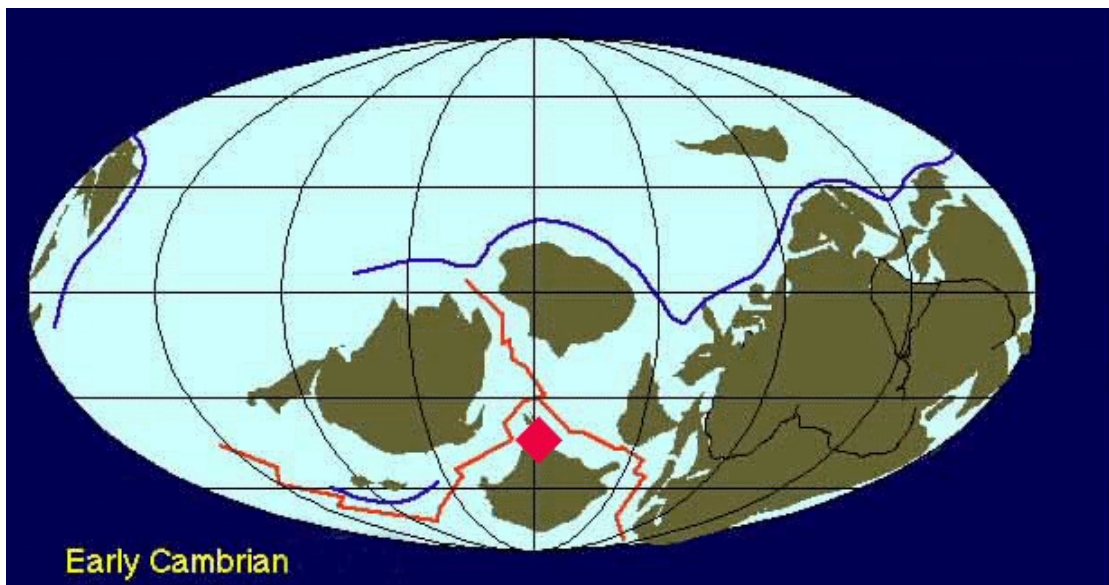
Prof. em. Kent Larsson

KAMBRIUM



Bergarter från den geologiska perioden Kambrium (545 – 495 milj. år) förekommer som ytberggrund inom fyra huvudområden i Skåne: Vid Kullaberg (Rekekroken), längs syd- och västsidan av Söderåsen, Romeleåsens NV del samt på Österlen inom dess mosaikartade berggrund (bruntonade färger på geologiska kartan längre ned).

Under kambrium låg Skåne långt ner på södra halvklotet!



Österlens yngre kambrium



| SERIES | STAGES AND ZONES | | SCANTIAN ROCK UNITS | |
|---------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------|-----------------|
| Upper Cambrian | no stages | Acerocare | Alum Shale Fm | |
| | | Peltura | | |
| | | Leptoplastus and Euryocare | | |
| | | Parabolina spinulosa | | |
| | | Olenus and Agnostus (H.) oboeus | | |
| | | Agnostus pisiformis | | |
| Middle Cambrian | Paradoxides forokhammeri Stage | Lejopyge laevigata | Andrarum Lst | |
| | | Solenopiera brachymetopa | Alum Shale Fm | |
| | P. lundgreni and Goniagn. nathoretii | | | |
| | Paradoxides paradoxisemus Stage | Ptychagnostus punctuosus | | |
| | | Hypagnostus parvifrons | | |
| | | Tomagnostus fissus and Ptychagn. atavus | | |
| Eoaparadoxides oelandicus Stage | Ptychagnostus gibbus | Hatched pattern | | |
| | Eoaparadoxides oelandicus f. pinus | | | |
| | | Eoaparadoxides inularis | | |
| Lower Cambrian | no stages | Hawke Bay hiatus | | |
| | | Proampyx linnaesoni | Gislöv Fm | |
| | | Holmia kjerulfi group | Rispebjerg Ss | |
| | | Solmidtellus mikovitsi; Mobergella | Norretorp Fm | |
| | | Platysolenites "Ruoophyous" | Hardeberga Ss | |
| | | antiquissimus | "Spirasolenites" | Hatched pattern |
| | | Sabellidites oambriensis | | |

Hardebergaformationen med sandstenar och kvartsiter, som upptar den större delen av underkambrium i Skåne, överlagras av den gröngråfärgade **Norretorpformationen**, som innehåller rikligt med glaukonit- och fosforitförande siltstenar och sandstenar och blir c. 4 m i SÖ Skåne. I denna enhet har en del trilobiter påträffats såsom *Holmia mobergi* och *Kjerulfia? lundgreni*. Dessutom finns en del rörformade organismer (*Volborthella*) och olika spår-fossil av *Skolithos*-typ. Överlagrande **Rispebjerg Sandsten** är en tunn, homogen sekvens av kalkhaltiga och grovkorniga sandstenar med talrika fosforitknölar. Fossilfynden är sparsamma och består mest av horisontella grävspår nära toppen.

