

Sandstenar och kvartsiter i Sverige – deras betydelse och användningsområden

Linda Wickström, Gry Møl Mortensen, Peter Dahlqvist,
Mikael Erlström & Mattias Göransson

februari 2021

SGU-rapport 2021:07



Omslagsbild: Gamla sanddyner. Naturstenstäkt Mångsbodarna

Fotograf: Linda Wickström

Författare: Linda Wickström, Gry Møl Mortensen, Peter Dahlqvist,
Mikael Erlström och Mattias Göransson

Granskad av: Benno Kathol

Ansvarig enhetschef: Anna Hedenström och Mugdim Islamović

Redaktör: Tone Gellerstedt och Johan Sporrang

Sveriges geologiska undersökning

Box 670, 751 28 Uppsala

tel: 018-17 90 00

fax: 018-17 92 10

e-post: sgu@sgu.se

www.sgu.se

FÖRORD

Bergarterna sandsten och kvartsit är två geologiska naturresurser med flera olika nyttoaspekter. De används till exempel för produktion av industrimineral, reservoarbergart för kolväten, natursten och inom materialförsörjning, geotermi, geologisk lagring av koldioxid och grundvattenförsörjning. Fokus i rapporten ligger på de förekomster som har en historisk, nuvarande eller potentiell framtida användning. Den breda användningen av dessa bergarter innebär att det är många branscher som är beroende av kunskap och information om förekomster och egenskaper hos sandsten och kvartsit i Sverige.

Till exempel omsatte brytning av natursten, mineral och ballast enligt den senaste branschstatistiken från 2016 ca 8 400 miljoner kr (vilket innebär en ökning sedan 2014 då dessa näringar omsatte ca 8 000 miljoner kr). Antalet företag var 2016 ca 460 med sammanlagt ca 2 000 anställda. Ser man till hela bygg- och anläggningsbranschen, som är beroende av information kring berggrunden – och däribland förekomsterna av sandsten och kvartsit – omsatte denna 2016 ca 136 400 miljoner kr, där ca 15 900 företag sysselsatte 51 500 personer. Även denna bransch har stadigt ökat i omfattning. Vad gäller grundvattenförsörjning i sin helhet omsatte denna ca 2 430 miljoner kr 2016, med 285 företag och 670 sysselsatta. (Uppgifterna är baserade på SCBs branschstatistik).

Eftersom enbart en mindre mängd data om tekniska och geokemiska egenskaper har funnits i SGUs databaser, har analogt material digitaliserats och ny information från analyser utförda inom projektet samlats in. Den information som ligger till grund för rapporten finns i SGUs databaser, eller arkiverade på SGU. Fysiska prov samt tunnslip finns i SGUs samlingar.

Medarbetare som bidragit till rapporten är Linda Wickström (projektledare), Gry Møl Mortensen, Peter Dahlqvist, Mikael Erlström, Claes Mellqvist, Stefan Persson, Mats Thörnelöf, Mattias Göransson och Andreas Erlström.

INNEHÅLL

Förord	3
Introduktion och bakgrund	5
Bergartsbeskrivning; sandsten och kvartsit	5
Ballastmaterial	6
Industrimineral	7
Nyttosten	7
Geoenergi och geotermi	8
Geologisk lagring av koldioxid	9
Beskrivning av de geologiska enheterna	10
Östersjön	10
Burgsvikssandsten	10
Faluddenledet	11
File Haidar-formationen	13
Skåne	15
Annerofformationen	15
Arnagergrönsand	16
Hansaledet	17
Hardebergaformationen	18
Helsingborgsledet och Döshultsledet	19
Höörsandsten	20
Kågerödsformationen	22
Köpingesandsten	23
Lellingegrönsand	23
Ljunghusensandsten och Hammarformationen "Buntsandstein"	24
Lundaledet	25
Mariedalformationen	26
Röddingeformationen	27
Vilhelmsfältformationen	28
Åhussandsten	28
Övedsandsten	29
Mellersta Sverige	30
Almesåkrgruppen	30
Dalasandsten	31
Gävlesandsten och Mälarsandsten	34
Kyrkåskvartsit	34
Orsasandsten	36
Visingsögruppen	37
Referenser	40
Bilaga 1. Den geologiska tidsskalan	44

INTRODUKTION OCH BAKGRUND

”Sandsten i Sverige” var ett projekt på SGU som genomfördes 2013–2016. Syftet var att presentera en övergripande geologisk beskrivning och sammanställning av information om sandstenar och kvartsiter som förekommer i den svenska berggrunden. Båda bergarterna är naturresurser med många olika användningsområden beroende på dess egenskaper. Till exempel används de som byggnadssten, industrimineral, ballast, samt för geotermi, geologisk lagring av koldioxid, utvinning av kolväten och som grundvattenförekomst. Projektet har främst fokuserat på de sandstenar och kvartsiter som har en historisk, nuvarande eller potentiell framtida användning inom dessa områden.

Rapporten omfattar en geologisk beskrivning av respektive sandsten och kvartsit, samt kända geokemiska och tekniska egenskaper. Eftersom SGUs databaser under projektiden bara har innehållit en mindre mängd tekniska och geokemiska egenskaper har projektet uppdaterat dessa med ny information från digitalisering av analogt material och från analyser utförda inom projektet. Geologiska tidsåldrar anges löpande i texten. För att se deras utbredning i tid hänvisas till bilaga 1.

Projektdeltagare har varit Linda Wickström (projektledare), Gry Møl Mortensen, Peter Dahlqvist, Mikael Erlström, Claes Mellqvist, Stefan Persson (analyser), Mats Törnelöf (analyser), Mattias Göransson och Andreas Erlström.

Resultat från projektet har också presenterats genom en poster på Nordiska geologiska vintermötet i Helsingfors 2016, samt i en vetenskaplig artikel tillsammans med forskare från Uppsala universitet (Moczyłowska m.fl. 2017). Vi vill även tacka de företag som har bidragit med tekniska data från sina täkter.

Data från projektet finns i SGUs databaser, eller arkiverade på SGU. Fysiska prov samt tunnslip finns i SGUs samlingar.

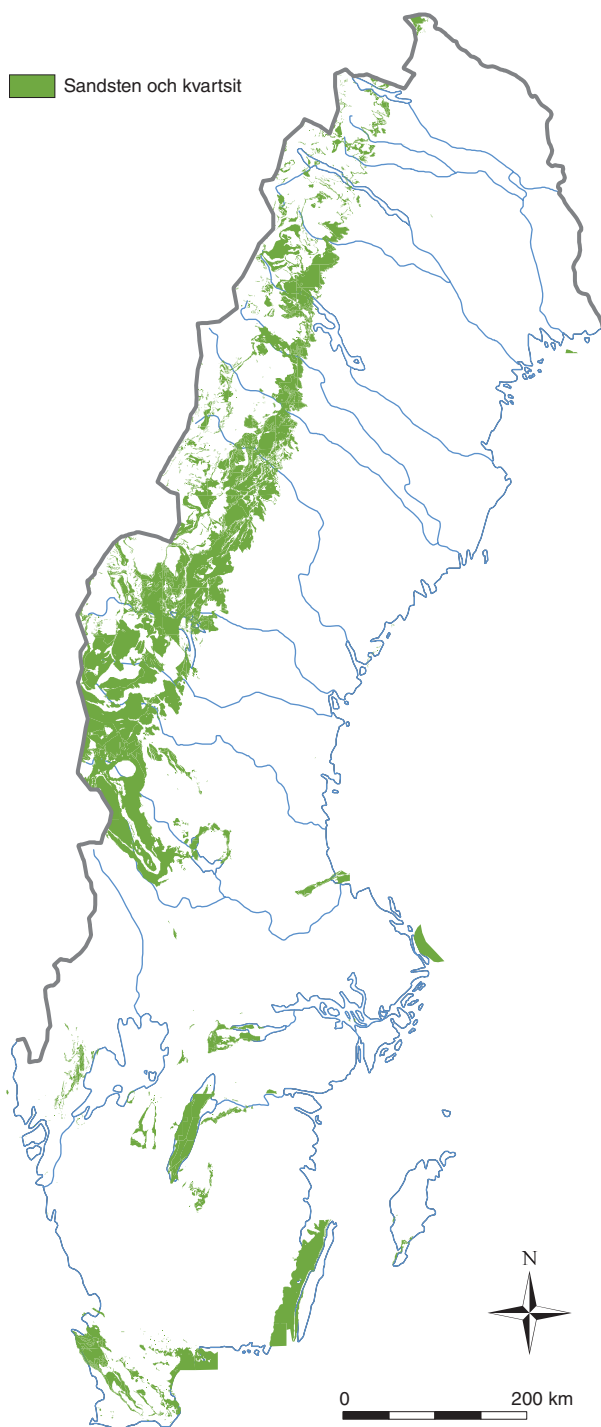
Bergartsbeskrivning; sandsten och kvartsit

Sandsten är en sedimentär klastisk bergart med en dominerande kornstorlek mellan 0,06 och 2 mm som har fem huvudsakliga beståndsdelar: bergartsfragment, kvartskorn, fältspatskorn, matrix och cement. Matrix utgörs ofta av lermineral som avsätts tillsammans med sanden eller bildas under diagenes (den process som omvandlar den lösa sanden till en bergart). Cement är utfällningar, oftast bestående av kalcit eller kvarts, som bildas under diagenes runt och mellan sandkornen. Sandstenar klassificeras utifrån den procentuella sammansättningen av bergartsfragment, kvarts, fältspat och matrix, och delas grovt in i arkos, arenit och gråvacka. Konglomerat och breccia är exempel på klastiska sedimentära bergarter med större kornstorlek och som ofta förekommer tillsammans med sandstenar.

Bergartsfragmenten och sandkornen är vittringsprodukter från andra bergarter. Vanligen avsätts dessa i floder, deltan eller andra strandnära miljöer, men sand kan också samlas på land i stora sanddyner. I sandstenar finns det bevarade sedimentära strukturer som bildats under olika förhållanden till exempel böljeslagsmärken, spårffossil, torksprickor, korsskiktning och avlastningsstrukturer. Genom att bestämma bergartens sammansättning, fossilinnehåll och undersöka de sedimentära strukturerna går det att göra en tolkning av avsättningsmiljön.

En sandstens olika korn och bergartsfragment kan vara olika stora, ha olika form och bestå av olika mineral. Det innebär att det alltid finns utrymme mellan kornen som kan vara fyllt med luft eller vätska (till exempel vatten eller olja). Kornens storlek, form och sammansättning blir också avgörande för bergartens olika fysikaliska och tekniska egenskaper, såsom porositet, permeabilitet, hårdhet och värmeledningsförmåga. Dessa påverkar i sin tur hur mycket koldioxid som kan lagras, hur mycket kolväten som kan finnas i bergarten, hur motståndskraftig bergarten är mot vittring eller hur bra den leder värme.

En kvartsit är en omkristalliserad sandsten som till skillnad mot sandsten spricker rakt genom sandkornen när man slår på den. Omvandlingen från sandsten till kvartsit sker genom påverkan



Figur 1. Karta över förekomsten av Sveriges sandstenar och kvartsiter på land.

av ökade tryck och temperatur eller hydrotermal omvandling och innebär att alla porutrymmen i sandstenen fylls med cement. Sveriges förekomster av sandsten och kvartsit visas i figur 1.

Ballastmaterial

Krossat berg ersätter idag naturgrus inom många användningsområden, vilket är i linje med det nationella miljökvalitetsmålet *Grundvatten av god kvalitet*. Bergmaterial som används för bygande kallas för ballastmaterial. I Sverige används varje år nästan 100 miljoner ton ballastmaterial

där merparten, nästan 90 miljoner ton, är krossat berg från bergtäkter (Sveriges geologiska undersökning 2019). Antalet täkter har minskat under de senaste 30 åren, men de som finns idag är större och producerar mer än dubbelt så mycket som tidigare.

De materialegenskaper som efterfrågas varierar beroende på användningsområdet. Väg- och järnvägsamakadamballast ska generellt sett ha en hög hållfasthet medan till exempel betongballast istället har höga krav på beständighet men lägre på hållfasthet. Sandsten och kvartsit bryts på flera platser i Sverige för att användas i ballastproduktion. Vid en internationell jämförelse är användningen av sandsten och kvartsit som bergmaterial i Sverige relativt låg eftersom hårda magmatiska bergarter, som är mer lämpliga för ballastanvändning, har en betydligt större geografisk utbredning.

Kvartsit används som ballastmaterial i högre utsträckning än sandsten tack vare sin höga hållfasthet. Användningen är främst som slitlager på svenska motorvägar, eftersom den är beständig mot trafikens dubbdäcksslitage under vinterhalvåret. Kvartsitens höga hållfasthet beror på komplexa kornfogar och mineralet kvarts höga hårdhet. Bergartens ljusa färg är också en positiv egenskap eftersom slitlagret reflekterar fordonens strålkastarljus, vilket minskar belysningsbehovet av vägen. För slitlagersten är motstånd mot nötning (kulkvarnsvärde) en viktig egenskap. I Sverige är det endast kvartsit och sur vulkanit ”porfyr” som uppfyller de högst ställda kraven på slitlagersten för vägar med mycket hög trafikintensitet (kulkvarnsvärde <7 procent). Vanliga magmatiska djupbergarter som granit, granodiorit och tonalit klarar vanligen inte de högst ställda kraven på 7 procent utan har erfarenhetsmässigt sämre värden, ca 8–18 procent.

Kvartsiter och sandstenar används även som betongballast; bland annat producerar två täkter på Romeleåsen i Skåne betongballast av Hardebergasandsten. En bra betongballast bör likt naturgruset ha en god arbetsbarhet vilket gör att den färskas betongen blir lätt att pumpa och flyter ut bra. Vissa sandstenar har efter noggrann krossning och siktning visat sig erhålla liknande goda egenskaper som naturgrus avseende arbetsbarhet. Det är viktigt att den kvartsit eller sandsten som ska användas som betongballast inte är alkalisilikareaktiv, vilket på längre sikt kan spräcka upp en härdad konstruktion.

SGU har pekat ut och detaljavgränsat två områden med kvartsit eller sandsten som riksintresse för värdefulla ämnen eller mineral ur ett vägmateriellintresse (se SGUs kartvisare Riksintressen, mineral).

Industrimineral

Sandsten och kvartsit är som industrimineral betraktat främst av intresse genom sitt innehåll av SiO_2 (kiseldioxid). Bergarten krossas och används som basråvara för järnlegeringar inom industrin, till eldfasta produkter samt som specialsten. Andra användningsområden är som råvara till glasull, råvara till glas, fiberoptik eller gjuterisand. Både i Närke och Västergötland har den kambriska sandstenen använts som råvara till cement, betong och produkter som ”kalksandsten”, vilken använts som fasadbeklädnad (Johansson m.fl. 1943, Lundegårdh & Fromm 1971).

SGU har pekat ut 17 (2020) områden med kvartsit eller sandsten som riksintresse för värdefulla ämnen eller mineral ur industrimineralintresse. Nio av dessa är detaljavgrensade (se SGUs kartvisare Riksintressen, mineral).

Nyttosten

I Sverige finns en lång tradition av användning av nyttosten. Användningen av sandsten och kvartsit har främst varit inriktad på byggnadssten, ornamentsten samt tillverkning av kvarnsten, slipsten och brynen. Den lokala förekomsten av olika bergarter speglas ofta i äldre byggnader, stenmurar och andra konstruktioner, vilket gör sandsten och kvartsit till en vanlig byggnadssten i äldre byggnader i till exempel Västergötland och Skåne. Tillverkning av slipstenar och brynen är

känd bland annat från Billingen (Västergötland), Orsa (Dalarna), Sälen (Dalarna) och Burgsvik på Gotland.

Sandstenens naturliga bankning med lager av ”rätt” tjocklek, i kombination med att det är en mjuk bergart, innebär att den har varit lätt att bryta och därför passerat bra som byggnadssten. Sandsten är karbonatcementerad eller kvartscementerad, där kvartscementerade sandstenar är mer motståndskraftiga mot vittring (Löfvendahl 1996). Karbonatcementerad sandsten är den som är mest lättbearbetad och föredrogs därför av de medeltida stenhuggarna. Kvartsiter är sprödare än sandstenar och därför inte lika utnyttjade som ornamentsten. De har däremot använts som byggnadssten, till exempel som fasadsten och till plattor.

Även om det finns vissa sandstenar som nästan enbart innehåller kvarts så är det vanligt att de också innehåller andra mineral som kan skapa missfärgningar när stenen har exponerats under en tid. Dessa missfärgningar gör stenen mindre attraktiv. Ett exempel på detta är nedbrytning av pyrit. Det är även en process som kan påskynda vittring av sandstenen; det bildas svavelsyra som kan lösa upp den kalk (karbonatcement) som binder samman kvartskornen. Gipsbildning är ett annat fenomen som kan ske då sulfationer reagerar med kalcium. Eftersom gips tar större plats än den ursprungliga kalken så kan stenens yta sprängas sönder. På regnskyddade delar av en byggnad kan gips bilda en svart, vårtig och oregelbunden yta som förvanskar stenens utseende.

Bergartens porositet och genomsläpplighet (permeabilitet) är andra viktiga egenskaper som avgör stenens motståndskraftighet mot vittring. Även porernas storlek är viktig för bergartens känslighet för frostvittring. Om bergarten har små porer fylls dessa helt med vatten. När vattnet fryser till is expanderar det i volym och spränger sönder stenen. En bergart med större porer är inte lika känslig då de sällan fylls helt med vatten (Fagerlund 1991). Frostkänsliga sandstenar bör torka innan användning för att minska känsligheten för frostvittring.

