



RAPPORT



ÅTGÄRDER FÖR ATT MILDRA NEGATIVA KONSEKVENSER FÖR GRUNDVATTENFÖREKOMSTEN MELLERSTA GOTLAND-ROMA

Framställd för:

Cementa AB

Författare

Johan Holmén fil.dr.

Jakob Eng fil.mag.

2022-04-12

Innehållsförteckning

1.0	BAKGRUND OCH SAMMANFATTNING	3
2.0	VATTENFYLLNAD AV VÄSTRA BROTTET	4
2.1	Inledning.....	4
2.2	Praktiska förutsättningar	4
2.3	Kostnader	4
2.4	Effekter på grundvattenförekomsten.....	5
2.5	Slutsatser	7
3.0	INFILTRATION AV LÄNSHÅLLNINGSVATTEN	7
4.0	MAGASINERING AV LÄNSHÅLLNINGSVATTEN OCH ANLÄGGANDE AV ETT VATTENVERK	9
5.0	RIDÅNJEKTERING.....	10
5.1	Metoden för ridåinjektering	10
5.2	Ridåinjektering av Västra brottet.....	10
5.3	Ridåinjektering av Östra brottet	10
5.4	Ridåinjektering av File hajdar-täkten.....	11

1.0 BAKGRUND OCH SAMMANFATTNING

Inför ansökan om tillstånd till fortsatt och utökad täkt- och vattenverksamhet i Slite, har Cementa låtit utreda den ansökta verksamhetens påverkan på grundvattenförekomsten Mellersta Gotland – Roma (VISS-ID SE638285-166696, hädanefter benämnd "Roma"). Utredningen visar sammanfattningsvis att verksamheten kommer att medföra *de/s* en försämring av grundvattenförekomstens kvantitativa status med avseende på vattenbalansen, *de/s* ett äventyrande av möjligheten för grundvattenförekomsten att uppnå god kvantitativ status med avseende på saltvatteninträngning och god kemisk status med avseende på klorid.

För att verksamheten ska kunna tillåtas med stöd av 4 kap. 11–12 § vattenförvaltningsförordningen (2004:660), behöver Cementa visa att "alla genomförbara åtgärder vidtas för att mildra de negativa konsekvenserna för vattenförekomstens status". Denna rapport syftar till att beskriva möjliga åtgärder för att förstärka grundvattenförekomstens vattenbalans och minska inträngningen av saltvatten.

Följande åtgärder har bedömts vara teoretiskt möjliga och analyseras därför närmare i denna rapport:

- **Vattenfyllnad av Västra brottet** (avsnitt 2.0)
- **Infiltration av länshållningsvatten** (avsnitt 3.0)
- **Magasinerings av länshållningsvatten och anläggande av ett vattenverk** (avsnitt 4.0)
- **Ridåinjektering** (avsnitt 5.0)

Av utredningen framgår sammanfattningsvis följande. En *vattenfyllnad av Västra brottet* skulle ha en positiv påverkan på grundvattenförekomsten (både vattenbalansen och kloridhalterna). Det är dock fråga om ett mycket omfattande infrastrukturprojekt – samtliga anläggningar i Västra brottet hade behövt omlokaliseras, och öppningarna mellan Östra och Västra brottet hade behövt tätas – och det bedöms inte vara varken praktiskt genomförbart eller ekonomiskt försvarbart att genomföra en sådan omfattande förändring inom ramen för den nu ansökta fyraårsperioden. Cementa har istället för avsikt att avsluta verksamheten i Västra brottet i samband med utgången av det nu ansökta tillståndet, och därefter – inom ramen för det långsiktiga täkttillståndet, som Cementa kommer att ansöka om under slutet av år 2022 – omlokalisera samtliga anläggningar och låta täkten vattenfyllas.

Infiltration av länshållningsvatten bedöms vara förknippat med ett antal risker och problem, bland annat vad gäller möjligheten att hitta ett lämpligt infiltrationsområde i närheten av bolagets täkter. Cementa skulle eventuellt kunna infiltrera länshållningsvatten vid de norra delarna av Hejnum Kallgate, för att bidra till ökad grundvattenutträngning vid rikkärren i Natura 2000-områdena Hejnum Kallgate och Bojsvätar. För att en sådan åtgärd ska lyckas krävs att rätt mängd vatten hamnar på rätt plats vid rätt tidpunkt – i annat fall kan den positiva effekten utebli alternativt kan skada uppstå på naturtyper i Natura 2000-områdena. Det krävs avsevärd tid och stora resurser för att få till stånd en infiltration som skulle gynna Natura 2000-områdena. Av denna anledning bedöms det inte vara praktiskt möjligt eller ekonomiskt försvarbart att genomföra den här typen av åtgärd inom ramen för den nu ansökta fyraårsperioden.