Nästa enhet, **Gislövsformationen**, vilar diskordant på underlaget och är en tunn, ca 1 m tjock enhet av varierande bergartsbeskaffenhet och utgör en övergång från en huvudsakligen sandig sedimentationstyp till en mer lerig sådan. Detta avspeglar också ett allt mer ökande vattendjup. Denna enhet är rikligt fossilförande, bl.a. med ett flertal trilobitarter. Toppen av denna formation sammanfaller med gränsen mellan undre och mellersta kambrium och därefter följer, efter en tidslucka (hiatus), **Alunskifferformationen**, som dels har en mellankambrisk del, dels en överkambrisk. En viktig stratigrafisk horisont uppträder i mellankambriums övre del, den s.k. **Andrarum-kalkstenen**. Alunskifferformationen består av fint laminerade alunskifferar med inlagringar av bituminösa kalkstenar som bildar linser (orstenar) eller bankar. Skifferarnas mörka färg beror på ett högt inslag av organiskt material. På ganska mycket syrefattiga förhållanden i det dåtida havet var den mikrobiella nedbrytningen av det organiska materialet mycket långsam och stagnanta förhållanden rådde nära havsbotten. Såväl skifferar som orstensbollar är synnerligen rika på främst trilobiter av släkten som *Peltura*, *Olenus* och *Agnostus*.

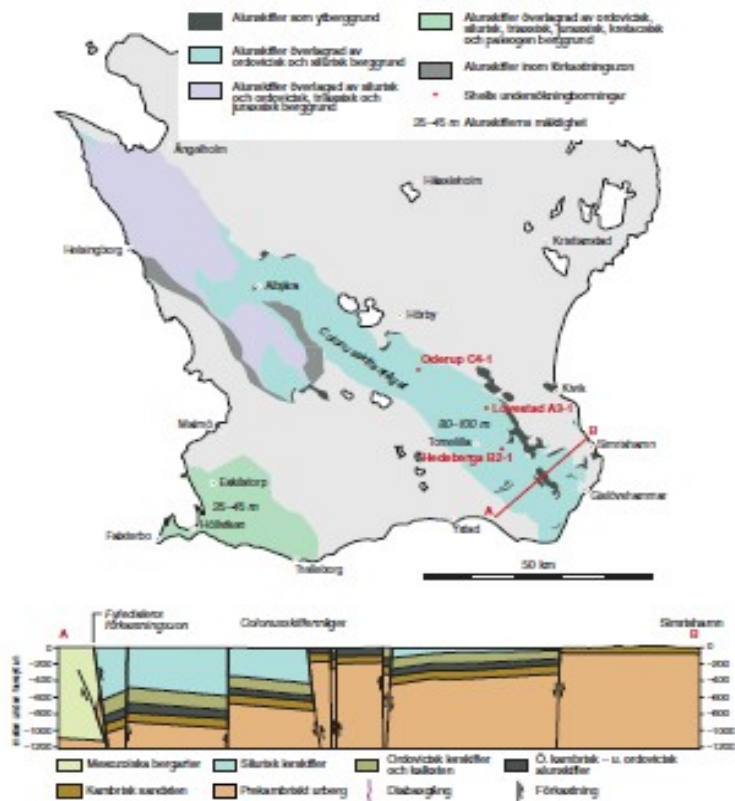
Alunskiffer i Skåne

(efter Erlström 2014)

I Skåne förekommer alunskiffer huvudsakligen inom två områden. Det sydvästra området är beläget ungefärligen söder om en linje som sträcker sig från Smygehuk till Malmös södra delar. Större delen av detta område betecknas *Höllvikens-gravsänkan*. Det andra området är det s.k. *Colonusskiffertråget*. Det senare området löper diagonalt genom centrala Skåne i sydost–nordvästlig riktning.