Sandstenarna vittrar nästan enbart på ytor som blir utsatta för väder och vind. Det är därför viktigt att skydda ornament och utsmyckningar av sandsten från påverkan av vatten, snö och is.

SGU har pekat ut tre detaljavgränsade områden med kvartsit eller sandsten som riksintresse för värdefulla ämnen eller mineral ur byggnadsstenintresse (se SGUs kartvisare Riksintressen, mineral).

Geoenergi och geotermi

I områden med sandstensberggrund finns ofta gynnsamma förutsättningar för etablering av olika typer av anläggningar för geoenergi. Med traditionell geoenergi avses relativt grunda anläggningar ner till ca 200 meters djup, och som anläggs för värme och/eller kyla av enskilda fastigheter, kontor och offentliga byggnader. Vålcementerade (täta) kvartsrika sandstenar, exempelvis kambrisk sandsten, uppvisar relativt höga värmeledningstal i jämförelse med andra bergarter, vilket ger gynnsamma förutsättningar för överföring av värme och/eller kyla mellan borrhålet och borrhålsväggen. Kvartshalten i sandstenen har störst betydelse för värmeledningsförmågan. Täta kvartsrika sandstenar har ofta en värmeledningsförmåga på 5–7 W/(m·K) medan motsvarande värden för till exempel gnejs ligger kring 3 W/(m·K). Skillnaden gör att det nödvändiga borrdjupet för ett likvärdigt effektuttag är mindre i kvartsrika sandstensområden jämfört med i gnejsområden. Om sandstensberggrunden har hög porositet och permeabilitet och utgör grundvattenmagasin kan det vara gynnsamt med geoenergi där grundvattnet används som energibärare istället för de kollektorslangar som behövs för traditionella bergvärmeanläggningar.

Till skillnad från geoenergi används begreppet geotermi för anläggningar där värmen (den geotermiska energin) tas ur djupt liggande berggrund (sandstensakviferer), där värmen härrör från geologiska processer i jordens inre, framförallt radioaktivt sönderfall. Värmen i berggrunden ökar med djupet, och normalt ökar temperaturen i svensk berggrund med 15–30 °C/km. Geotermisk energi passar framför allt till storskalig uppvärmning via fjärrvärmesystem. De bästa

möjligheterna för geotermi finns inom områden där det förekommer djupt liggande sandstensakviferer. I områden med kristallin berggrund krävs antingen naturligt uppsprucken vattenförande berggrund eller att berggrunden utsätts för hydraulisk spräckning. I Sverige har geotermi hittills enbart utnyttjats i Lunds kommun, som haft ett system igång sedan mitten av 1980-talet. Idag försörjs fjärrvärmenätet i Lund till en fjärdedel med geotermisk energi. Här utnyttjas ca 22-gradigt grundvatten från sandstenslager på 400–800 meters djup (så kallad Lundasandsten). Anläggningen, med en effekt på 45 MW, har sedan starten producerat 7 210 GWh värme, motsvarande energiinnehållet i 800 000 m³ olja, vilket inneburit ett motsvarande minskat utsläpp av ca 1,3 Mton koldioxid.

I Skåne förekommer följande geotermiskt intressanta sandstensakviferer:

- Lundasandsten 350–1 100 m djup (övre krita, campan), 20–25 °C
- Arnagergrönsand 900–1 700 m djup (övre–undre krita), 35–55 °C
- Sandstenslager i undre krita, 950–1 750 m djup, 35–55 °C
- Underjurassiska sandstenlager 1 000–1 900 m (övre trias–undre jura), 40–60 °C
- Sandstenslager inom Hammar, Flommen och Ljunghusenformationerna (mellersta och undre trias) 1 600–2 500 m, 50–75 °C.

Förutom i Skåne finns förutsättningar för geotermi i områden med djupt liggande sandstensberggrund framför allt på Gotland (kambriska sandstenslager: Viklau-, När- och Faluddenledet), i Siljansområdet (silurisk Orsasandsten) och runt Jönköping (neoproterozoiska sandstenar: Visingsögruppen).

Geologisk lagring av koldioxid

Ett led i att minska utsläppet av koldioxid till atmosfären är att avskilja koldioxid från rökgaser och sedan transportera den till en lagringsplats i berggrunden, eller på annat sätt binda koldioxiden till nya material. Det är en process som kallas CCS efter engelskans *Carbon Capture and Storage*. Miljömålsberedningen föreslår i en rapport till regeringen 2016 (SOU 2016:21) att det senast 2045 inte ska finnas några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären i Sverige, för att man därefter ska uppnå negativa utsläpp, det vill säga att man binder mer koldioxid än vad som släpps ut. Man föreslår också att utsläppen från verksamheter inom svenskt territorium, i enlighet med Sveriges internationella växthusgasrapportering, ska vara minst 85 procent lägre än utsläppen år 1990. För att dessa mål ska kunna uppnås finns CCS med som en åtgärd.

Till skillnad från stora delar av övriga Europa är CCS i Sverige främst aktuellt för avskiljning av rökgaser från basindustrin (bland annat stål-, cement- och petroleumindustrin). I motsats till andra områden i Europa ligger dessa utsläppskällor långt från potentiella lagringsplatser.

I Sverige är geologisk lagring av koldioxid aktuellt i djupa saltvattensakviferer. För att lagring ska vara möjlig krävs en lagringsbergart som är både porös och genomsläpplig, till exempel en sandsten. Lagringsbergarten måste finnas på minst 800 meters djup för att minimikravet på tryck och temperatur ska vara uppfyllt. Vid injektering tränger koldioxiden undan den salta porvätskan och koldioxiden stiger uppåt. För att förhindra läckage av koldioxid tillbaka till atmosfären måste det finnas en tät ovanliggande bergart (takbergart) som fungerar som ett lock och det ska inte finnas andra kända läckagevägar, såsom stora öppna sprickor, vid lagringsplatsen.

SGU har i en tidigare rapport (Mortensen m.fl. 2017) pekat ut sydvästra Skåne och sydöstra Östersjön som potentiella områden för geologisk lagring av koldioxid. I Östersjön är lagring aktuell i den kambriska sandstenen, medan de yngre mesozoiska sandstenarna är mest lämpade för lagring i Skåne.

BESKRIVNING AV DE GEOLOGISKA ENHETERNA

Följande kapitel omfattar en geologisk beskrivning av de sandstenar och kvartsiter som har inkluderats i projektet. De geologiska enheterna är beskrivna utifrån tre geografiska områden: Östersjön, Skåne och mellersta Sverige och räknas upp i alfabetisk ordning.

Östersjön

Burgvikssandsten

Burgvikssandstenen finns på södra Gotland och fortsätter ut i Östersjön. Den är 40 meter tjock och en del av Burgviksformationen. Hela enheten blir tunnare mot nordost (Eriksson & Calner 2007). Burgviksformationen är avsatt mellan två olika algkalkstenar (Ekeformationen och Hamraformationen) och brukar jämföras med Övedssandstenen i Skåne och Orsa-sandstenen i Dalarna, eftersom de är ungefär lika gamla.

Namn: Burgvikssandsten
Synonymer: Burgvikslager, grus-sten
Ålder: Yngre silur
Typlokal: Öja (Gotland)

Historiska och nuvarande användningsområden

Fornlämningar visar att människan redan under yngre stenålder, det vill säga efter jordbrukets införande, använde sandstenen från södra Gotland. Dess främsta användningsområde har varit som brynen och slipstenar. Historiskt sett har Burgvikssandstenen haft tre storhetstider som byggnads- och ornamentsten. Under 1100- och 1200-talet kom det första uppsvinget och sandstenen utnyttjades både som ornamentsten (framför allt dopfuntar) och byggnadssten till kyrkor på Gotland och runt hela Östersjön. Under 1500- och 1600-talet fick sandstenen ännu en storhetstid och exporterades bland annat till det svenska fastlandet, Danmark, Polen och Tyskland. 1890–1910 blev den populär igen och användes som fasadsten och till utsmyckning (Munthe 1921, Erlström m.fl. 2009). Vid Kettelvik finns ett museum där man visar hur stenen bearbetades förr i tiden.

Enligt SGUs mineralresursdatabas finns det 113 stenbrott i Burgvikssandsten, varav merparten är nedlagda (fig. 2).

Geologisk beskrivning

Eriksson och Calner (2007) identifierade tre litologiskt olika delar av Burgvikssandstenen. Den undre delen är tre meter tjock och domineras av skiffer som är mer kalkrik i sin understa del. Mellandelen är en nio meter tjock siltsten. Den övre delen är elva meter tjock och består av en bankad och väl sorterad kvartsarenit som är rik på glimmer. Burgvikssandstenen är resterna av ett delta (Eriksson & Calner 2007), vilket innebär att det för 420 miljoner år sedan fanns en stor flod som mynnade ut vid Gotland och avsatte det material som nu bildar Burgvikssandstenen.

Geokemi och tekniska egenskaper

Petrografiska analyser (Long 1993) visar att Burgvikssandstenen i genomsnitt innehåller 44,5 procent kvarts, 5,7 procent fältspat och 49,4 procent huvudsakligen kalkhaltiga bergartsfragment och fossil. Bergartens cement utgör 6,5–38 procent av den totala mängden och består oftast av kalcit. Kvarts kan förekomma som påväxt på kvartsornen. Enligt den litogeokemiska analysen har Burgvikssandstenen en kiselhalt (SiO_2) på 80 procent. Den har en porositet på 16–17 procent och en låg värmeledningsförmåga på 1,40 W/(m·K).



Figur 2. Naturstenstäkt på södra Gotland (2007). Foto: Linda Wickström.

Faluddenledet

Faluddenledet är en del av Borgholmformationen (Nielsen & Schovsbo 2007). Faluddenledet finns mellan Mossbergaledet och Alunskifferformationen. Den är tydligt avgränsad och har enbart påträffats i borrhningar på Gotland och till havs sydost om Gotland. Dess utbredningsområde sträcker sig från Baltikum in över den svenska ekonomiska zonen mot Gotland, samt i en nordost–sydvästlig tarm mellan Gotland och Öland (fig. 3). På svenskt territorium täcker det en yta på ca 33 000 km² (Mortensen 2014). I Baltikum övergår Faluddenledet i Deimenaformationen. Faluddenledet är en stor, lateralt utbrett homogen lins som lutar svagt mot sydsydost (< 1°). Dess yta är relativt plan, med mindre kupolartade fällor som har amplituder på 20–50 meter (Erlström m.fl. 2011). På Gotland finns Faluddenledet på 400 meters djup och på svenskt territorium i Östersjön finns det ner till 998 meter. I Litauen och Polen finns den motsvarande Deimenaformationen på 2 000–3 000 meters djup (Sliaupa m.fl. 2012). Faluddenledets tjocklek varierar från 1 till 49 meter och den blir tjockare mot sydost. Sandstenens tjocklek är i genomsnitt ca 10 meter på Gotland, och till havs i Östersjön ca 45 meter (OPAB 1976a, b).

Namn: Faluddenledet
Vanlig synonym: Faluddensandsten
Ålder: Mellankambrium
Typlokal: Faludden-1 (borrkärna)

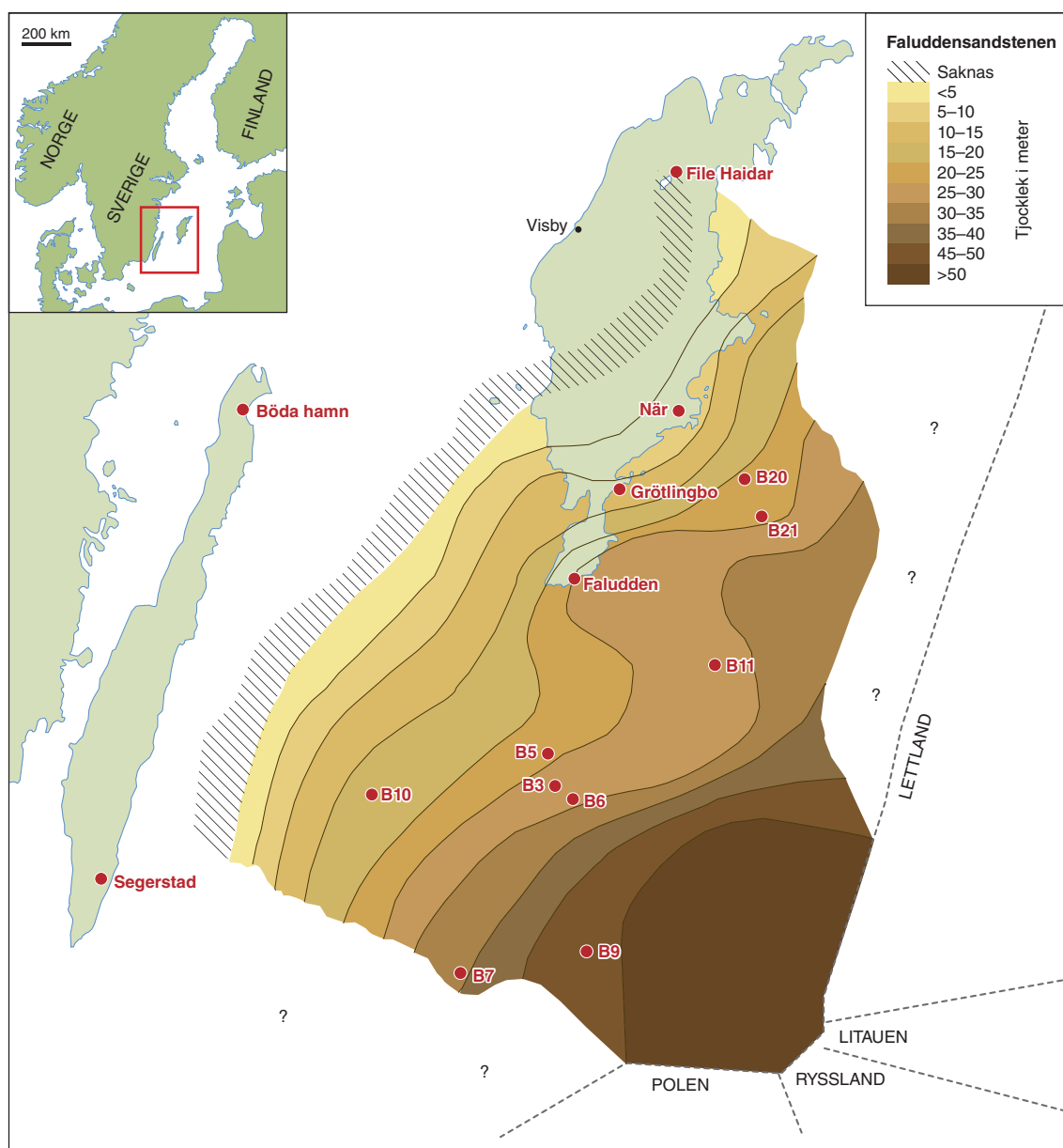
Historiska och nuvarande användningsområden

OPAB (Oljeprospektering AB) har i sina undersökningar i flera borrhningar på Gotland hittat spår av olja och gas i Faluddenledet. Geofysiska loggar från borrhningar till havs (fig. 3, B7 och B9) visar att det även finns gas i sandstenen. Under 1970- och 1980-talen pågick en omfattande kolväteprospektering i sydöstra Östersjön, där OPAB borrade och gjorde ett stort antal 2D-seismiska undersökningar till havs. Mängden olja som hittades på Gotland var relativt begränsad och en mindre produktion pågick under åren 1974–1992. Utanför den polska kusten och Kaliningrad finns flera gas- och oljefält i Deimenaformationen, där en del fortfarande är i produktion.

Faluddenledet är en saltvattenakvifer med utmärkta reservoaregenskaper och är därför lämpligt för geologisk lagring av koldioxid (Erlström m.fl. 2011). Preliminära statiska beräkningar visar att Faluddenledet har en lagringskapacitet på upp till 745 Mton koldioxid (Mortensen 2014, Anthonson m.fl. 2014), medan nyare dynamiska modelleringar indikerar en lagringskapacitet på minst 250 Mton koldioxid (Mortensen m.fl. 2016).

Geologisk beskrivning

Faluddenledet utgörs av en ren, välsorterad, fin- till medelkornig kvartsarenit. Sandstenen är karbonatcementerad, men övergår till att bli delvis kvartscementerad i de djupare delarna av svensk ekonomisk zon. Mellan sandstenslagren förekommer lager av skiffer och siltsten, och de övre 3–5 metrarna är mycket hårda och leriga med låg porositet.



Figur 3. Faluddenledets utbredningsområde (från Erlström m.fl. 2011). De röda punkterna i kartan markerar borrhål.

Faluddenledet avsattes i en kustnära miljö, där sedimenttillförseln kom från norr och öster (Siggerud 2008). Mot syd och sydväst sker ett skifte i avsättningsmiljö mot mera marina förhållanden där motsvarande lager består av mer finkornig siltsten.

Geokemi och tekniska egenskaper

Faluddenledets totala sandinnehåll (net/gross) är mycket högt, och har uppskattats till ca 90 procent (Mortensen 2014). Litogeokemiska bulkanalyser visar att SiO_2 -halten är 84,7–97,8 procent (Erlström m.fl. 2011). Dess densitet är 2,65–2,67 g/cm³.