Magasinerings och rening av länshållningsvatten – dvs. att länshållningsvattnen magasinerar på lämplig plats, för att därefter renas i ett av Cementa bekostat reningsverk och nyttjas för den allmänna dricksvattenförsörjningen – bedöms leda till positiva konsekvenser för grundvattenförekomstens status. Cementa åtar sig inom ramen för den nu aktuella tillståndsansökan att bekosta ett nytt vattenverk som kan producera vatten för den allmänna vattenförsörjningen. Cementa kommer dock inte, inom ramen för den ansökta fyraårsperioden, kunna leda något vatten från bolagets verksamhet till det nya vattenverket. För att en sådan åtgärd ska vara tekniskt, ekonomiskt och miljömässigt försvarbar behöver Cementa kunna bedriva sin verksamhet under en längre tidsperiod än fyra år. Cementa har dock för avsikt att ansöka om tillstånd till en sådan vattenbortledning i samband med den ansökan som ska ges in till mark- och miljödomstolen i slutet av 2022.

En *ridåinjektering* kan leda till höjda grundvattennivåer och lägre kloridhalter. Cementa ska enligt det nu gällande tillståndet genomföra en ridåinjektering av bergväggar i Västra brottet. För det fall ridåinjekteringen inte hinner slutföras inom ramen för det befintliga tillståndet, kommer Cementa att istället slutföra ridåinjekteringen inom ramen för det nu ansökta tillståndet. Det bedöms i nuläget inte vara miljömässigt motiverat att ridåinjektera bergväggar i Östra brottet, eftersom sött grundvatten främst strömmar mot Västra brottet. Det bedöms inte heller vara miljömässigt motiverat att i nuläget ridåinjektera File hajdar-täkten, eftersom det endast skulle ha en minimal påverkan under den tid på året (sommaren) då det uppstår en brist på grundvatten.

2.0 VATTENFYLLNAD AV VÄSTRA BROTTET

2.1 Inledning

Det är i första hand länshållningen av Västra brottet som medför en negativ påverkan på grundvattenförekomsten Roma. Cementa har inlett en förstudie avseende förutsättningarna att avsluta verksamheten i Västra brottet och låta täkten vattenfyllas, samt vilka effekter en sådan vattenfyllnad skulle ha på grundvattenförekomsten Roma. Nedan följer en redogörelse för de hittillsvarande resultaten av förstudien, som inte ännu har avslutats.

2.2 Praktiska förutsättningar

Om Västra brottet ska vattenfyllas, behöver Cementa dessförinnan 1) flytta samtliga anläggningar från täkten, och 2) täta öppningarna mellan Östra och Västra brottet.

Primärkrossen bör lämpligen kunna omlokaliseras till en av två möjliga positioner: Östra brottet eller File hajdar-täkten. Förutsatt att Östra brottet fortsatt kommer kunna länshållas, bör primärkrossen flyttas dit. Om Östra brottet inte längre kan länshållas, behöver primärkrossen (och stenlagret) istället flyttas till File hajdar-täkten.

Om primärkrossen och stenlagret är lokaliserade i Östra brottet kommer flödet av krossat material in till fabriksprocesserna ske via befintlig fast infrastruktur. Om primärkross och stenlager istället är lokaliserade i File hajdar-täkten, kommer flödet av krossat material in till fabriksprocesserna mycket sannolikt ske via fast transportband längs med den befintliga truckvägen.

Verkstäderna, spolhallen, kontoret och personallokalerna – som idag är belägna i Västra brottet – har ett relativt begränsat areellt fotavtryck. Med hänsyn till det begränsade areella behovet och att dessa funktioner är något mer flexibla i sin placering (jämfört med primärkrossen och stenlageret) bedöms de kunna omlokaliseras gemensamt eller fördelat mellan platser i File hajdar-täkten, området mellan File hajdar-täkten och fabriksområdet, Östra brottet eller inom fabriksområdet (på marknivå).

Västra och Östra brottet är idag förbundna genom två underjordiska tunnlar. För att det ska vara möjligt att vattenfylla Västra brottet och fortsätta länshålla Östra brottet, kommer Cementa behöva täta mellan de två täkterna. Tätningen behöver utföras på ett säkert sätt med hänsyn till risken för dammbrott. Tätningen behöver också i så stor utsträckning som möjligt förhindra inträngning av vatten från Västra brottet till Östra brottet. En sådan tätning bedöms vara tekniskt genomförbar.

2.3 Kostnader

Cementa har låtit uppskatta kostnaderna för en omlokalisering av de anläggningar som idag är belägna i Västra brottet. Som framgår av avsnitt 2.2 ovan, har Cementa ännu inte kunnat identifiera någon *specifik* plats dit anläggningarna kan flyttas. Den nedan redovisade kostnadsuppskattningen är således behäftad med vissa osäkerheter.

Kostnadsuppskattningen har delats upp i relativt *platsberoende* kostnadsposter (d.v.s. kostnader som till stor del inte påverkas av till vilken plats omlokaliseringen sker) respektive *platsberoende* kostnadsposter (d.v.s. kostnader som i stor omfattning påverkas av till vilken plats omlokaliseringen sker).