Alunskiffern är i det sydvästra området känd genom de prospekteringsarbeten efter olja som utförts främst på 1970-talet i Skåne. I det sydvästra området lutar större delen av berggrunden åt sydväst vilket medför att djupet till alunskiffern ökar åt sydväst. I sydvästra delen av området (Höllviksnäs) påträffas alunskiffern på 2 567–2 602 m djup och i norra delen av området (Eskilstorp) på 2 420–2 464 m djup. Alunskiffers mäktighet varierar i området mellan 35 och 44 m och den överlagras av ordoviciska skiffrar följt av siluriska och yngre bergarter. Alunskifferformationen innehåller även kalksten och orsten.

Colonusskiffertråget begränsas i sydväst och i nordost av förkastningar som huvudsakligen löper i nordväst–sydöstlig riktning. Inom Colonusskiffertråget förekommer också förkastningar med andra riktningar. Den komplicerade tektoniken har medfört att i vissa delar av området påträffas alunskiffern på stort djup täckta av yngre bergarter. I andra delar av området går den i dagen. På alunskiffern följer ordoviciska skiffrar och sedan succesivt yngre bergarter. I de områden där alunskiffern påträffats i dagen eller på litet djup är den väl dokumenterad. Undersökningsborrningar genom alunskiffern har utförts av såväl SGU som av andra organisationer. I området mellan Tomelilla och Hörby har Shell utfört tre undersökningsborrningar. Alunskiffern påträffades här på ca 900 m djup.



Alunskiffers mäktighet varierar i området, från dryga 60 m (Gislövshammar) i den sydostligaste delen av området till nära 100 m (Albjära beläget ca 5 km nordost Svalöv) i den nordvästliga delen. Sammanfattningsvis kan sägas att den skånska alunskiffen är mäktigare än alunskiffen på andra platser i Sverige. Den innehåller dock mindre mängd organiskt material medan vanadinhalten är exceptionellt högt.

I nordvästra Skåne är alunskiffers sammansättning och mäktighet dåligt känd. Detta beror på att alunskiffen här överlagras av yngre sedimentära bergarter med betydande mäktighet.

I nedanstående tabell redovisas en översiktlig sammansättning av det organiska innehållet i alunskiffen från några olika delar av landet. Några metaller som uran, krom, koppar och vanadin redovisas också. Analysvärdena visar max- och minhalter för respektive komponent i hela alunskifferlagerföljden. De högsta respektive lägsta värdena representerar ofta enskilda tunna lager (<1 m) i alunskiffen. Det ska poängteras att inom alunskifferformationen varierar halterna av de angivna komponenterna mycket beroende på plats och nivå i lagerserien. De redovisade värdena är hämtade från Hessland & Armandts (1978), Andersson m.fl. (1985) och Buchardt m.fl. (1994). Mängden data från de olika områdena varierar kraftigt. I vissa områden finns stora mängder data från borrhål medan det i andra är ganska glest med data.

| | Skåne | Öland | Västergötland | Östergötland | Närke |
|---------------|----------|----------|--------------------|--------------|----------------------|
| TOC, % | 2-15 | 9-10 | 4-14 | lu. | lu. |
| Kerogen, % | 8-15 | 12 | 13-18 | 14-15 | 20-25 |
| Bitumen, mg/g | | 36-45 | 4-85 | 42 | 7-8 |
| Svavel, % | 1-5,9 | 2,7-10,5 | 1-9 | 3,5-7,9 | 7 |
| Uran, g/ton | 10-180 | 10-120 | 7-490 ^z | 10-265 | 125-210 ^z |
| Bly, ppm | 40-70 | 15-40 | 70-140 | 20-35 | 50-60 |
| Krom, ppm | 90-170 | 50-120 | 93-117 | 90-100 | 100 |
| Koppar, ppm | 150-300 | 10-210 | 130-230 | 130-145 | 120-200 |
| Vanadin, ppm | 100-3700 | 100-2600 | 450-680 | 300-2100 | 450-500 |

1. De högsta värdena i övre delen av Alunskifferformationen. I kolm 3000-5000 g/ton.

2. Kolm med höga uranhalter förekommer.

lu. Ingen uppgift.

Varför är alunskiffen intressant?