Det finns flera olika porositetsmätningar gjorda på Faluddenledet. Enligt geofysiska loggar från olika borrhål varierar porositeten mellan 8,2 och 20 procent och permeabiliteten är mellan 0,665 och 1255 mD (millidarcy). Porositetsmätningar från borrhämnor visar en medelporositet på 14,2 procent, samt horisontal gaspermeabilitet på 77,6 mD och vertikal gaspermeabilitet på 169 mD.

Temperaturen i borrhålet för djup motsvarande Faluddenledet är 30–35 °C, med en temperaturgradient på 3–5 °C per 100 meter (OPAB 1976a, b). Det är högt jämfört med den kristallina berggrunden i Sverige där temperaturgradienten normalt ligger omkring 2 °C per 100 meter.

File Haidar-formationen

File Haidar-formationen omfattar de äldsta kambriska sandstenarna i Sverige. Den är avsatt direkt på det kristallina urberget och överlagras för det mesta av mellankambriska skiffrar. Formationen finns i ett stort område från Närke och Bottenhavet till sydöstra Östersjön. I Östersjön är dess utbredning mer eller mindre kontinuerlig och berggrundslagren har en svag lutning (< 1°) mot sydsydost. På land finns formationen i stort sett enbart i Västergötland, Östergötland, Närke och på fastlandet vid Kalmarsund. I Västergötland har överliggande skyddande bergarter förhindrat erosion och vittring av sandstenen. I både Närke och Östergötland har rörelser i jordskorpan skapat förkastningar där berggrunden i ett område har rört sig nedåt i förhållande till omgivande berggrund, vilket har skyddat de sedimentära bergarterna från erosion. Sammanlagt täcker File Haidar-formationen en yta som är minst 62 000 km². På land delas File Haidar-formationen in i Mickwitziasandsten och Lingulidsandsten och når en mäktighet på 35–40 meter (Munthe 1906), medan den till havs delas in i ytterligare led, förutom de sandstensdominerade Viklaledet och Närsandstensledet.

Namn: File Haidar-formationen
Synonym: Kalmarsundsandsten
Ålder: Äldre kambrium
Typlokal: File Haidar (borrkärna) 500412m

Viklaledet varierar i tjocklek från 6 meter på Gotska Sandön till 74 meter under Öland, men är i genomsnitt 50 meter tjockt. I borrhålet B9 (fig. 3) i den svenska delen av Östersjön har man hittat Viklaledet på 1233 meters djup. Närsandstensledet varierar i tjocklek från 7 till 60 meter (Yoldiaborrningen i yttre Hanöbukten), men är i genomsnitt 27 meter tjockt. I borrhålet B9 i södra Östersjön (fig. 3) finns Närsandstensledet på ett djup av 1146 meter.

Historiska, nuvarande och framtida användningsområden

Idag finns det ingen aktiv brytning av sandsten ur File Haidar-formationen, utan den har framför allt en historisk praktisk användning. Den har främst brutits i Västergötland och Närke där det har varit den övre delen (Lingulidsandstenen) som har varit intressant. Man har använt den som byggnadssten, ornamentsten och slipsten (Johansson m.fl. 1943, Lundqvist m.fl. 1931). Kombinationen av att den uppträder i tjocka bankar som lätt spricker upp i block och är motståndskraftig mot vittring har gjort den lämplig som byggnadssten. Den innehåller dock spår av pyrit som kan leda till missfärgning av stenen. Den nybrutna sandstenen är känslig för frost, men blir frostbeständig när den har torkat. Frostkänslighet och pyritinnehåll är två faktorer som minskar dess användbarhet. Sandstenen har brutits åtminstone sedan tidig medeltid och har som byggnadssten bland annat använts till Skara domkyrka och ett flertal medeltida kyrkor runt Kinnekulle och

södra Billingen. Slipstenarna avyttrades främst på lokala marknader, men blev utkonkurrerade av den billigare sandstenen från Gotland i början av 1900-talet.

Den kambriska sandstenen har också varit ett viktigt lokalt industrimineral. Vid Kinnekulle har den använts som råvara till järnbruk och kalkugnar, samt till cementtillverkning (Johansson m.fl. 1943). I Närke användes den som råvara i tillverkningen av gasbetong (blåbetong) och ”kalksandsten”, en produkt framtagen som fasadbeklädnad (Lundegårdh & Fromm 1971).

Ett potentiellt framtida användningsområde för File Haidar-formationen i sydöstra Östersjön är geologisk lagring av koldioxid, då Viklau- och Närsandstensleden finns på lämpligt djup och är tillräckligt porösa för att detta ska vara möjligt. I OPABs undersökningar har gasfyndigheter indikerats i Närsandstensavsnittet i borrhålet B9 (fig. 3).

Geologisk beskrivning

File Haidar-formationen förändras i sammansättning och utseende från Bottenhavet och Närke mot sydöstra Östersjön. På fastlandet är den relativt homogen i sin sammansättning och består av växellagrande sandsten och lersten. Från Kalmarsund och mot sydost, under Österjön, får enheten en delvis annan sammansättning och andelen ler- och siltstenar ökar (Nielsen & Schovsbo 2007).

Förändringen i bergartssammansättning beror på havsnivåförändringar som skedde under kambrium, där mer finkorniga sediment som utgör grunden till ler- och siltstenar avsattes på djupare vatten än de grövre sediment som dominerar den kvartsrika sandstenen. Liksom Faluddenledet har de sediment som bygger upp File Haidar-formationen sitt huvudsakliga ursprung i norr och öster (Siggerud 2008).

I Östersjöområdet är Viklauledet äldst och avsattes direkt på det kristallina urberget. Det är en fin- till medelkornig kvartsarenit med inslag av lersten som är avsatt som linser med varierande lateral utbredning. Dess övre och undre del separeras av en laminerad mörkgrön skiffer som ibland också omfattar en bioturberad (spår efter djur som levte i havsbotten) siltsten. I botten av den undre delen finns ett konglomerat. Den undre delen är mer arkosisk och den övre sandstensenheten innehåller mer kvarts. Övergången till de ovanliggande mer finkorniga bergarterna utgörs av ett successivt ökande inslag av ler- och siltsten.

Närsandstensledet är mer homogent än Viklauledet och har en större lateral utbredning. Det utgörs av en finkornig kvartsarenit med inslag av ler- och siltsten. Gränsen mot den underliggande skiffen är skarp, medan övergången mot det överliggande Grötlingboledet kan variera från skarp till diffus.

Geokemi och tekniska egenskaper

Utifrån geofysiska borrarloggar och litologiska beskrivningar har det samlade sandinnehållet (net/gross) uppskattats till 65 procent. Det kan dock finnas stora laterala variationer. SiO₂-halten i File Haidar-formationen i Västergötland är 84 procent.

Geofysiska loggar från borrhål visar att File Haidar-formationen i Östersjön har en låg porositet som varierar över utbredningsområdet (tabell 1). Nya porositetsmätningar från Västergötland visar på ännu lägre värden.

Tabell 1. Medelvärden av porositet, densitet och värmeledning för olika sandstenar inom File Haidar-formationen.

Namn	Porositet (medeltal)	Densitet (g/cm ³)	Värmeledning W/(m·K)
Viklauledet	6–15 %	2,65–2,67	
Närsandstensledet	10–14 %	2,65	
File Haidar-formationen Västergötland	2,75 %	2,53	4,96

Temperaturmätningar från borrhål visar att temperaturgradienten i den sedimentära berggrunden i Östersjön är på 3–5 °C per 100 meter (OPAB 1976a, b). Det är högre än för den genomsnittliga kristallina berggrunden i Sverige där gradienten normalt är omkring 2 °C per 100 meter. Enskilda mätresultat visar att temperaturen för Viklaudet kan variera mellan 29 och 43 °C och för Närsandstensledet 38–49 °C.

Skåne

Sedan äldsta paleozoikum har Skåne ingått i en gränzson mellan tektoniskt aktiva yngre geologiska provinser i söder och den stabila fennoskandiska skölden i norr. Plattektioniska rörelser har under flera olika perioder i jordens historia påverkat hur berggrunden ser ut idag, både på ytan och på djupet. Resultaten har varit att olika berggrundsblock har flyttats upp eller ned. Därför kan samma bergartsenhet finnas på olika djup beroende på var man befinner sig. De plattektioniska rörelserna har också roterat hela block så att lagringen ibland är vertikal snarare än den ursprungligt horisontella.

Innan karbon var de tektoniska förhållandena relativt lugna i Skåne och det fanns ingen större direkt påverkan på de redan avsatta bergarterna. Under äldre karbon försvagades paleokontinenten Baltikas sydvästra delar och berggrunden började spricka upp. Det resulterade i nedförkastning av äldre berggrund och att magma trängde upp i svaghetszoner och bildade gångar med diabas.

Under trias skedde ytterligare nedsänkning av bergblock, som till exempel skapade Höllviken-gravsänkan. Under yngre krita påverkades området av en kraftig kompression som ledde till upphöjning av bergblock längs med Tornquistzonen och att mäktiga lager med sandsten bildades i angränsade sedimentbassänger. I Erlström (2020) finns en tabell som förklarar hur de stratigrafiska enheterna i Skåne förhåller sig till varandra.

Anneroformationen

Anneroformationen är i huvudsak en lerig formation med inlagringar av silt- och sandsten (Nytorpssandsledet), som avsattas i yngre jura till äldsta krita (Norling m.fl. 1993). Den finns tillgänglig i de sydvästliga delarna av dagbrottet

Namn: Anneroformationen
Ålder: Yngre jura till äldre krita
Typlokal: Fyleverken ABs täkt, Eriksdal

vid Eriksdal i sydöstra Skåne. Som ett resultat av förkastningsrörelser utmed Fyledalens förkastningszon är den 290 meter tjocka lagerföljden i Eriksdal vertikal (Ahlberg m.fl. 2003). Enheten finns på djupet inom hela Tornquistzonen och i västra Skåne, där den är bevarad tack vare att berggrunden är nedförkastad (Guy-Ohlson & Norling 1988). Anneroformationen är indelad i fyra led där endast Nytorpssandsledet består av sandsten. De två undre (Fortunamärgel och Fyledalslera) samt det övre ledet (Vitebäckslor) består i huvudsak av märgel och lerstenar.

Historiska och nuvarande användningsområden

Sedan 1920-talet har man brutit lera i Eriksdal. Anneroformationens bergarter har använts som gjutsand, och även för keramiska syften. Idag sker ingen brytning.

Geologisk beskrivning

Nytorpssandsledet är en 25–28 meter tjock sekvens bestående av vita, grå och bruna fin- till grovkorniga sandstenar, dåligt konsoliderad sand- och siltsten med varierande halt av kolfragment, lera och järnutfällningar (Norling 1972, Guy-Ohlson & Norling 1988). Sandstenen består i huvudsak av kvartskorn, men innehåller i vissa partier även kaolin och järn (Norling & Wikman 1990).

Förekomst av kolfragment och megasporer tyder på en avsättningsmiljö med färsk- eller bräckt vatten, och det finns fossil som indikerar en viss marin påverkan (Sivhed & Wikman 1986). Nytorpssanden är troligen avsatt vid en deltafront, delvis i tidvattenskanaler (Norling & Wikman 1990).

Geokemi och tekniska egenskaper

Nytorpssandsledet har en kalkhalt på 0–2 procent (Sivhed & Wikman 1986). I övrigt är enhetens tekniska egenskaper dåligt kända.

Arnagergrönsand

I Sverige förekommer Arnagergrönsanden i sydvästra Skåne, Öresundsområdet, Vombsänkan, Kristianstadbassängen och i Hanöbassängen, samt i havsområdet söder om Skåne söderut mot Tyskland och Polen (Kornfält m.fl. 1978, Norling 1981, Sivhed m.fl. 1999, Erlström m.fl. 2004) (fig. 4). Berggrund av likartad ålder och uppbyggnad har även hittats vid Särda i Halland (Bergström m.fl. 1973). Sannolikt förekommer Arnagergrönsanden även i den svenska delen av södra Kattegatt. Samtliga förekomster i dessa områden finns på varierande djup under markytan och de enda blottningarna med Arnagergrönsand finns vid Bornholms sydkust kring Arnager. Enhetens uppbyggnad är mest känd i Sydvästskaåne där den är påträffad i 18 borrhål på djup mellan 945 och 1743 meter. Här är den uppemot 60 meter mäktig. I övriga områden varierar mäktigheten från några få till uppemot 100 meter (Norling 1981, Sivhed m.fl. 1999).

Namn: Arnagergrönsand

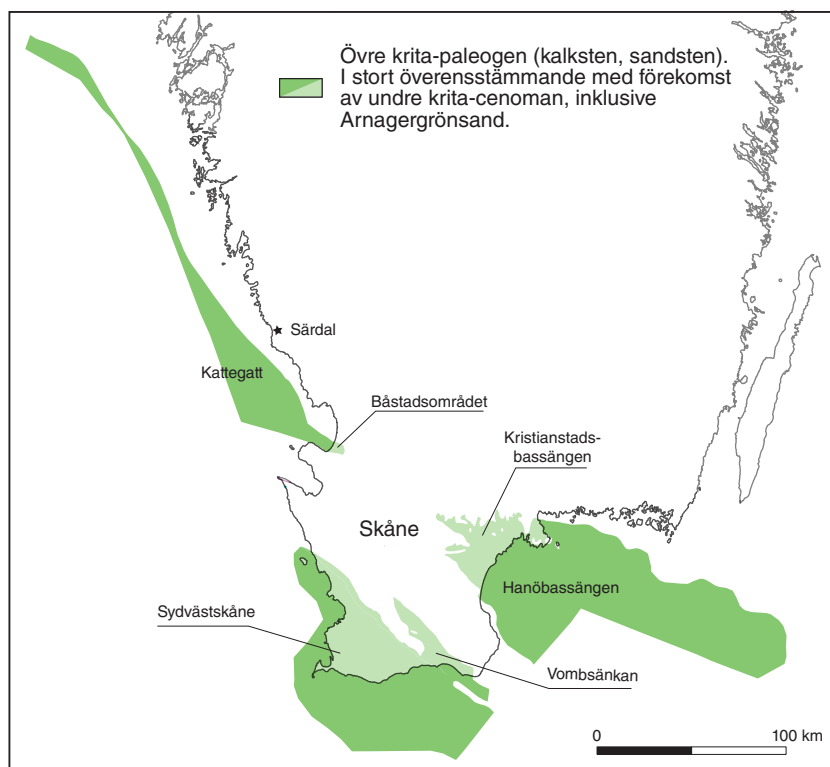
Vanliga synonymer: Cenomansand, underkretaceisk grönsand, glaukonitsand

Ålder: Krita

Typlokal: Arnager, Bornholm

Historiska och nuvarande användningsområden

Arnagergrönsanden har främst varit av intresse för dess goda egenskaper som akvifer (porositet och permeabilitet). I Kristianstadsområdet utgör den en av Sveriges bästa grundvattenmagasin medan den i Sydvästskaåne främst varit av intresse som geotermisk akvifer och kandidat för energilagring.



Figur 4. Översiktlig karta som visar förekomsten av kretaceisk berggrund på svenskt område, vilket i stort sett överensstämmer med förekomsten av undre krita och berggrund tillhörande Arnagergrönsanden och dess motsvarighet.

Geologisk beskrivning

Arnagergrönsanden består av dåligt konsoliderade fin- och medelkorniga glaukonitiska sandstenslager avsatta i en marin miljö. I lagerföljden finns även inslag av lager av konglomerat med fosfatiska mineraliseringar. Texturen domineras av löst packade och relativt dåligt sorterade kvartskorn med varierande rundningsgrad. Kornen består förutom av kvarts av en mindre mängd opaka mineral (järnsulfid och andra järnmineral), glimmer, zirkon och fältspat. Glaukonit förekommer rikligt i sandstenen som korn, aggregat och som mineraliseringar på korn och lagergränser. Glaukonit är ett grönfärgat mineral (kaliumjärnsilikat) som ger sanden dess typiskt grönaktiga färg. Sandstenen innehåller endast små mängder karbonat. Sandstenslagren har oftast en mycket oregelbunden lagring som tolkas som resultatet av omlagring genom organismer som levde på eller i bottenmiljön.

Geokemi och tekniska egenskaper

Den kemiska sammansättningen av fyra prov från Sydvästskåne karaktäriseras av en hög halt SiO_2 (79,8 %) följt av en relativt hög halt Fe_2O_3 (7,4 %) och Al_2O_3 (4,8 %), relaterat framför allt till förekomsten av kvarts och glaukonit och i viss mån fältspat. Kalcium- (i form av CaO) och magnesiumhalterna (i form av MgO) som kan kopplas till förekomsten av karbonater utgör generellt sammanlagt mindre än 2 procent av bergarten. En signifikant halt av titandioxid (1,2 %) kan kopplas till förekomsten av mineralet rutil. XRD-analys av bergarten bekräftar förutom dessa mineral en mindre förekomst av klorit, ilmenit, magnetit, pyrit, sericit och göthit. Spårämnen domineras av zirkonium, barium och krom.

Totalt finns ett 70-tal analyser av porositet, permeabilitet och korndensitet gjorda på kärnprov från Sydvästskåne. Dessa data har inhämtats från undersökningar utförda i anslutning till olika geotermiprojekt och gaslagringsprojekt under slutet av 1900-talet. Analysresultaten ger en medelporositet på 23 procent, en medelpermeabilitet på 310 mD och en medelkorndensitet på 2,68 kg/dm³.

Hansaledet

Hansaledet är en del av Höllvikenformationen och överlagrar en lerig och siltig kalkstenssekvens (Kyrkheddingeledet) och underlagrar kritberggrunden (Krusebergsledet). Dess utbredning är något osäker och det påträffas med säkerhet endast väster om Svedalaförkastningen och på Barsebäckplattformen sydväst om Romeleåsens förkastningszon, vilket representerar nordostliga kanten av Danska bassängen. Den är 10–50 meter mäktig och tjockleken avtar, tillsammans med sandstensinnehållet, från Romeleåsens förkastningszon mot sydväst (Erlström 1994, Sivhed m.fl. 1999, Erlström m.fl. 2004).

Namn: Hansaledet
Vanlig synonym: Hansasandsten
Ålder: Yngre krita
Typlokal: Hansagården-1

Historiska och nuvarande användningsområden

Enheten varken har eller har haft några användningsområden.

Geologisk beskrivning

Hansaledet är uppbyggt av medel- och grovkorniga, dåligt konsoliderade sandstenar med inslag av konglomerat och karbonatrik siltsten. Den undre delen är mest finkornig, och kornstorleken ökar högre upp i enheten. Sandstenen mellanlagras av grå, siltig kalksten vars mäktighet ökar mot sydväst och sydost tillsammans med mer leriga kalkstenar (Erlström 1994, Sivhed m.fl. 1999).

Sedimenten avsattes i ett delta, i en kustnära miljö (Erlström 1994).

Geokemi och tekniska egenskaper

Hansaledet domineras av kvarts och upp till 30 procent fragment av kristallina och sedimentära bergarter. Andelen matrix ökar nedåt i enheten där den får en mindre uppblandad karaktär. Enhetens nedre del består av matrix med uppemot 20 procent lerigt, kalkhaltigt material (Erlström 1994).

Hardebergaformationen

Hardebergaformationen avsattas direkt på det kaolinvittrade urberget och är den äldsta paleozoiska sandstenen i Skåne. Den finns blottad i sydöstra, centrala och nordvästra Skåne, men finns också på djupet i andra delar i Skåne. Dess totala mäktighet är osäker, men i Hardeberga öster om Lund är den 120 meter och i sydöstra Skåne uppskattas den till 150 meter (Norling & Wikman 1990, Lundqvist m.fl. 2011). Nordost om Romeleåsens förkastningszon förekommer den på varierande djup och i sydvästra Skåne har den enbart påträffats i djupa borrhål och i tolkade seismiska profiler (Sivhed m.fl. 1999). I Sverige delas Hardebergaformationen in i fem led: Lunkabergsledet, Hadeborgsledet, Vikledet, Branteviksledet och Tobisviksledet (Nielsen & Schovsbo 2006).

Namn: Hardebergaformationen

Vanliga synonymer: Hardebergasandsten, Simrishamnsformationen

Ålder: Äldre kambrium

Typlokal: Sydstens stenbrottet i Hardeberga

Historiska och nuvarande användningsområden

I sydöstra Skåne bröts Hardebergasandstenen på 1500-talet för att komma åt den flusspat och blyglans som förekommer i ådror i sandstenen. Brytningen återupptogs i slutet av 1600-talet, och även under en kortare period under andra världskriget. Hardebergasandstenen används som bergmaterial för ballast, och i mindre grad till byggnadssten (Erlström m.fl. 2004). Hardebergasandstens egenskaper gör den gynnsam för bergvärmeanläggningar (Erlström m.fl. 2004).

Geologisk beskrivning

Hardebergaformationen består av en homogen, gråvit, kvartscementerad kvartsrik sandsten som i vissa områden övergår i kvartsit. Den understa delen (Lunkabergsledet) kan innehålla mjuka och plastiska leror (Erlström m.fl. 2004). Det är vanligt med diabasgångar (perm–karbon) i sandstenen. Ibland har det lett till en hydrotermal omvandling av sandstenen, en process där kvartscementen ersatts av kalcit, flusspat och sulfider (blyglans). I blyglansen har även låga koncentrationer av silver hittats (Sivhed m.fl. 1999).

De underkambriska sandstenarna i Skåne avsattes i ett stort tidvattendominerat grundhav i en tektoniskt stabil miljö där det bildades deltan, laguner och tidvattenkanaler där sandstensleden representerar de olika avsättningsmiljöerna. Senare tektonik och erosion har resulterat i en mer osammanhängande förekomst av sandstenen.

Geokemi och tekniska egenskaper

Hardebergaformationen domineras av kvarts och innehåller en mindre mängd lermineral, fältspat, zirkon och ilmenit (Erlström m.fl. 2004). Cementeeringsgraden, och därmed hårdheten, varierar över utbredningsområdet. Den är inte så välcementerad i centrala Skåne, medan den öster om Lund är kvartsitisk. Petrografiska analyser visar en kvartshalt på 94,2 procent (Persson & Göransson 2010). Den höga kvartshalten innebär också höga SiO_2 -halter. I södra Sandbyområdet har kvartshalten mätts till mellan 88,8 och 95,9 viktprocent (Sivhed m.fl. 1999). Lokalt är halten av zink hög på grund av sulfidmineraliseringar (Erlström m.fl. 2004). De underkambriska sandstenarna innehåller också en relativt hög halt av kadmium.

Värmeledningsförmågan är uppmätt till 6,57 W/(m·K) inom detta projekt.

Det finns totalt 11 analyser av tekniska egenskaper relevanta för bergkvalitet (Persson & Göransson 2010a, b, c). Medelvärden av dessa analyser visar ett kulkvarnsvärde på 9,12; LA 26,38 och microDeval-värde (MDE) 6,15 procent.

Helsingborgsledet och Döshultsledet

Helsingborgsledet och Döshultsledet finns i hela den västra delen av Skåne och representerar de mäktigaste sandstensavsnitten inom Höganäs- och Ryaformationerna. Helsingborgsledet tillhör Höganäsformationen och är 215 meter tjockt och Döshultsledet tillhör Ryaformationen och är ca 110 meter. Både enheterna är sparsamt blottade och är framför allt tillgängliga längs kusten i nordvästra Skåne (till exempel Laröd), i vägskärningar och nedlagda stenbrott. I södra delen av utbredningsområdet påträffas båda formationerna enbart i djupborrningar.

Namn: Helsingborgsledet och Döshultsledet

Ålder: Rät-aalen

Typlokal: Nedlagt stenbrott i Döshult

Historiska och nuvarande användningsområden

Historiskt har byggnadssten brutits från Helsingborgsledet i området kring Helsingborg, till exempel till det danska slottet Kronborg i Helsingör och kryptan i Lunds domkyrka (Sivhed & Erlström 1991).

Höganäs- och Ryaformationerna har identifierats som potentiella lagringsenheter för koldioxid (Erlström m.fl. 2011), med en uppskattad samlad lagringskapacitet på upp till 543 Mton koldioxid (Mortensen 2014, Anthonsen m.fl. 2014).

Geologisk beskrivning

Helsingborgsledet är den yngsta delen av Höganäsformationen och karaktäriseras av strand- och deltaavlagringar genom ett antal cykliskt lagrade bankar av leror till grova arkoser. Det präglas av heteroliter, leriga och kalkiga sandstenar, lerstenar, kolflötsslar samt större lager (upp till 26 meter) med korsskiktade kvartsareniter. De korsskiktade sandstenarna (Boserupslagret) framträder tydligast i den nedre delen och i den övre delen (Fleningelagret).

Döshultsledet, är den äldsta delen av Ryaformationen och finns främst i den nordvästra delen av Ryaformationens utbredningsområde. Det avsattes under marina förhållanden där den undre delen består av grövre delvis korsskiktade silt- och sandstenar med inslag av lerstenar och kolflötser, och den övre delen domineras av ler- och mörgelstenar, där lerinnehållet ökar uppåt i lagerföljden. Den sandiga undre delen är upp till 70 meter tjock och den leriga övre delen är upp till 40 meter tjock. Blottningar av den undre sandiga delen är ofta rödbrunfärgad av järnoxid och många gånger dåligt konsoliderad. Sandstenarna i Döshultsledet (fig. 5) har en hög textuell och mineralogisk mogenhet, samt tydlig lagring med korsskiktning (Ahlberg m.fl. 2003).

Geokemi och tekniska egenskaper

Helsingborgsledets sandstenshorisonter består av ca 80 procent kvarts, 15 procent omvandlad fältspat och 5 procent siderit (Sivhed & Wikman 1986). Porositeten har mätts till mellan 19 och 30 procent, och permeabilitet uppemot 7190 mD (GEUS lab report 2003). Generellt är både porositet och permeabilitet mycket hög inom Helsingborgsledet; enstaka mätningar med låga värden kan reflektera lager av leror och kolflötsslar.

Döshultsledets undre sandstenshorisont har en kvartshalt på 75–80 procent och ca 15 procent fältspat. I Döshultsledet har porositet på 30 procent uppmätts i borrhningen Gantofta nr 360 samt vid vägskärning vid Laröd (Sivhed & Wikman 1986). Litogeokemiska analyser inom detta projekt visar att enheten har en SiO₂-halt på 95,9 procent.



Figur 5. Döshultsledet vid nedlagt stenbrott i Döshult. Foto: Gry Møl Mortensen.

Höörsandsten

Höörsandstenen finns i ett osammanhängande område från Hörby i sydost till Röstånga i nordväst i centrala Skåne. Den är sparsamt blottad och finns enbart tillgänglig i nedlagda dagbrott vid Stanstorpgraven sydväst om Höör samt i Vittseröd-området. Höörsandstenen delas in i tre led. Det understa som inte har något namn (1–15 meter), Stanstorpledet (15 meter), och Vittserödledet (max 40 meter). Den är avsatt direkt på det mer eller mindre vittrade urberget, och har en total mäktighet på ca 55 meter (Warnock 1983, Grigelis & Norling 1999, Pienkowski 2002, Ahlberg m.fl. 2003). Vid Stanstorpgraven är vissa delar av Höörsandstenen mycket uppsprucken (fig. 6).

Namn: Höörsandsten

Vanliga synonymer: Hörbyformationen, Kvarnsten, Skellningssten

Ålder: Rät–sinemur (yngre trias till äldre jura)

Typlokal: Stanstorpgraven, Höör

Historiska och nuvarande användningsområden

Den undre delen av Höörsandstenen, Stanstorpledet, användes som kvarnsten under 1600–1800-talet. Den övre delen, Vittserödledet, har sedan 1000-talet använts som byggnadssten. Till exempel är domkyrkan i Lund byggd i Höörsandsten. Brytning av Höörsandstenen har i stort sett varit nedlagt sedan början av 1900-talet, och nu används den främst till reparation av historiska byggnader (Wikman & Sivhed 1993, Norling m.fl. 1993).



Figur 6. Vid det nedlagda stenbrottet i Stanstorpsgraven, Stenskogen strax sydväst om Höör finns en välblottad lagerföljd i Höörsandsten. Foto: Gry Møl Mortensen.

Geologisk beskrivning

Den understa delen av Höörsandstenen är enbart känd från borrhningar och består av finkornig sandsten, slam- och lersten (Ahlberg m.fl. 2003). Sedan följer Stanstorpledet som domineras av arkos, subarkos och kvartsarenit med horisonter av konglomerat och lersten som innehåller kol och växtfragment. Stanstorpledet tolkas som en fluvial avlagring, där konglomerathorisonterna indikerar kortvariga och kraftfulla händelser, till exempel stora översvämningar (Norling m.fl. 1993, Pienkowski 2002, Ahlberg m.fl. 2003).

Den översta delen, Vittserödledet, domineras av en väl sorterad, finkornig, kvarts-cementerad kvartsarenit, men även subarkos och konglomerat påträffas på olika nivåer i dess övre del. Vittserödledet har en hög textuell mognad och det finns sedimentära strukturer som korsskiktning, erosionskanaler, böljeslagsmärken och graderad skiktning. Enheten tolkas som avlagrad i en kustnära, grund marin miljö (Wikman & Sivhed 1993, Pienkowski 2002, Ahlberg m.fl. 2003).

Geokemi och tekniska egenskaper

Dominerande mineral i Höörsandstenen är kvarts och kalifältspat. Vittringsmineralet kaolinit samt kolfragment förekommer också i varierande grad samt en mindre andel tungmineral, såsom ilmenit, titanit och zirkon (Norling m.fl. 1993, Sivhed & Erlström 1991).

Stanstorpledets utgörs av 54 procent kvarts (korn och cement), 20 procent fältspat och 7 procent bergartsfragment. Vittserödledet utgörs av upp till 80 procent kvarts (korn och cement), 7 procent

fältspat och 1 procent bergartsfragment. Accessoriska mineral utgör i de båda leden 0,2–0,6 procent. Höörsandstenen är i huvudsak kvartscementerad, och cementen utgör 10–25 procent av bergarten. Graden av cementering varierar kraftigt, både vertikalt och horisontellt (Wikman & Sivhed 1993, Wikman m.fl. 1993).

Litogeokemiska bulkanalyser visar att SiO₂-halten är 94,9 procent. Bergkvalitetsanalyser ger kulkvarnsvärdet 18,9, LA 73,6, microDeval-värde (MDE) 20,4 procent. Detta ger en preliminär klassning för användning av materialet för väg på 3–4 (Mortensen & Göransson 2015).

Kågerödsformationen

Kågerödsformationen är den äldsta triassiska avlagringen som påträffas utanför Höllvikensänkan, och den delas in i Kågerödsarkos (76 meter) och Kågerödslera. Hela formationen är blottad inom Tornquistzonen, i ett område mellan Lund, Eslöv och Ekeby, samt på den södra delen av Kullen vid Högnäs. Den är också väldokumenterad genom borrhinar och seismik i övriga sydvästra Skåne.

Namn: Kågerödsformationen
Vanlig synonym: Maglarp A
Ålder: Yngre trias, carnian–norian
Typlokal: Höllviken-2 (borrhål)

Kågerödsformationen tjocklek varierar kraftigt. Den är som mäktigast i nordvästra Skåne (272 meter), inom Höllvikensänkan (106 meter) och på Barsebäckplattformen. Den finns i mindre utsträckning på Skurupsplattformen (Sivhed m.fl. 1999, Norling & Wikman 1990, Erlström & Sivhed 2012).

Historiska och nuvarande användningsområden

I Kågerödstrakten har kalknodulerna i formationen använts som jordförbättringsmedel (Wikman m.fl. 1993).

Geologisk beskrivning

Kågerödsarkosen består av rödgrön arkos, sandsten och lersten som är växellagrad med konglomerathorisonter. Kågerödsarkosens undre gräns i Höllvikensänkan utgörs av en grovkornig arkos med centimeterstora fältspatskorn (Erlström & Sivhed 2012), medan den i nordvästra Skåne är ett konglomerat (Troedsson 1942). Den övre gränsen mot Kågerödsleran är en tydlig övergång från en grön, grovkornig sandsten till en grön, delvis klyvbar och laminerad lera (Erlström & Sivhed 2012).

Sandstenarna är mycket dåligt sorterade och har en medelkornstorlek på 0,3–0,5 mm (Sivhed & Wikman 1986). Konsolideringsgraden varierar inom enheten, vilket beror på hur stor del som är karbonatcementerad. Generellt har lagren av sandsten och arkos ett matrix bestående av mikrokristallin kisel och lermineral (Erlström & Sivhed 2012). Kågerödsarkosen tolkas som avsatt i en torr och ökenlik miljö.

Geokemi och tekniska egenskaper

Det förekommer stora petrografiska skillnader i Kågerödsformationen utbredningsområde (Sivhed & Wikman 1986, Erlström & Sivhed 2012). Enheten anses ha en låg kemisk mogenhet, vilket baseras på förekomsten av ovittrade fältspatskorn (Norling m.fl. 1993). Kemiska utfällningar inom formationen utgörs av SiO₂, järn och kalk (Troedsson 1942).

Porositeten har mätts till 3–27,9 procent, med ett genomsnittsvärde på 9,2 procent. Permeabiliteten har mätts till 0,17–8 250 mD, med ett genomsnittsvärde på 15 mD. Trots att väldigt höga värden på porositet och permeabilitet har uppmätts, anses Kågerödsformationen vara tät och ogenomsläpplig (Erlström & Sivhed 2012).

Köpingesandsten

Köpingesandstenen är 100 meter tjock och tillhör Vombformationen. Den finns i Vombsänkan och i sydöstra Skåne. Köpingesandstenen finns blottad i Nybroåns dalgång mellan Valleberga och Ingelstorp, men är i huvudsak känd från berggrunden på djupet genom borrhningar och geofysiska undersökningar.

Namn: Köpingesandsten

Vanliga synonymer: Ingelstorpsandsten, Vallebergasandsten, Köpingesandsten, Eriksdalsmärgel, Lyckåsmärgel och Kåsebergamärgel

Ålder: Yngre krita, campan

Historiska och nuvarande användningsområden

Köpingesandstenen har brutits nära Valleberga, Svenstorp och Kullemölla i sydöstra Skåne. Under medeltiden användes den som byggnadssten till bland annat Borrie och Bjäresjö kyrkor och även till de äldsta delarna av Lunds domkyrka (Sivhed & Erlström 1990, Lundqvist m.fl. 2011).

Geologisk beskrivning

Köpingesandstenen består av växellagrad gul till grön finkornig sandsten, konglomerat, lera och kalksten. Den innehåller en hög halt av glaukonit och det förekommer bergartsfragment av silurisk skiffer och kristallint urberg (Erlström m.fl. 2004) och är avsatt i en marin kustnära miljö (Sivhed & Erlström 1990).