För att delvis ge svar på denna fråga bör något sägas om dess bildning och karaktär. Alunskiffen är en svart lerskifferbergart (black shale) som bildats i ett vidsträckt grundhav med syrefattiga bottenförhållanden och där sedimentationen varit ytterst långsam (1-5 mm per 1000 år). Skiffen är klyvbar i tunna skivor och har ett särskilt högt innehåll av organiskt material (*kerogen*), som under särskilda förhållanden kan generera olja och gas. En viktig karaktär är också dess innehåll av olika tungmetaller såsom *uran*, *krom*, *koppar* och *vanadin* i varierande koncentrationer samt svavel som med järn bildat mineralet *pyrit*. Koncentrationen av tungmetaller anses bero på algers upptag av dessa ämnen i sina vävnader. Även höga halter av kalium, fosfor och kväve är vanliga. En viktig komponent, och som gett alunskiffen dess namn, är *alun*, ett kalium-aluminiumsulfat, som i historisk tid brutits och utnyttjats för olika ändamål. Processen att utvinna alun ur skiffen beskrivs längre fram i texten.

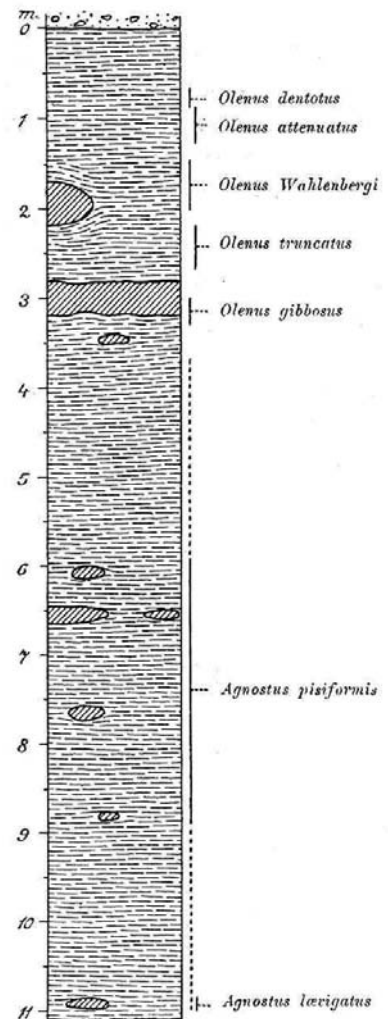
Olja och gas kan bildas ur kerogenet. Det organiska material i form av alger och djur- och växtplankton, som avsätts tillsammans med sedimenten, som senare bildar bergarter, bryts normalt ned under påverkan av mikroorganismer och syre. Under syrefattiga förhållanden, som råder t.ex. i finkorniga mörka skiffar, bryts det inte ner fullständigt utan bildar istället ett organiskt slam. Under bergartsbildningen drivs

flyktiga ämnen, som vatten och koldioxid, ut ur slammet och kerogen bildas. Kerogen har ingen specifik sammansättning utan definieras som en olöslig vaxliknande substans bestående av organiskt material. Dess sammansättning bestäms av det ursprungliga organiska materialets uppbyggnad och består av komplexa kedjor av kol (C) och väte (H). Kvoten mellan väte och kol (H/C) ligger till grund för vilka typer av kolväten som bildas. Kerogen delas in i tre typer. Från Typ I bildas princip bara flytande kolväten (olja). Ur Typ III (huminkerogen) bildas mest gas och kol. Typ II kan ses som ett mellanting, som ger både olja och gas. Alunskifferns kerogen klassas som typ II vilket innebär att det kan bildas både olja och gas ur alunskiffern om den utsätts för gynnsamma tryck och temperaturer.

När en kerogenrik bergart (t.ex. alunskiffer) ligger djupt ner i berggrunden där tryck och temperatur är tillräckliga startar en process som kallas *katagenes*. Den innebär att de långa kolvätekedjorna i kerogenet bryts ner och olja och gas bildas. Detta sker inom ett temperaturintervall på mellan 100 och 200 °C (något högre för gas) och betecknas som "oljefönstret". Olja och gas migrerar sedan uppåt i lagerföljden där de antingen stängs in i en porös reservoarbergart med omliggande tät bergart eller migrerar upp till markytan där det snabbt bryts ned och förstörs. En kerogenrik bergart som påverkats av katagenes betecknas som termiskt mogen. Mogenhet bestäms normalt på vitrinit, som är en kolförening med ursprung i vedartade landväxter. Eftersom alunskiffern bildades då det inte fanns några landväxter analyseras mogenheten på organiskt material från fossil av marina organismer och alger. Har det organiska materialet en vitrinitreflektans lägre än 1,1 anses det omoget, högre än 1,1 moget och högre än 1,4 som övermoget. I Skåne är det organiska materialet övermoget (1.4-2.2) medan det i övriga Sverige till övervägande del är omoget (<1,4).