Geokemi och tekniska egenskaper

Köpingesandstenen är till största delen kalkcementerad, vilket påverkar dess hårdhet. Matrix består av lera och på grund av den höga lerhalten blir den porös och lättvittrad. Enheten innehåller 40 procent kvarts, fältspat och urbergsfragment, 30 procent kalkslam och lermineral, 15 procent karbonatcement, 10 procent kalkskaliga fossilfragment och 5 procent glaukonit (Erlström m.fl. 2004).

Lellingegrönsand

Lellingegrönsand har en maximal tjocklek på 15 meter och finns i sydvästra Skåne (Sivhed m.fl. 1999, Erlström & Rasmussen 2007).

Den påträffas som erosionsrester i mindre, nedsänkta områden väster om Svedalaförkastningen, söder om Svedala och väster om

Vellingeförkastningen, i området Klagshamn–Tygelsjö, samt runt Ystad (Ringberg 1975, 1980, Erlström & Rasmussen 2007, Lundqvist 2011). Den är även påträffad i borrhningar från Klagshamn, Vellinge och Ystads hamn (Ringberg 1975, Erlström & Rasmussen 2007). Lellingegrönsand är avsatt mellan Köpenhamnsledet och Svedalamärgeln.

Namn: Lellingegrönsand

Ålder: Paleocen, äldre tertiär

Typlokal: Lellinge, Danmark

Historiska och nuvarande användningsområden

Lellingegrönsanden varken har eller har haft några kända användningsområden.

Geologisk beskrivning

Lellingegrönsand är heterogent uppbyggd och består av en glaukonitrik, lerig och grusig sandsten med inslag av konglomerat (Sivhed m.fl. 1999, Erlström & Rasmussen 2007). Grönsanden är generellt dåligt konsoliderad och kalkhaltig (Ringberg 1975). Fossil förekommer i form av skalfragment i sandiga, ibland konglomeratiska avsnitt, speciellt i den övre delen av lagerföljden (Erlström & Rasmussen 2007).

Geokemi och tekniska egenskaper

Det finns inga undersökningar rörande Lellingegrönsandens tekniska och geokemiska egenskaper.

Ljunghusensandsten och Hammarformationen "Buntsandstein"

Ljunghusensandsten och Hammarformationen är två formationer som enbart är kända från berggrunden djupt under markytan och har identifierats med hjälp av information från borrhningar och seismiska undersökningar från Höllviken-sänkan i sydvästra Skåne samt tillhörande havsområde.

Ljunghusensandstenen är ca 60 meter tjock och kan tydligt skiljas ut från den underliggande permiska berggrunden och den överlagrande Hammarformationen med hjälp av geofysisk information från borrhål. Den blir tunnare och försvinner mot nordost, men visar i övrigt inga stora laterala variationer (Sivhed m.fl. 1999, Erlström & Sivhed 2012).

Hammarformationen är som mest 150 meter tjock. Dess övre gräns mot Flommenformationen har inte definierats, men sätts vid övergången till en delvis klyvbar och laminerad lersten, vilken syns tydligt i geofysiska borrhålsloggar (Erlström & Sivhed 2012).

Namn: Ljunghusensandsten och Hammarformationen

Vanlig synonym: Buntsandstein

Ålder: Äldre trias

Typlokal: Ljunghusen-1 (borrhål)

Historiska och nuvarande användningsområden

Både Ljunghusensandstenen och Hammarformationen är saltvattenakviferer med potential inom geotermi eller geologisk lagring av koldioxid (Erlström m.fl. 2011, Mortensen 2014).

Geologisk beskrivning

Ljunghusensandstenen är en rödgrön, medel- och grovkornig välsorterad sandsten som är dåligt konsoliderad. Inom enheten finns lager av siltsten med rester av karbonatcementerad. Geofysiska borrhålsloggar från borrhålet Höllviksnäs-1 indikerar att lerhalten ökar mot toppen av formationen.

Hammarformationen består av en ljus rödgrön, delvis karbonatcementerad, finkornig, löst cementserad gråvacka som är växellagrad med en mörkröd arkos. Formationen är generellt dåligt sorterad, och består till stor grad av matrix. Det förekommer horisonter med lersten, skiffer och siltsten, och i den övre delen av lagerföljden finns det kalkstensnoder (Sivhed m.fl. 1999, Erlström & Sivhed 2012).

Ljunghusensandstenen är tolkad som en flygsandsavlagring, medan sedimenten inom Hammarformationen är tolkade som avlagrade i ett landskap med låg relief, till exempel en flodslätt (Lundqvist m.fl. 2011, Erlström & Sivhed 2012).

Geokemi och tekniska egenskaper

Ljunghusensandsten består huvudsakligen av kvartskorn med en mindre andel fältspatskorn. Järn förekommer som tunna beläggningar på kornen. Hammarformationens gråvackor har ett matrix som domineras av illit och klorit. Arkosen innehåller stora kantiga fältspatskorn och andra mineral som muskovit, hornblände, apatit och zirkon. Litogeokemiska analyser visar att den karbonatcementerade Hammarformationen har en kalciumhalt på 8,5 procent, och en relativ hög andel dolomit, vilket man kan se på magnesiumhalten (0,4–2,2 procent). Halten av SiO₂ uppgår till 56,4 procent. Det finns även relativt höga halter av mangan, molybden, koppar och krom (Erlström & Sivhed 2012).

Geofysiska loggar från borrhål som går igenom Ljunghusensandstenen visar att det är en homogen permeabel och porös enhet. Inom Hammarformationen har porositetsmätningar visat på en variation mellan 8,6 och 18,6 procent, med ett genomsnittvärde på 12,3 procent. Permeabiliteten har mätts till 19–139 mD med ett genomsnittvärde på 59 mD. Salthalten inom bergarterna varierar mellan 12 och 17 procent (Erlström & Sivhed 2012).

Lundaledet

Lundaledet är en enhet inom Höllvikenformationen. Dess totala mäktighet varierar från mer än 800 meter nära Romeleåsens förkastningszon till endast 100 meter söder om Trelleborg (Sivhed & Wikman 1986, Sivhed m.fl. 1999, Erlström m.fl. 2004). De största mäktigheterna finns intill Romeleåsens förkastnings- och flexurzon, var- efter både sandhalt och tjocklek minskar mot sydväst och övergår i siltig kalksten. Enheten är huvudsakligen känd från under markytan genom borrhningar och geofysiska undersökningar. I området kring Helsingborg finns Lundasandstenen på djup mellan 650 och 1 050 meter (Sivhed & Wikman 1986, Sivhed m.fl. 1999, Erlström m.fl. 2004).

Namn: Lundaledet
Vanlig synonym: Lundasandsten
Ålder: Yngre krita, santon–campan

Historiska och nuvarande användningsområden

Lundasandstenen har sedan 1980-talet används som geotermisk akvifer och förser Lunds kommun med värme.

Geologisk beskrivning

Lundaledet karakteriseras av växellagrande lager av kvartssandsten, karbonatsandsten och sandiga till leriga kalkstenar som överlagrar det kalk- och märgeldominerade Granviksledet. Lundaledet överlagras i sin tur av av det siltiga kalk- och lerstensdominerade Kyrkheddingeledet (Sivhed m.fl. 1999). Lundaledet kan delas in i en undre och en övre del, där den undre har ett högre lerinnehåll. De mäktigaste sandstensavsnitten hittar man i de övre 100–200 meterna av lagerföljden. Lundaledet karakteriseras av stora vertikala och laterala litologiska variationer som ökar mot nordost och mot Romeleåsen.

Lundaledets bergarter kan grovt delas in i fyra olika sammansättningar beroende på SiO_2 -halten: kvartssandsten, karbonathaltig sandsten, sandig kalksten och lerig kalksten (Erlström 1990, Sivhed m.fl. 1999) där variationen beror på mineralsammansättning, grad och typ av cementering, innehåll av fossil samt kemisk sammansättning.

Kvartssandstenen innehåller mer än 80 procent SiO_2 . Den är oftast okonsoliderad och medel- till grovkornig. Kvartskornen är måttligt rundade, med en relativt god sortering. Merparten av kvartssandstenslagren har ingen eller mycket liten andel cement. De mer välcementerade lagren innehåller amorf kisel eller sparit. Det finns stora variationer i cementeringsgrad.

Den *karbonathaltiga sandstenen* innehåller 60–80 procent SiO_2 . Den är sämre sorterad och fin- till grovkornig. Matrix kan utgöra en betydande del av sandstenen och består av kalkrika fossil-fragment. Sandstenen är kalkcementerad, och består i övrigt av kvarts och fältspat, med mindre delar glimmer, kol och opaka mineral. Glaukonit eller chamosit kan utgöra flera procent av bergartsvolymen.

De *sandiga kalkstenarna* innehåller 40–60 procent SiO_2 medan de *leriga kalkstenarna* innehåller mindre än 40 procent SiO_2 . Kornstorleken varierar från fin till grov. De enskilda lagren är olika tjocka, och uppträder både som tunna mellanlagrande lager och som mer kontinuerliga lager med mäktigheter uppemot 50 meter.

Lundasandstenen avsattes under en tid som präglades av sjunkande havsnivåer samtidigt som den Danska bassängen sjönk och gav utrymme för mäktiga klastiska avlagringar. Sedimenten avsattes som deltaavlagringar i anslutning till de floder som mynnade ut i Danska bassängen från erosionsområden nordost om Romeleåsens förkastningszon. De högre belägna källområdena i nordost har sannolikt utgjorts av Romeleåsen, Linderödsåsen och Nävlingeåsen (Erlström 1990, 1994).

Geokemi och tekniska egenskaper

Kvartssandstenen i Lundaledet har karbonathalt på mindre än 4 procent. Porositeten är oftast hög, mellan 25 och 38 procent, och permeabiliteten är vanligen mer än 1 000 mD. I de mer välcementerade lagren är porositeten bara 5–10 procent, och permeabiliteten mindre än 0,001 mD (Erlström 1990, Sivhed m.fl. 1999). Den karbonatcementerade sandstenen har en karbonathalt mellan 30 och 60 procent. Trots den höga andelen finmaterial är porositeten hög, 20–30 procent, och permeabiliteten är mellan 10–300 mD. När sandstensens matrix utgörs av finkornig karbonat minskar permeabiliteten till 0,2–4 mD (Erlström 1990, Sivhed m.fl. 1999).

Även i de sandiga och leriga kalkstenarna är porositeten hög, 10–20 procent, men permeabiliteten låg, 0,001–0,1 mD (Erlström 1990).

Mariedalformationen

Mariedalformationen introducerades av Norling m.fl. (1993). Formationen utgörs av Fuglundaledet och Glassand och har en total mäktighet på ca 180 meter. Formationen finns blottad i Fyledalens förkastningszon vid Eriksdal i sydöstra Skåne, ca 20 km norr om Ystad. Liksom övriga bergartsled i området står lagren vertikalt. Mariedalformationen är även känd från borrhningar mellan Helsingborg och Landskrona (Norling m.fl. 1993) samt från Vombsänkan (Sivhed 1984, Erlström m.fl. 2004).

Namn: Mariedalformationen

Vanlig synonym: Den undre delen:
Eriksdalslager

Ålder: Mellersta jura, bajoc–bath

Typlokal: Fyleverken ABs ler- och sandtäkt
i Eriksdal

Historiska och nuvarande användningsområden

Den extremt rena kvartssanden från Glassand har brutits i Fyledalen sedan 1938, och den årliga produktionen var som mest 120 000 ton. Kvartssanden användes till glasframställning och har även blandats med lerorna i området och använts inom gjuterier. Glassand utvanns fram till ungefär 2010. Då var användningsområdet framställning av glasfibrer och komponenter inom bland annat vägmålarfärg, keramik och till sandblästring (Norling m.fl. 1993).

Geologisk beskrivning

Det undre Fuglundaledet är en 100 meter tjock heterolitisk avsättning med tunna lager horisontellt laminerad, finkornig sandsten med spår fossil, horisontellt laminerad siltsten och mycket finkornig sandsten med rottrådar samt kolhorisonter (Norling m.fl. 1993, Erlström m.fl. 2004).

Den överlagrande Glassand är ca 100 meter tjock och utgörs av okonsoliderad sandsten, extremt ren kvartssand som är cementserad med kaolinit (Bergström m.fl. 1982, Sivhed 1984). I den undre delen av enheten finns mindre rena, grå partier. I den mellersta delen finns en brunsvart sand som innehåller humus och kolpartiklar, en enhet som i övrigt består av medelkornig sand med kors-siktning och grävspår i den övre delen. Den övre delen av Glassand består av den eftertraktade rena vita kvartssanden, med mindre förekomst av järnkonkretioner och tungmineral koncentrerade i mindre band (Norling m.fl. 1993). Mariedalformationens sediment avlagrades i en delta-miljö under varierande påverkan av havsnivån.

Geokemi och tekniska egenskaper

Kvartshalten i Glassand är 97 procent, med aluminium- och järnoxid förekommande som accessoriska mineral (Norling m.fl. 1993). I den övre delen av Glassand, där sanden är extremt ren, är kvartshalten över 99 procent (Grigelis & Norling 1999).

Röddingeformationen

Röddingeformationen är den understa delen av en i stort sett komplett jurassisk lagerföljd vid Eriksdal i sydöstra Skåne. Namnet är en informell benämning introducerad av Norling m.fl. (1993) för de järnrika avlagringarna i Fyledalens förkastningszon. Den ligger mellan den äldre Colonusskiffern och den yngre Mariedalsformationen och är ca 200 meter mäktig och liksom övriga bergarter vid Eriksdal står lagren på högkant och bildar en vertikal lagerföljd (fig. 7).

Namn: Röddingeformationen
Ålder: Äldre jura, sinemur-aalen
Typlokal: I Fyleverken ABs ler- och sand-täkt i Eriksdal

Historiska och nuvarande användningsområden

Under 1930-talet utvanns järn från den 1,7 meter tjocka järnoolithorisonten i Röddingeformationen (Ahlberg m.fl. 2003).

Geologisk beskrivning

Röddingeformationen är en fin- till medelkornig lättvittrad och okonsoliderad kvartsrik sandsten, med upp till en meter tjocka lager av konglomerat, samt kalkrika lager med marina fossil och tunna järnrika skikt (Erlström m.fl. 2004). Järnmineraliseringarna påverkar färgsättningen av sandstenen, som varierar från mörkt grågrön i ovittrade borrhärdar, till rostig rödbrun i expanderade blottningar (fig. 8). Den gulbruna limonitiska sandstenen dominerar i den blottade vittringszonen (Bergström m.fl. 1982), men i övrigt domineras enheten av chamositiska och sideritiska sandstenar (Norling m.fl. 1993). En hög mineralogisk och textuell mogenhet har observerats i sandsten (Ahlberg m.fl. 2003).

Avsättningsmiljön är tolkad som en strandnära till marin högenergimiljö, växlande med små kustnära insjöar (Erlström m.fl. 2004).



Figur 8. Järnmineraliseringar och hög vittringsgrad i Röddingeformationen vid Eriksdal.
Foto: Gry Møl Mortensen.

Figur 7. Röddingeformationen strax öster om Fyleverken AB i Eriksdal. Foto: Gry Møl Mortensen.

Geokemi och tekniska egenskaper

Sandstenen är cementerad med olika järnmineral såsom limonit, siderit och chamosit (Norling m.fl. 1993), därav den höga järnhalten. Litogeokemiska analyser visar att SiO₂-halten ligger på 75,6 procent och halten Fe₂O₃ är 29,2 procent.

Järnhalten är vanligen 8–10 procent, men upp till 35 procent har uppmätts i en sideritisk oolit-horisont (Erlström m.fl. 2004, Lundqvist m.fl. 2011).

Vilhelmsfältformationen

Vilhelmsfältformationen är 75 meter tjock och utgör den största delen av den mellanjurassiska lagerföljden i nordvästra Skåne. Den har en relativt stor utbredning inom Ängelholmstråget och har även rapporterats från norra Öresund.

Den finns blottad i Ängelholmstråget och beskriven från borrhningar (Norling & Wikman 1990, Norling m.fl. 1993, Grigelis & Norling 1999).

Namn: Vilhelmsfältformationen
Ålder: Mellersta jura, bajoc–bath

Historiska och nuvarande användningsområden

Enheten varken har eller har haft några kända användningsområden.

Geologisk beskrivning

Vilhelmsfältformationen består av dåligt konsoliderade slamstenar med tunna sandstenshorisonter och en kolhorisont i den undre delen. Vissa partier av slamstenarna är siltiga och glimmerhaltiga (Norling & Wikman 1990, Grigelis & Norling 1999, Ahlberg m.fl. 2003). Lagerföljden inleds med ca 8 meter dåligt konsoliderad, konglomeratisk sandsten med en tunn kolhorisont, därefter följer ca 55 meter grå lersten med växtfragment, och den övre delen av enhetens utgörs av 1 meter tjock sandsten överlagrad av ca 12 meter grå lersten mellanlagrad av glimmerrik sandsten med växtfragment (Sivhed 1984). Vilhelmsfältformationen avsattes under en tid med långsamt stigande havsnivåer där avsättningsmiljön växlade mellan strand-, delta- och fluviala avlagringar (Sivhed & Wikman 1986, Norling & Wikman 1990).

Geokemi och tekniska egenskaper

Det finns inga undersökningar rörande Vilhelmsfältformationens tekniska och geokemiska egenskaper.

Åhussandsten

Åhussandstenen har inte hittats som blottad berggrund utan finns som blockansamlingar vid Revhaken (Åhus) och i Kristianstadsbassängen. Borrhningar har visat att berggrunden i området är sandig (Erlström m.fl. 2004).

Namn: Åhussandsten
Ålder: Krita, santon–campan

Historiska och nuvarande användningsområden

Åhussandstenen har tidigare använts som byggnadssten till Åhus kyrka.

Geologisk beskrivning

Åhussandstenen består av en grå, medelkornig kvartssandsten med fragment från en kalkskalig marin fauna. Sandstenen är oftast karbonatcementerad, men kvartscementering förekommer också. Graden av cementering varierar inom blocken. Kvartskornen är vanligen mycket väl avrundade, men kan ha en oregelbunden form på grund av sekundär kvartsmineralisering. Kornstorlek är 0,5–0,7 mm, men kan vara upp till 1 mm. Sandstenen har inte mycket matrix, men huvudparten av kornen har en fin beläggning av lerigt material som tolkas ge den grå färgen (Hadding 1929).

Åhussandstenen återspeglar en kustnära högenergimiljö, med sandbankar under en period av sjunkande havsnivåer (Hadding 1929, Lundegren 1934).

Geokemi och tekniska egenskaper

Karbonathalten i Åhussandstenen varierar mycket beroende på fossilmängden. I prov där fossil uppträder frekvent har man mätt upp till 62 procent CaCO_3 (kalciumkarbonat) (Hadding 1929).

Övedsandsten

Övedsandstenen utgör den övre delen av den 300 meter mäktiga Öved-Ramsåsa-gruppen och omnämns första gången 1728 av Magnus von Brommell (Erlström m.fl. 2004). Den är begränsad till tre mindre områden i centrala Skåne: Öved, Östra Ringsjöns västra strand, samt Ramsåsa (Sivhed & Erlström 1991). Numer finns Övedsandstenen bara blottad i Öved och i Ramsåsa, där den överlagrar Colonusskiffern (Jeppsson & Laufeld, 1986). Sandstenen har en uppskattad mäktighet på 150–200 meter (Erlström m.fl. 2004) och lutar 10–15° åt sydväst (Sivhed & Erlström 1991).

Övedsandstenens yngsta delar är från äldre devon (Mehlqvist m.fl. 2015) och är därmed den yngsta paleozoiska enheten i Sverige. Efter Övedssandstenen följer ett stort stratigrafiskt tomrum till den triassiska Kågerödsformationen (Jeppsson & Laufeld 1986).

Namn: Övedsandsten

Vanliga synonymer: Öfvedsklosters sandsten, Old Red Sandstone.

Ålder: Pridoli (silur)– undre Lochkov (devon)

Typlokal: Helvetesgraven, Sjöbo, Skåne

Historiska och nuvarande användningsområden

Övedssandstenen har vid Helvetesgraven i Öved brutits som byggnadssten från 1700-talet och använts till bland annat Öveds kloster, Grand Hotel i Lund, samt till Postens gamla huvudkontor (nuvarande Näringsdepartementet) på Vasagatan i Stockholm (Löfvendahl 1996). En begränsad produktion av slipstenar fanns efter att det gamla brottet i Helvetesgraven lades ned i slutet av 1700-talet. Övedssandstenen bröts på nytt mellan 1896 och 1910, denna gång även under jord, ca 200 meter väster om Helvetesgraven. Förädlingen fortsatte fram till 1917. Även i området längs Östra Ringsjöns västra strand och i Ramsåsa har det under 1800-talet brutits Övedsandsten (Sivhed & Erlström 1991).

Geologisk beskrivning

Övedsandstenen består av alternerande lager av skiffer och en grå till röd, fin- till medelkornig kvartsarenit med hög glimmerhalt och järnutfällningar. Det förekommer även tunna inslag av kalksten. Färgen kan variera, från grå till rostig gul, röd och nästan brun (fig. 9). Pigmenteringen tolkas vara sekundär, och bero på vittring av pyrit (Jeppsson & Laufeld 1986). En hypotes till Övedssandstenens röda färg är att den är ett resultat av djupvittring vid de diabasgångar som finns i hela Skåne (Jeppsson & Laufeld 1986).

Övedsandstenen representerar en avsättningsmiljö med sjunkande havsnivåer i samband med att sedimentationsbassängen fylldes med sediment från den eroderande kaledoniska bergskedjan (Lundqvist m.fl. 2011). Den är rik på sedimentära strukturer, spårfossil och fossil som visar att den representerar en strandnära marin miljö. Högre upp i lagerföljden dominerar terresta (landavsatta) pollen och sporer som visar en förändring i avsättningsmiljön mot kontinentala förhållanden (Mehlqvist m.fl. 2015).

Geokemi och tekniska egenskaper

Litogeokemiska analyser visar att SiO_2 -halten är 83,6 procent.



Figur 9. Lösa block av Övedsandsten från Helvetesgraven vid Sjöbo.
Foto: Gry Møl Mortensen.

Mellersta Sverige

Almesåkrgruppen

Almesåkrgruppen är en välbevarad sedimentär enhet i centrala Småland. Den sammanlagda mäktigheten har uppskattats till 1200 meter, men eftersom lagerföljden är kraftigt veckad och förkastad, så är djupet till den underliggande kristallina berggrunden max 100 meter. Diabaser som är 970 miljoner år gamla korsar hela Almesåkrgruppen och visar att den är minst lika gammal.

Namn: Almesåkrgruppen
Ålder: Äldre neoproterozoikum

Historiska och nuvarande användningsområden

Inom utbredningsområdet för Almesåkrgruppens kvartsiter finns det två områden av riksintresse för metaller och mineral (diarienummer 41-58/93 och 46-987/2007) som pekas ut att vara viktiga för glas- och metallurgisk industri.

Geologisk beskrivning

Den sedimentära lagerföljden omfattar kvartsit, sandsten, konglomerat och mer finkorniga bergarter som siltsten. Rodhe (1987) delade in Almesåkrgruppen i fem olika formationer: Marbäcksformationen, Nässjöformationen, Brantebergsformationen, Storekvarnsformationen och Forserumsformationen. Indelningen grundas på stratigrafiska relationer inom Almesåkrgruppen och de olika enheternas bergartssammansättning. Nässjöformationen är den som dominerar till ytan inom Almesåkrgruppens utbredningsområde. I väster förekommer den kvartsitiska Storekvarnsformationen, samt Forserumsformationen, medan Brantebergsformationen förekommer i nordost. Marbäcksformationen finns endast blottad i ett mindre område i sydost.

Bergarternas sammansättning och de välbevarade sedimentära strukturerna (till exempel böljeslagsmärken och torksprickor) visar att sedimenten samlades och avsattes i floder, sjöar och i strandnära miljöer som deltan och andra områden som periodvis svämmade över (Rhode 1987).

Efter att bergarterna inom Almesåkrgruppen bildades utsattes de för tektoniska processer som innebar att berggrunden veckades. Inom utbredningsområdet finns det även områden där den kristallina berggrunden ligger ovanför de sedimentära bergarterna, vilket tolkats som överskjut-

ningar. Efter veckningen har olika block av berggrunden rört sig upp och eller ned, och skapat förkastningar som skär genom området. Tektoniska processer tillsammans med vittring och erosion har skapat förutsättningar för att hela Almesåkrgruppen finns blottad vid olika ställen.

Geokemi och tekniska egenskaper

Litogeokemiska analyser visar en SiO₂-halt på 95,9 procent. Kvartsiten i Almesåkrgruppen är mycket tät och har en porositet på 0,82 procent.

Medelvärden av bergtekniska analyser visar ett kulkvarnsvärde på 5,5, mikroDevalvärde 2,63 procent och LA 19,1. ASR (alkalisilikaresisivitet) har ett medeltal på 2,67.

Dalasandsten

Dalasandsten finns i ett större område i västra Dalarna och breder även ut sig in i Norge. Den tillhör en av de äldsta och mest välbevarade sedimentära bergarterna i Sverige. Till skillnad från yngre bergarter innehåller Dalasandstenen inga fossil, vilket innebär att det är omöjligt att göra geologiska jämförelser av olika platser, och dateringsmöjligheterna begränsas till proveniensstudier och datering av diabasgångar och basalter som skär genom sandstenen (Söderlund m.fl. 2005, Gee m.fl. 2013, Lundmark & Lamminen 2016). Sammanlagt täcker den en yta som är nästan 6 000 km².

Dalasandstenen delas traditionellt in i en övre och en undre enhet som skiljs åt av ett tjockt basalttäck, Öjebasalten (Hjelmqvist 1966). Hela enheten är påverkad av veckning i samband med den svekonorvegiska bergskedjebildningen, vilken innebär att lagerföljden är sidoställd i sydväst och blir flackare mot nordost.

Namn: Dalasandsten

Vanliga synonymer: Älvdalskvartsit, Jotnisk sandsten, Trysilssandsten (Norge)

Ålder: Mesoproterozoikum 1639–1461 Ma (miljoner år)

Historiska och nuvarande användningsområden

Det finns gott om mindre äldre stenbrott i Dalasandsten. Den har använts till kvarnstenar, brynen och som råvara för kalkbränning. Kvarnstenar har brutits i området kring Malung sedan vikingatiden (700-talet) (Löfvendahl 1996), men brytningen lades ned på 1880-talet i samband med att man började gjuta kvarnstenar i betong. Finkorniga delar har använts som slipsten, vilket finns dokumenterat från flera äldre stenbrott, till exempel runt Sälen (Ripa m.fl. 2012). Det finns även spår efter kalkbränning i områden där sandstenen är kalcitcementerad (till exempel Hållhåden).

Idag är Dalasandstenen en välutnyttjad natursten tack vare sin röda färg och de sedimentära strukturer som ger stenen sitt mönster när den sågas. Den används bland annat till fasadsten, markplattor, golvbeläggning, bänkar och skivor. Det finns (2019) ett aktivt naturstenbrott som ligger i Mångsbodarna och drivs av Wasasten. Inom Dalasandstenens utbredningsområde finns tre detaljavgränsade områden som är utpekade som riksintresse för värdefulla ämnen eller mineral (SGU Dnr 46-649/2010).

Dalasandstenens stora geografiska utbredning innebär att den har en stor påverkan på markens användningsområde, landskapets utveckling och förutsättningarna för materialförsörjning i hela västra Dalarna. I västra Dalarna används den till bergmaterial för ballast till väg och anläggningsarbeten. 2020 finns det två aktiva bergtäkter för ballast i Dalasandsten (fig. 10). Området är relativt glest befolkat, och de stora avstånden kan innebära långa transportsträckor av bergmaterial.



Figur 10. Bergtäkt i Dalasandsten, Sälen. Foto: Linda Wickström.

Geologisk beskrivning

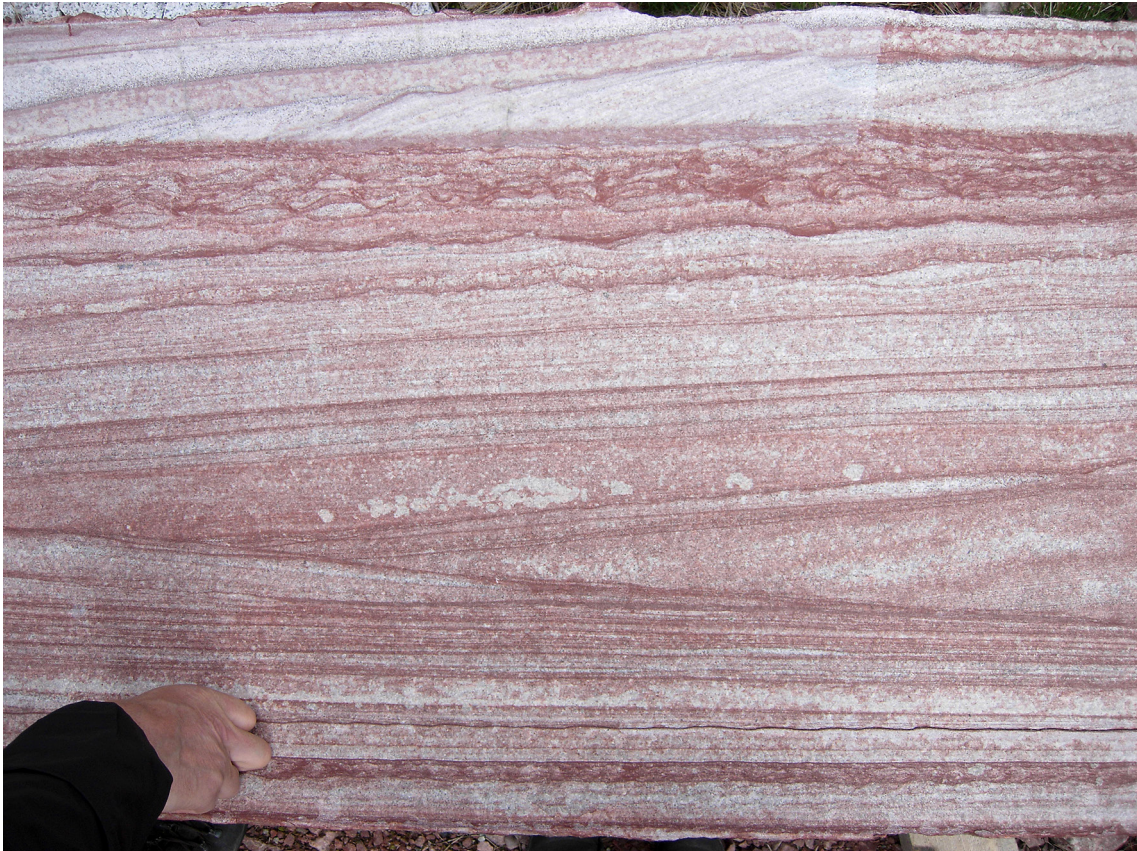
Dalasandstenen varierar i sammansättning från kvartsarenit till arenit och arkos (Ripa m.fl. 2012). Sammansättningen domineras av sandkorn eller klaster som varierar i både storlek och utseende, från runda till kantiga och från välsorterade till dåligt sorterade, vilket påverkar bergartens egenskaper. Den stora variationen visar att avsättningsmiljön varierade i utbredningsområdet och antagligen även över tid. Kontakten mot den underliggande kristallina berggrunden utgörs i sydväst av en sedimentär breccia, medan den i nordost utgörs av ett konglomerat. Sedan följer rödaktiga sandstenar med tunna lager av röd ler och siltsten (fig. 11). Törnebohm (1896) beskrev en vitgrå kvartsitsandsten eller kvartsit med röda eller grå skifferinslag ungefär 120 meter ovanför Öjebasalten. Kvartsläktasprickor förekommer i hela utbredningsområdet.

Sandstenen kring Mångsbodarna, som representerar den undre delen, har tolkats som sanddyner med tillfälliga vattentäckta områden emellan, där torksprickor och böljeslagsmärken har bildats (fig. 12). Detta är ett av de äldsta bevarade vindavsatta (eoliska) sedimenten på jorden (Pulvertaft 1985 a, b, Eriksson & Simpson 1998).

Vid Fulufället i väster har man tolkat avsättningsmiljön som ett vågdominerat delta eller att sandstenen är vindavsatt så som är beskrivet från Mångsbodarna (Ripa m.fl. 2012). Avsättning av sand i rinnande vatten har beskrivits från Fjätfallen i norr (Pulvertaft 1985 a, b) och Stora Moberget i väster, söder om Fulufället (Wickström & Dahlqvist 2016).

Geokemi och tekniska egenskaper

Eftersom Dalasandstenen främst har använts som byggnadssten under 1900-talet finns det ont om kunskap om hur den på lång sikt påverkas av vittring. Kunskap från andra bergarter och material (Fagerlund 1991) visar att Dalasandstenens låga porositet och höga kvartshalt borde innebära att den har en hög motståndskraft mot vittring.



Figur 11. Sågad Dalasandsten. Foto: Linda Wickström.



Figur 12. Fossila sanddyner. Naturstenstäkt Mångsbodarna. Foto: Linda Wickström.

Litegeokemiska analyser visar att halten SiO_2 i medeltal är 85,92 procent. Ett medeltal av 19 analyser ger en värmeledningsförmåga på 4,37 W/(m·K).

Gävlesandsten och Mälarsandsten

Gävlesandstenen jämförs ofta med Dalasandsten, och tillsammans med Mälarsandsten är de kända som en förekomst av ”Jotnisk sandsten”. Gävlesandstenen är minst 500 meter tjock (Lundegård 1967) och finns bevarad i ett stråk mellan Gävle och Storvik. Den har bevarats från erosion genom förkastningar som har sänkt berggrundsytan i området och bildat en gravsänka.

Namn: Gävlesandsten och Mälarsandsten
Vanliga synonymer: Jotnisk sandsten, Roslagssandsten
Ålder: Mesoproterozoikum

Mälarsandstenen finns blottad på öarna Pingst, Midsommar och Ekerö i Mälaren och dess utbredning är också sammankopplad med förkastningar som har skapat förutsättningar för sandstenen att skyddas mot vittring och erosion.

Historiska och nuvarande användningsområden

Gävlesandstenen har främst använts som byggnadssten till byggnader i Stockholm, Gävle, Uppsala, Falun och Sala (Hedström 1908). Det finns fyra kända äldre stenbrott i Gävlesandsten (Wik m.fl. 2009). Idag finns ingen aktiv blockstensbrytning i Gävlesandsten. I Roslagen var det förr vanligt med stora sandstensblock av Gävlesandsten i moränen, så kallad Roslagssten (Roslags-sandsten), som också har använts som byggnadssten till många hus i Stockholm.