Oljebolaget Shell genomförde 2008–2011 i djupt liggande alunskiffer omfattande geofysiska förundersökningar och tre undersökningsborrningar till 800–900 m djup inom ett av deras två tillståndsområden. Av publicerade data framgår att skiffern var omättad med gas, dvs. gasen hade läckt ut från alunskiffern någon gång under Skånes komplicerade geologiska utveckling (Pool m.fl. 2012).

Andrarum



Alunskiffer bildar berggrund här och var på Österlen (beige färg på kartan sid. 2), och den mest fullständiga och lättillgängliga sektionen genom överkambrium i Sverige påträffas vid Andrarums gamla alunbrott. Mellan- och överkambriska alunskiffrar blir här 69 m tjocka och till detta kommer ca 8 m av en överlagrande ordovicisk alunskiffer, den s.k. *Dictyonemaskiffern*. Alunskiffrarna studeras idag bäst i Stora Brottet (vid dansbanan), men har tidigare även varit väl exponerade i andra brott när alunproduktionen var i gång. I såväl skiffrar som orstenar förekommer mycket rikligt med trilobiter, t ex *Agnostus pisiformis* och olika *Olenus*- och *Parabolina*-arter. Ibland kan även skifferytor med brachiopoden *Orusia lenticularis* påträffas. Genom hela skifferpacken är pyrit och utfälld svavel vanlig.

Äldre lager, bl a Andrarumskalkstenen, kan påträffas vid kanten av det numera vattenfyllda brottet "Djupet". Denna kalksten blir någon dm tjock och är synnerligen hård. Några hundra meter norr om Kaffestugan, vid Forsemölla, kan ännu äldre lager studeras, främst från Rispebjergsandstenen, Gislövformationen och undre Alunskifferformationen.

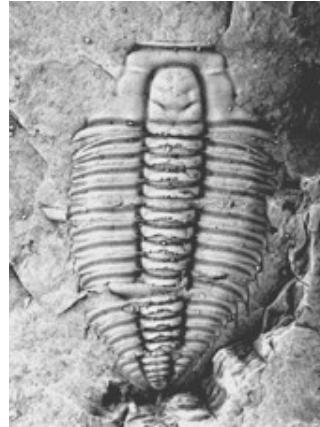
Stora brottet förr och nu



Orsten



Olenus truncatus



Alunbruket



Verkeåns botten är idag täckt av röd, bränd alunskiffer, vilken även är synlig i stora högar av s.k. rödfyr inom brottsområdet. Denna härstammar från det alunbruk, som startades 1637 av Jochum Beck, som då fick ett privilegium av den danske kungen (Christian IV) för att anlägga ett alunbruk. Jochum Beck kom 1635 till kalkbruket i Andrarum och såg då högar av skiffer, som slagghögar. Beck hade sedan studietiden kunskap om alunskiffer och visste att alun kunde ge enorma rikedomar varför han köpte omfattande markområden i Andrarum. Hans vidlyftiga leverne och omfattande kostnader för alunproduktionen samt sviktande avsättning av alunprodukterna i slutet av 1670-talet kom dock senare att medföra hans ekonomiska ruin.

Det var senare Christina Piper som utvecklade företaget efter att det inköpts 1725. Det blev så småningom Europas, på den tiden, största industri med över 200 arbetare i produktionen och ca 900 totalt verksamma på bruket i slutet av 1700-talet.

Här bröts alunskiffer och ur denna utvanns bl.a. alun som är ett kalium-aluminiumsulfat. Det användes till växtfärgning, konservering, papperstillverkning och garvning av läder samt som blodstillande medel. Biprodukter var järnvitriol och rödfärg. Alunbruket skeppade ut sina laster från en hamn vid Verkeåns utlopp i havet vid Haväng. Alunverket upphörde 1912. Alun hade då under en längre tid kunnat framställas på syntetisk väg och lönsamheten i det gamla alunverket sjönk drastiskt. Framställningen av rödfärg upphörde på 1920-talet.