Geologisk beskrivning

Gävlesandstenen är ofta rödaktig och kan ha röda och gulvita inslag i form av fläckar, ringar och ränder. Gorbatshev (1967) delade in Gävlesandstenen i fem olika delar. De undre delarna domineras av konglomerat och arkoser, medan de övre delarna utgörs av väl sorterade fin- till medelkorniga arkoser med lager av siltsten. Tillsammans beskriver detta en avsättning av sedimenten i en strandnära miljö som ibland låg ovanför vattenytan under en period med stigande havsnivåer. De understa delarna finns i norr och söder och den översta finns i mitten av gravsänkan. I borrhålet Holmudden, öster om Gävle, har man under den kambriska leran hittat kaolinvittrad Gävlesandsten (Sandegren 1939).

Gävlesandstenen är till största delen kvartscementerad, men karbonatcementering förekommer i närheten av det basaltlager som finns i Gävlesandstenen.

Geokemi och tekniska egenskaper

Gävlesandstenen innehåller i regel närmare 70 procent kvarts (Gorbatshev 1967) och har en SiO_2 -halt på 87–90 procent.

Medelvärden av bergkvalitetsanalyser visar ett kulkvarnsvärde på 10,5, microDeval-värde (MDE) 7,3 procent och LA 12,85.

Kyråskvartsit

Kyråskvartsiten är upp till 90 meter tjock och ingår i den undre skollberggrunden inom Kaledoniderna. Den har sin huvudsakliga utbredning öster om Östersund och i ett stråk nordost om Östersund norrut mot Hamnerdal. Det är den yngsta berggrunden i centrala Jämtland och den överlagrar Kogstaskiffern. Kvartsiten är oftast bevarad som rester av storskaliga veck och utgör därför ofta höjder med en riktning som följer en allmän trend inom Kaledoniderna. Veckningen innebär att bergartslagren ofta lutar och det kan finnas upprepningar av enheten. Det finns gott om läkta sprickor i bergarten.

Namn: Kyråskvartsit
Ålder: Yngre ordovicium
Typlokal: Rannåsen

Kyrkåskvartsiten kan jämföras med den betydligt tunnare Edekvartsiten, som är lika gammal men finns längre västerut (Karis 1998, Dahlqvist & Calner 2004). Deras utbredningsområden är dock väl åtskilda.

Historiska och nuvarande användningsområden

Kyrkåskvartsitens största användningsområde är som bergmaterial, då främst som ballast för väg. I Östersundsområdet och stora delar av Jämtland domineras berggrunden av gråvacka, kalksten och skiffer, vilka har betydligt sämre tekniska egenskaper. Kyrkåskvartsitens låga uraninnehåll och nivåer av gammastrålning innebär att den också kan användas till betong och grundläggning av hus. Kyrkåskvartsit är därför en viktig bergråvara i området.

Geologisk beskrivning

Kyrkåskvartsitens ursprungssediment är avsatt i havsmiljö påverkad av globala havsnivåförändringar i samband med klimatförändringar och den kaledoniska bergskedjebildningen (Dahlqvist 2004).

Gränsdragning mot den underlagrade Kogstaskiffern är diffus, men definieras till den första kvartsitbanken. Därefter följer två lika stora delar som är uppbyggda av växellagrande ler- eller siltsten och kvartsit. Underst i varje del dominerar ler- och siltsten tillsammans med tunna lager av fin- till medelkornig kvartsit som är upp till 1 dm tjocka. Sedan sker en gradvis övergång där kvartsitlagren blir tjockare, för att i den övre delen av varje sekvens endast bestå av kvartsit (Dahlqvist 2004). Ler- och siltstenen är avsatt under lugnare förhållanden, medan kvartsitbankarna representerar stormavsatta sediment. Kyrkåskvartsitens sammansättning varierar på olika platser i Jämtland (fig. 13 och 14), delvis på grund av att de tektoniska förhållandena har bevarat olika delar av lagerföljden, men också genom olika metamorf påverkan under den kaledoniska bergskedjebildningen.

Geokemi och tekniska egenskaper

Delar av kvartsiten innehåller en hel del matrix och fältspat och kan då delas in i lerig subarkos och subarkos. Litogeokemiska analyser inom projektet visar att de ljusa kvartsitlagren har en högre halt av SiO_2 än de mörka kvartsitlagren. Medelvärde för de ljusa är 91,75 procent, medan det är 71,6 procent för de mörka. Kalifältspat är med 95 procent den dominerande fältspaten (Dahlqvist 2004).

Kvartsitlagren har en låg porositet som i medeltal är 0,608 procent. Värmeledningsförmågan är uppmätt till 5,57 W/(m·K), som ett medelvärde av 10 analyser.



Figur 13. Täkt i Kyrkåskvartsit, Gåxjö.
Foto: Linda Wickström.



Figur 14. Täkt i Kyrkåskvartsit, Ljusberget.
Foto: Linda Wickström.

Analys av bergmaterial från Kännåsen (Österundsområdet) visar på låga kulkvarnsvärden, mellan 6,8 och 9,2, mikroDeval-värde på 7 och LA på 17. Flisighetsindex ligger på 7. Den har även låg gammastrålningsnivå och uranhalt (SGU Dnr: 33-541-2014). Gammastrålningen varierar mellan 5 och 8 mikroröntgen/timme (uR/h) vilket motsvarar 0,05–0,08 uSv/h (medelvärde 0,067). Aktivitetsindex (= CRa226/300 Bq/kg + CTh232/200 Bq/kg + CK40/3000 Bq/kg) var i genomsnitt 0,36 och uranhaltarna varierade mellan 1,1 och 2,8 ppm.

Längre norrut (Västerrottsjön) har Kyrkäskvartsiten betydligt sämre bergkvalitetsvärden, med ett kulkvarnsvärde på 18,8, LA på 30 och mikroDeval-värde (MDE) på 11 procent. Täkten vid Lövsjön är dock starkt tektoniskt påverkad eftersom den ligger i en förkastning som också skär genom ett veck. Det är även möjligt att man råkat blanda in större mängder med skiffer i provet (som finns i veckaxeln), vilket naturligtvis påverkar analysresultaten.

Orsasandsten

Orsasandsten finns endast bevarad i spåren av det gamla meteorit-nedslaget som gett upphov till Siljansringen, Dalarna, och är den yngsta bergartsenheten i Siljansområdet. Den är fossilfattig, vilket gör den svår att åldersbestämma, men resultat från en proveniensdatering tyder på att den är avsatt under sen silur till äldre devon (Gee m.fl. 2013).

Namn: Orsasandsten
Ålder: Silur–äldre devon
Typlokal: Mässbacken, Dalarna

Historiska och nuvarande användningsområden

Sandstenen i Siljansringen har använts av människan sedan urminnes tider och har varit en viktig del i den lokala ekonomin. Den har främst använts som slipsten, men man har också tillverkat brynen. Slipstenarna såldes inte bara i Sverige utan exporterades även till Tyskland och England. Det äldsta dokumenterade fyndet av en slipsten tillverkad av Orsasandsten är från utgrävningar i Sigtuna och är daterat till början av 1000-talet.

På 1700-talet fanns det ca 35 slipstensgruvor i området, och stenens höga kvalitet gjorde att försäljningen blev en välbehövlig extrainkomst för traktens bönder. På 1500-talet var slipstenarnas värde så högt att de användas istället för pengar för att betala böter. Stenen har även använts som fasad- och ornamentsten, och i början av 1900-talet började man bryta byggnadssten i större skala.

Slipstenstillverkningen har varit så betydelsefull för Orsa att man valt att ta med slipstenarna i kommunvapnet. Idag är det gamla gruvområdet i Mässbacken en del av besöksnäringen genom sitt geologiska besöksmål.

Geologisk beskrivning

Orsasandsten är en ljus finkornig karbonatcementerad subarkosisk sandsten (Petalas 1985) med enstaka inslag av lerfragment (fig. 15). De fossil som finns är omlagrade från den äldre ordoviciska och siluriska berggrunden. Sandstenen innehåller en väldigt liten andel andra bergartsfragment, men bland de som finns dominerar porfyr. Övriga bergartsfragment kommer från äldre sandstenar, porfyrier, kvartsiter och omvandlade skiffrar, vilket passar väl in med den kristallina berggrundens sammansättning väst–nordväst om Siljansringen (Petalas 1985).

Den representerar en större förändring i avsättningsmiljö som skedde i samband med den landhöjning som är förknippad med den Kaledoniska bergkedjebildningen. Orsasandstenen är tolkad som en kontinental avlagring där sedimenten avsattes som sanddyner mellan mindre slingrande vattendrag och tillfälliga sjöar. I tunna lerlager har man även hittat torksprickor och spår efter regndroppar (Petalas 1985).



Figur 15. Orsasandsten, Mässbacken.
Foto: Linda Wickström.

Geokemi och tekniska egenskaper

Det finns olika uppgifter på Orsasandstenens mineralsammansättning. Enligt Petalas (1985) innehåller Orsasandstenen i medeltal 79 procent kvarts (enstaka prov kan ha upp till 90 procent) och 9,7 procent kalifältspat (domineras av mikroklin). Kvarts, fältspat och till och med hela bergartsfragment har ofta blivit sekundärt ersatt av kalcitcement (Petalas 1985). Enligt svenskt stenkartotek består Orsasandsten till 93 procent av kvarts, 3 procent plagioklas och 2 procent kalifältspat. Petalas undersökning baseras på 150 tunnslip från olika platser och bedöms vara mer representativt.

Den litogeokemiska analysen resulterade i en SiO_2 -halt på 90,6 procent. Värmeledningsförmågan är 2,65 W/(m·K).

Visingsögruppen

Visingsögruppens bergarter finns i huvudsak runt Vätterns stränder, under Vättern och på Visingsö. De finns även bevarade vid några enstaka andra platser nordväst om Vättern. Visingsögruppen avsattes under äldre neoproterozoikum (för 850–635 miljoner år sedan), en tid i jordens historia med flera stora glaciationer som påverkade hela jordens klimat. Visingsögruppen delas in i en undre, en mellan- och en övre del, där den undre delen representerar de äldsta och den övre delen de yngsta avsatta sedimenten.

Namn: Visingsögruppen
Ålder: Ton–kryogen
Typområde: Visingsö

Historiska och nuvarande användningsområden

Den undre, kvartsrika sandstenen har vid Lemunda (norr om Motala) brutits sedan 1700-talet. I början av 1800-talet var dess främsta användningsområde tillverkning av kvarn- och slipstenar, och den utnyttjades också som byggnadssten. Under 1900-talet har sandstenen främst varit ett industrimineral och har tack vare den höga kvartshalten krossats och använts som formsand till gjuterier och som råvara till glasindustrin. Verksamheten vid stenbrottet i Lemunda lades ned under 1990-talet. Sandstenen vid Lemunda är ett detaljavgäransat riksintresse för mineraliska ämnen som råvara till glasframställning (SGU dnr 41-58/93).

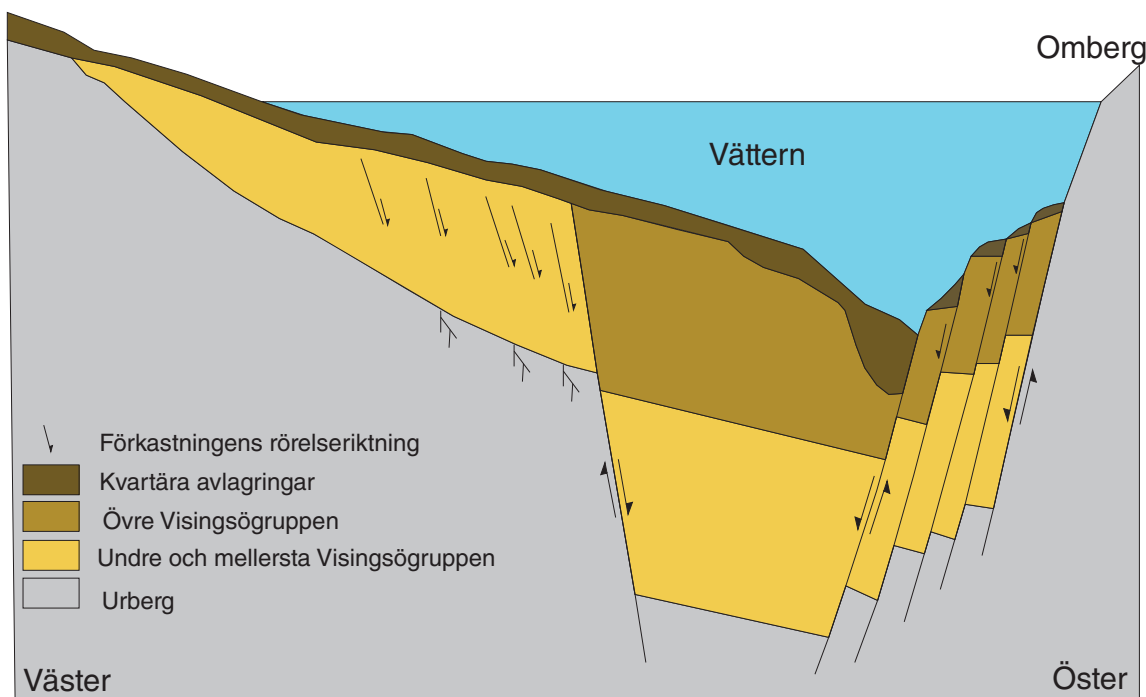
Den mellersta delen av Visingsögruppen har lokalt använts som byggnadssten, bland annat till 1100-talsborgen Näs slott på södra delen av ön, den plats där det tidiga Sverige styrdes ifrån.

2011 gjordes en utredning med hänseende på Visingsögruppens potential för geoenergi i området runt Jönköping (Länsstyrelsen 2011). Där bedömdes de geologiska och hydrogeologiska förutsättningarna som goda för utvinning och lagring av termisk energi eftersom enheten har relativt låg värmeledningsförmåga, bra vattenförande egenskaper och relativt hög värmekapacitet. Utredningen uppskattade den teoretiska maximala effektpotentialen för energiutvinning och energilagring i området kring Huskvarna och Jönköping till 12–60 MW, och att 43–216 GWh värme och kyla kan utvinnas direkt ur grundvattnet per år.

Geologisk beskrivning

Visingsögruppens bergarter är avsatta strax innan eller under tiden då Vätternsänkan bildades. Det skedde när jordskorpan började spricka upp och den gamla superkontinenten Rodinia splittrades. På västra sidan av Vättern finns den undre sandstenen avsatt direkt på det kristallina underlaget. I Vättern, där den huvudsakliga nedsänkningen av berggrunden har skett, finns hela lagerföljden bevarad och längs med Vätterns östra sida har det skapats flera förkastningar i främst nord-sydlig riktning, men det finns även mindre förkastningar i väst-östlig riktning, i samband med att delar av berggrunden har nedförkastats (fig. 16).

Den undre delen av Visingsögruppen (fig. 17) utgörs i huvudsak av en kvartsrik, porös sandsten, medan den mellersta delen (fig. 18) i huvudsak utgörs av växellagrade sandstenar och siltstenar. Den övre delen är en växellagring av finkorniga bergarter (skiffer och siltsten) och dolomitiserad kalksten och sandsten (Wikman m.fl. 1982). Lagerföljden representerar en avsättningsmiljö som blir grundare längre upp i lagerföljden.



Figur 16. Genomsnitt över Vättern i höjd med Omberg. Omritad från Axberg & Wadstein (1980).

Geokemi och tekniska egenskaper

Nya litogeokemianalyser inom projektet visar att sandstenen vid Lemunda har en SiO_2 -halt på 99,8 procent, vilket gör den till en av de renaste sandstensförekomsterna i Sverige. Vid Lemunda har sandstenen en värmeledningsförmåga på 3,18 W/(m·K).

Porositetsmätningar har gett ett värde på 11,38 procent.

I Länsstyrelsens geoenergirapport finns uppgifter om att grundvattentemperaturen i Visingsögruppen är +10–11 °C beroende på djup, och ökar med 1 °C per 100 meter.



Figur 17. Den understa delen av Visingsögruppen, Lemundasandsten. Foto: Linda Wickström.



Figur 18. Den mellersta delen av Visingsögruppen. Visingsö. Foto: Linda Wickström.