Processen

(från Länsstyrelsen Skånes hemsida 2015 10 12)

Skiffern högs loss ur berggrunden av *materiehuggare*. Bitarna slogs sönder i mindre delar av *materiebråkare*, vilka ofta var barn och kvinnor. Materiebråkarna körde skiffern till fyrplatsen där *fyrbötarna* tog över. En fyrbötare arbetade vid varje karställe, från tidig vår till sen höst, med att lägga fyrar. Fyren kunde vara upp till 24 meter lång, 6 meter bred och 7 meter hög. Den tog två-tre veckor att bygga och pyrde sedan i cirka tre månader. Kring vart och ett av de elva karställena fanns fyra fyrar, från vilka det steg en frän, gulvit svavelrök. Vid förbränningen oxiderade skiffern och antog en roströd färg.

Aluntillverkninbgen var mycket vedkrävande. År 1686 utfärdade Kungen (Karl XI) en förordning om att all skog inom 2 mils radie skulle disponeras av Alunverket. Den cirkelformade gränslinjen kallades i dagligt tal för *Verkalinjen* och alla bönder inom detta område förlorade rätten till en egen skog och var därtill skyldiga att fälla stämplade träd och forsla dem till Alunverket, mot "skälig betalning". Verkalinjen var impopulär och åtskilliga tvister fick avgöras vid tinget. Trots starka protester till högre instans bestod Verkalinjen fram till år 1824!

Ett karställe bestod av fyra träkar, nergrävda i marken. När den stora fyren fått svalna under en månad tog *karare* och *karerskor* över. De skulle fylla karen med skiffer och efter urlakningen ta hand om det tunga arbetet med att forsla bort den överblivna massan. Alunlösningen kallades lut och urlakningen sköttes av *lutgörare*. Den brända skiffern lakades ur i flera omgångar och när luten var tillräckligt mättad provade *pliktfogden* lutens styrka genom vägning.

I pannehuset kokades luten till hög koncentration. De stora pannorna var invändigt klädda med blyplåtar, men luten fick dock järnet att rosta. Tillsammans vägde pannorna drygt 2 ton. Dubbelpannan rymde 8 000 liter och förbrukade tolv lass ved per dygn, det tog två dygn att koka in luten. Vid mitten av 1700-talet var 22 pannor i drift samtidigt.

Luten tappades över till svalekaret och innan den var helt kall leddes den vidare till saffianskaren, där kristallisering skedde. Saffianen var de orena alunkristallerna, de löstes i minsta möjliga mängd vatten i en panna och efter kokning fylldes alunlösningen på stora träfat. Efter 14 dagar hade alunlösningen kristalliserats och den stora alunklumpen slogs sönder. Varje omgång kunde ge cirka 25 tunnor, om vardera 145 kg, god alun och 10 tunnor av sämre kvalitet. Under verkets mest produktiva år kunde produktionen årligen uppgå till mellan 4000 och 5000 tunnor alun om vardera 145 kg, d v s en total vikt av ca 600 ton. Christina Pipers årliga vinst från alunbruket var cirka 200 000 daler, en verkare tjänade 150 daler per år.

Källor och referenser

- Andersson, A., Dahlman, B., Gee, D.G. & Snäll, S., 1985: The Scandinavian Alum Shales. *Sveriges geologiska undersökning Ca 56*, 1–50.
- 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*. BMFT-project 032 66686 B Pre-Westphalian source rocks in northern Europe. Geologisk Centralinstitut, Köbenhavn, 1–58.
- Erlström, M., 2014: Skiffergas och biogen gas i alunskiffern i Sverige, förekomst och geologiska förutsättningar – en översikt. *SGU-rapport 2014:19*, 1-28.
- Hessland, I. & Armands, G., 1978: Alunskiffer, underlagsmaterial geologi. Del 1 Sveriges alunskifferförekomst 1–146, Del 2 Tabeller 1–94, Del 3 Världens tillgångar på mörka skiffrar 1–38. *Statens Industriverk 1978:3*.
- Länsstyrelsen Skåne 2015: Alunbruket. *Websida 2015 10 12*.
- Pool, W., Geluk, M., Abels, J. & Tiley, G., 2012: Assessment of an unusual European shale gas play – The Cambro-Ordovician alum shale, southern Sweden. *Proceedings of the Society of Petroleum Engineers/European Association of Geoscientists and Engineers Unconventional Resources Conference, Vienna, Austria, March 20–22, 2012*, 152339.