REFERENSER

- Ahlberg, A., Sivhed, U. & Erlström M., 2003: The Jurassic of Skåne, southern Sweden. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin 1*, 527–541.
- Angelin, N.P., 1877: Geologisk Öfversigts-karta öfver Scania med åtföljande text, på uppdrag av Malmöhus och Christianstads läns Kongliga Hushållnings Sällskap utarbetad. Lund. Berlings boktryckeri och stilgjuteri.
- Anthonsen, K. L., Aagaard, P., Bergmo, P. E. S., Gislason, S. R., Lothe, A. E., Mortensen, G. M. & Snæbjörnsdóttir, S. Ó., 2014: Characterisation and Selection of the Most Prospective CO₂ Storage Sites in the Nordic Region. *Energy Procedia*, 63, 4884–4896.
- Axberg, S. & Wadstein, P., 1980: Distribution of the sedimentary bedrock in Lake Vättern, southern Sweden. *Stockholm Contributions in Geology* 34, 15–25.
- Bergström, J., 1982: Guide to excursions in Scania. *Sveriges geologiska undersökning serie Ca 54*.
- Bergström, L., Christensen, W.K., Johansson, C. & Norling, E., 1973: An extension of upper Cretaceous rocks on the Swedish west coast at Särödal. *Bulletin Geological Society of Denmark* 22, 84–154.
- Brotzen, F., 1942: Grundvattnet i kritlagren vid Landskrona och dess utnyttjande genom djupborrning. *Teknisk Tidskrift* 8, 61–67.
- Börlau, E., 1959: Der Südwest- und Südostrand des Baltischen Schildes (Schonen und Ostbaltikum). *Geologiska föreningen i Stockholms förhandlingar* 81, 167–230.
- Dahlqvist, P., 2004: Late Ordovician (Hirnantian) depositional pattern and sea-level change in shallow marine to shoreface cycles in central Sweden. *Geological Magazine* 141, 605–616.
- Dahlqvist, P. & Calner, M., 2004: Late Ordovician palaeoceanographic changes as reflected in the Hirnantian – early Llandovery succession of Jämtland, Sweden. In M.C. Pope & M.T. Harris (eds.): *New Insights into Late Ordovician Climate, Oceanography, and Tectonics. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 210, 149–164.
- Eriksson, M. & Calner, M., 2007: A sequence stratigraphical model for the Late Ludfordian (Silurian) of Gotland, Sweden: implications for timing between changes in sea level, palaeoecology, and the global carbon cycle. *Facies* 54, 253–276.
- Eriksson, K. A. & Simpson, E. L., 1998: Controls on spatial and temporal distribution of Precambrian eolianites. *Sedimentary Geology* 120, 275–294.
- Erlström, M., 1994: Evolution of Cretaceous sedimentation in Scania. *Lund Publications in Geology*, No 122.
- Erlström, M., 2020: Carboniferous-Neogene tectonic evolution of the Fennoscandian transition zone, southern Sweden. In Stephens M.B. & Bergman Weihed J., (red) Sweden: Lithotectonic Framework, Tectonic Evolution and Mineral Resources). *Geological Society, London, Memoirs*, 50, 603–620.
- Erlström, M. & Rasmussen, K., 2007: Undersökning av en paleocen lagerföljd i Ystad Hamn och koppling till andra förekomster i Skåne. *SGU-rapport 2007:1*. Sveriges geologiska undersökning.
- Erlström, M. & Sivhed, U., 2012a: Pre-Rhaetian Triassic strata in Scania and adjacent offshore areas – stratigraphy, petrology and subsurface characteristics. *Rapporter och meddelanden* 132. Sveriges geologiska undersökning.
- Erlström, M. & Sivhed, U., 2012b: Overview of existing data, Swedish sector. Geological Survey of Sweden/ NORDICCS.
- Erlström, M. Guy-Ohlson, D. & Sivhed, U., 1991: Upper Jurassic – Lower Cretaceous petrography and stratigraphy at Eriksdal, Scania, southern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning serie Ca 78*, 1–59.
- Erlström, M., Thomas, S. A., Deeks, N. & Sivhed, U., 1997: Structure and tectonic evolution of the Tornquist Zone and adjacent sedimentary basins in Scania and the southern Baltic Sea area. *Tectonophysics*, 271, 191–215.
- Erlström, M., Sivhed U., Wikman, H. & Kornfält, K.-A., 2004: Beskrivning till berggrundskartorna 2D Tomelilla NV, NO, SV, SO 2E Simrishamn NV, SV 1D Ystad NV, NO 1E Örnähusen NV. *Sveriges geologiska undersökning serie Af 212–214*, 1–141.
- Erlström, M., Persson, L., Sivhed, U. & Wickström, L.M., 2009: Beskrivning till regional berggrundskarta över Gotlands län. *Sveriges geologiska undersökning serie K 221*.

- Erlström, M., Fredriksson, D., Juhojuntti, N., Sivhed, U. & Wickström, L.M., 2011: Lagring av koldioxid i berggrunden – krav, förutsättningar och möjligheter. *Rapporter och Meddelanden 131*. Sveriges geologiska undersökning.
- Fagerlund, G., 1991: Varför bryts våra stenbyggnader ner? *Kulturmiljövård 1*, 27–33.
- Gee, D.G., Ladenberger, A., Dahlqvist, P., Jaroslaw, M., Be’eri-Shlevin, Y., Frei, D. & Thomsen, T., 2013: The Baltoscandian margin detrital zircon signatures of the central Scandes. In Corfu, F., Gasser, D. & Chew, D.M., (eds) New perspectives on the Caledonian of Scandinavia and Related areas. *Geological Society of London, Special Publications 390*.
- GEUS Core Laboratory, req. no: 09201-545, 2006: Cambrian sandstones from the Baltic area, Sweden.
- Gorbachev R., 1967: Petrology of Jotnian rocks in the Gävle area, east central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning serie C 621*, 1–50.
- Grigelis, A. & Norling, E., 1999: Jurassic geology and foraminiferal faunas in the NW part of the East European Platform, a Lithuanian–Swedish geotraverse study. *Sveriges geologiska undersökning serie Ca 89*.
- Guy, D. J., 1971: Palynological investigations in the Middle Jurassic of the Vilhelmsfält boring, southern Sweden. *Publications from Institute of Mineralogy, Palaeontology and Quaternary Geology*. Lunds universitet, 1–168.
- Guy-Ohlson, D., 1986: *Jurassic Palynology of the Vilhelmsfält Bore No. 1, Scania, Sweden: Toarcian-Aalenian*. Section of Palaeobotany, Swedish Museum of Natural History.
- Guy-Ohlson, D. & Norling, E., 1988: Upper Jurassic litho- and biostratigraphy of NW Scania, Sweden. *Sveriges geologiska undersökning serie Ca 72*.
- Hadding, A., 1929: The Pre-Quaternary Sedimentary Rocks of Sweden. *Kungliga Fysiografiska Sällskapets Handlingar 40*, 254–258.
- Hedström, H., 1908: Om Sveriges naturliga byggnads- och ornamentstenar, jämte förteckning öfver de viktigaste svenska stenindustriidkande firmorna. *Sveriges geologiska undersökning serie C 209*, 1–64.
- Henkel, H., Bäckström, A., Bergman, B., Stephansson, O. & Lindström, M., 2005: Geothermal energy from impact craters? The Björkö study. In: *Proceedings World Geothermal Congress*.
- Hjelmqvist, S., 1966: Beskrivning till berggrundskartan över Kopparbergs län. *Sveriges geologiska undersökning serie Ca 40*, 1–217.
- Jeppsson, L. & Laufeld, S., 1986: The Late Silurian Öved-Ramsåsa Group in Skåne, South Sweden. *Sveriges geologiska undersökning serie Ca 58*.
- Johansson, S., Sundius, N. & Westergård, A.H., 1943: Beskrivning till kartbladet Lidköping. *Sveriges geologiska undersökning serie Aa 182*.
- Karis, L. & Strömberg, A., 1998: Jämtlands östliga fjällberggrund. Beskrivning till berggrundskartan över Jämtlands län. Del 2: Fjälldelen. *Sveriges geologiska undersökning serie Ca 53:2*, 1–363.
- Kornfält, K.-A., Bergström, J., Carsrud, L., Henkel, H. & Sundquist, B., 1978: Beskrivning till berggrundskartan och flygmagnetiska kartan Kristianstad SO. *Sveriges geologiska undersökning serie Af121*, 1–120.
- Lundegren, A., 1934: Kristianstadsområdets kritbildningar. *Geologiska föreningen i Stockholms förhandlingar 56*, 274–278.
- Lundegårdh, P.H., 1967: Berggrunden i Gävleborgs län, *Sveriges geologiska undersökning serie Ba 22*.
- Lundegårdh, P.H. & Fromm, E., 1971: Beskrivning till berggrundskartbladet Örebro SV. *Sveriges geologiska undersökning serie Af101*.
- Lundmark, A.M. & Lamminen, J., 2016: The provenance and setting of the Mesoproterozoic Dala Sandstone, western Sweden, and paleogeographic implications for southwestern Fennoscandia. *Precambrian Research 275*, 197–208.
- Lundqvist, J., Lundqvist, T., Lindström, M., Calner, M. & Sivhed, U., 2011: *Sveriges geologi från urtid till nutid*. Tredje upplagan, Studentlitteratur AB, Lund, 628 s.
- Länsstyrelsen i Jönköpings län, 2011: Geoenergi, möjligheter och förutsättningar för geoenergi i Jönköping och Huskvarna. *Meddelanden 2011:22*.
- Löfvendahl, R., 1996: Stenbrott och byggnadssten, I red Friberg, G. & Sundén B (1996) *Natursten i byggnader, Stenen i tiden från 1000-talet till 1940*. Riksantikvarieämbetet och Statens Historiska museer, 164.

- Mehlqvist, K., Steemans, P. & Vajda, V., 2015: First evidence of Devonian strata in Sweden – A palynological investigation of Övedskloster drillcores 1 and 2, Skåne, Sweden. *Review of Palaeobotany and Palynology* 221, 144–159.
- Miljömålsberedningen SOU 2016:21.
- Moczydlowska, M., Pease, V., Willman, S., Wickström L. & Agic H., 2017: A Tonian age of the Visingsö Group in southern Sweden, constrained by detrital zircon dating and biochronology: implications for evolutionary events. *Geological Magazine* 1-15. doi:10.1017/S0016756817000085
- Mortensen, G.M., 2014: CO₂ Storage Atlas for Sweden – a contribution to the Nordic Competence Centre for CCS, NORDICCS. *31st Nordic Geological Winter Meeting, Lund*.
- Mortensen, G.M. & Göransson, M., 2015: Bergkvalitet Skåne – beskrivning till bergkvalitetskarter över delar av Söderåsen, Kristianstadsområdet, Linderödsåsen och Romeleåsen. *Sveriges geologiska undersökning serie K 623*.
- Mortensen, G.M., Bergmo, P.E.S. & Emmel B.U., 2016: Characterization and estimation of CO₂ storage capacity for the most prospective aquifers in Sweden. *Energy Procedia* 86, 352–360.
- Mortensen, G.M., Erlström, M., Nordström, S. & Nyberg, J., 2017: Geologisk lagring av koldioxid i Sverige – Lägesbeskrivning avseende förutsättningar, lagstiftning och forskning samt olje- och gasverksamhet i Östersjöregionen. *Rapporter och Meddelanden 142*. Sveriges geologiska undersökning.
- Munthe, H., 1906: Beskrifning till kartbladet Tidaholm. *Sveriges geologiska undersökning serie Aa 125*
- Munthe, H., 1921: Beskrivning till kartbladet Burgsvik, jämte Hoburgen och Ytterholmen. *Sveriges geologiska undersökning serie Aa 152*, 1–172.
- 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.
- Norling, E., 1981: Upper Jurassic and Lower Cretaceous geology of Sweden. *Geologiska Föreningen i Stockholms Förhandlingar* 103, 253–269.
- Norling, E., Ahlberg, A., Erlström, M. & Sivhed, U., 1993: Guide to the Upper Triassic and Jurassic geology of Sweden, *Sveriges geologiska undersökning serie Ca 82*.
- Norling, E. & Wikman, H., 1990: Beskrivning till berggrundskartan Höganäs NO/Helsingborg NV, *Sveriges geologiska undersökning serie Af 129*.
- OPAB, 1976a: Baltic Sea Exploration activities 1971–1976, Geology and petroleum prospects. Oljeprospektering AB, Exploration Department November 1976.
- OPAB, 1976b: Baltic Sea Exploration activities 1972–1976, Geology and petroleum prospects. Oljeprospektering AB, Exploration Department November 1976.
- Persson, L. & Göransson, M., 2010a: Beskrivning till bergkvalitetskartan Romeleåsen. *Sveriges geologiska undersökning serie K 299*.
- Persson, L. & Göransson, M., 2010b: Beskrivning till bergkvalitetskartan del av Linderödsåsen. *Sveriges geologiska undersökning serie K 300*.
- Persson, L. & Göransson, M., 2010c: Beskrivning till bergkvalitetskartan Söderåsen. *Sveriges geologiska undersökning serie K 300*.
- Petalas, C., 1985: Sedimentary petrology of the Orsa sandstone, central Sweden. University of Uppsala, Institute of geology, Department of mineralogy and petrology. *UUDMP Research report no 40*, 113 s.
- Pienkowski, G., 2002: Lithofacies and palaeoenvironmental interpretation of the Early Jurassic Höör Sandstone, Southern Sweden. *Geological Quarterly*, 46, 307–320.
- Pulvertaft, T.C.R., 1985a: Aeolian dune and wet interdune sedimentation in the Middle Proterozoic Dala sandstone, Sweden. *Sedimentary Geology* 44, 93–111.
- Pulvertaft, T.C.R., 1985b: Palaeocurrent directions in the lower Dala sandstone, west central Sweden. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* 107, 5962.
- Ringberg, B., 1975: Beskrivning till jordartskartan Trelleborg NV/Malmö SV. *Sveriges geologiska undersökning serie Ae 23*.
- Ringberg, B., 1980: Beskrivning till jordartskartan Malmö SO. *Sveriges geologiska undersökning serie Ae 38*.

- Ripa, M., Mellqvist, C., Ahl, M., Andersson, D., Bastani, M., Delin, H., Kübler, L., Nysten, P., Persson, L. & Thelander, T., 2012: Beskrivning till berggrundskartan Västra delen av Dalarnas län. *Sveriges geologiska undersökning serie K 382*, 106 s.
- Rodhe, A., 1987: Depositional environment and lithostratigraphy for the middle proterozoic Almesåkra group southern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning serie Ca 69*.
- Sandegren, R., Askund, B. & Westergård A.H., 1939: Beskrivning till kartbladet Gävle. *Sveriges geologiska undersökning serie Aa 178*, 1–143.
- Siggerud, E.I.H., 2008: Sedimentology Early to Late Cambrian within the Dalders Prospect; Central Baltic Sea. In-house report to Svenska Petroleum Exploration AB.
- Sivhed, U., 1984: *Litho- and biostratigraphy of the Upper Triassic-Middle Jurassic in Scania, southern Sweden*, *Sveriges geologiska undersökning serie C 806*, 1–31.
- Sivhed, U. & Wikman, H., 1986: Beskrivning till berggrundskartan Helsingborg SV, *Sveriges geologiska undersökning serie Af 149*.
- Sivhed, U., Wikman, H. & Erlström, M., 1999: Beskrivning till Berggrundskartorna 1C Trelleborg NV och NO samt 2C Malmö SV, SO, NV och NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 191, 192, 193, 194, 196, 198*, 1–143.
- Sivhed, U. & Erlström, M., 1991: Inventering av stenbrott i Skåne – sedimentär berggrund. *Sveriges geologiska undersökning*, Dnr: 08-655/90.
- Sliaupa, S., Sliaupiene, R., Nulle, I., Nulle, U., Shogenova, A., Shogenov, K., Kuusik, R., Jarmo, K., Nordbäck, N., Wickström, L. & Erlström, M., 2012: Options for geological storage of CO₂ in the Baltic Sea region. *3rd International Conference Geosciences and environment*.
- Sveriges geologiska undersökning, 2013: Bergverksstatistik 2012: *Periodiska publikationer 2013:2*.
- Sveriges geologiska undersökning, 2019: Grus sand och krossberg 2018: *Periodiska publikationer 2019:3*.
- Sveriges geologiska undersökning, Dnr 46 649/2010 Riksintresse Dalasandsten.
- Sveriges geologiska undersökning, Dnr 41 58/93 Riksintresse Visingsögruppen.
- Sveriges geologiska undersökning, kartvisare Riksintressen, mineral (maj 2016).
- Söderlund, U., Isachsen, C. E., Bylund, G., Heaman, L. M., Patchett, P. J., Vervoort, J. D. & Andersson, U. B., 2005: U–Pb baddeleyite ages and Hf, Nd isotope chemistry constraining repeated mafic magmatism in the Fennoscandian Shield from 1.6 to 0.9 Ga. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150, 174–194.
- Troedsson, G., 1942: Bidrag till kännedomen om Kågerödsformationen i Skåne. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* 64, 289–328.
- Törnebohm, A.G., 1896: Grunddragen af det centrala Skandinavien bergbyggnad. *Kungliga vetenskaps-akademiens avhandlingar* 28.
- Warnock, J.S., 1983: Geology of the Röstänga district, central Skåne, Sweden. Ej publ. Bachelor thesis, Queen's University, Belfast, UK.
- Wickström, L.M & Dahlqvist, P., 2016: A fluvial facies in the Mesoproterozoic Dala sandstone. Preliminary results from the Moberget quarry, west-central Sweden. I Staboulis, S, Karvonen, T., & Kujaipää, A (red), *Bulletin of the Geological Society of Finland. Special volume. Abstracts of the 32nd Nordic Geological Winter Meeting*.
- Wik, N-G., Albrecht, L., Bergman, S., Kübler, L. & Sundberg, A., 2009: Malmer, inudtriella mineral och bergarter i Gävleborgs län. *Rapporter och Meddelanden 130*. Sveriges geologiska undersökning.
- Wikman, H. & Sivhed, U., 1993: Beskrivning till berggrundskartan Kristianstad SV. *Sveriges geologiska undersökning serie Af 155*.
- Wikman, H., Bergström, J. & Sivhed, U., 1993: Beskrivning till berggrundskartan Helsingborg SO. *Sveriges geologiska undersökning serie Af 180*.
- Wikman, H., Bruun, Å., Dahlman, B. & Vidal, G., 1982: Beskrivning till berggrundskartan Hjo NO. *Sveriges geologiska undersökning serie Af 120*.

BILAGA 1. DEN GEOLOGISKA TIDSSKALAN