Platsberoende kostnader

Anläggning	Uppskattad kostnad
Primärkross	100 000 000 SEK
Verkstad och spolhall	40 000 000 SEK
Personal- och kontorslokaler	15 000 000 SEK
Annan fast utrustning	10 000 000 SEK

Platsberoende kostnader

Anläggning	Uppskattad kostnad
Bandtransport från primärkross till stenlager (inom Östra brottet)	5 000 0000 – 10 000 000 SEK
Bandtransport från primärkross till stenlager (inom eller intill File hajdar-täkten)	5 000 000 – 50 000 000 SEK

Vidare tillkommer kostnader för tätning av de sammanbindande tunnlarna mellan Västra brottet och Östra brottet, samt eventuellt ny fordonspassage från truckvägen till Östra brottet. Kostnaden för tätning av tunnlarna är beroende av en rad faktorer som ännu inte har studerats i närmare detalj. En eventuell ny fordonspassage förväntas kosta ca 20 000 000 – 30 000 000 SEK.

Sammanfattningsvis bedöms totalkostnaden för en omlokalisering av verksamheten i Västra brottet uppgå till minst 190 000 000 SEK, men kan beroende på lokaliseringen uppgå till 245 000 000 SEK, exklusive tätning av tunnlarna.

2.4 Effekter på grundvattenförekomsten

Cementa har med hjälp av den uppdaterade grundvattenmodellen (som beskrivs i en separat bilaga till miljökonsekvensbeskrivningen) låtit beräkna och analysera hur grundvattensituationen i Slite kan förändras till följd av en vattenfyllnad av Västra brottet. De resultat som presenteras nedan baseras delvis på simuleringar utförda i den uppdaterade grundvattenmodellen.

På pumpledningarna i Östra brottet sitter elektromagnetiska flödesmätare. Det registrerade flödet omfattar länshållningsvatten från både Västra och Östra brottet eftersom länshållningsvattnet från Västra brottet först pumpas eller rinner med självfall till Östra brottet, varifrån allt vatten slutligen pumpas till Östersjön. Volymen länshållningsvatten från Västra och Östra brottet uppgick till ca 1 100 000 m³/år under åren 2011–2016.

Sedan vattenfyllnaden av pall 2 i Västra brottet inleddes under år 2017, har volymen bortlett länshållningsvatten minskat kraftigt till ca 609 000 m³/år under åren 2017–2021. Volymen länshållningsvatten som leds bort från Västra brottet är betydligt större än volymen länshållningsvatten som leds bort från Östra brottet.

Om Västra brottet vattenfylls kommer inte längre något länshållningsvatten att pumpas från Västra till Östra brottet, och därmed försvinner den stora mängden länshållningsvatten från Västra brottet från den totala mängden länshållningsvatten.

Grundvattenflödet till Östra brottet kommer dock att öka till följd av vattenfyllnaden av Västra brottet, eftersom vatten från det vattenfyllda Västra brottet kommer läcka in i det dränerade Östra brottet. I nuläget (år 2021) är den uppskattade och beräknade vattenbortledningen från Östra brottet cirka 210 000 m³/år, varav cirka 50 % är grundvatten. Om Västra brottet vattenfylls, beräknas vattenbortledningen från Östra brottet öka till drygt 250 000 m³/år, varav cirka 60 % kommer att bestå av grundvatten. Grundvatteninflödet till Östra brottet kommer delvis bero på hur väl tunneln mellan Västra och Östra brottet tätas. Den ovan redovisade beräkningen utgår från att tunneln kommer att tätas med omfattande tunnelpluggar så att den totala resistansen för flöde genom den tidigare tunneln blir ungefär lika stor som resistansen för flöde genom det omgivande berget.

Om länshållningen av Västra brottet upphör, kommer tåkten sedermera omvandlas till en sjö. Det kommer dock ta lång tid (cirka 40 år) för vattennivån i Västra brottet att naturligt stiga till en hög vatten- och dämningnivå. Vi har vid denna uppskattning antagit att inget ytvattendrag kommer att ledas in i Västra brottet.

När Västra brottet är en vattenfylld sjö, visar de genomförda vattenbalansberäkningarna att en vattennivå på +1 m ö.h. kommer kunna upprätthållas i Västra brottet samtidigt som Östra brottet är dränerat. Det beror sammanfattningsvis på att den volym vatten som skulle tillföras Västra brottet via nettonederbörden skulle vara större än den volym vatten som skulle läcka in i Östra brottet. Under perioden höst – vår, kommer det att uppstå ett mindre överskott av ytvatten i Västra brottet. Det kommer däremot inte finnas något överskott av ytvatten under sommarmånaderna (förutsatt att vattennivån ligger på + 1 m ö.h.). Det totala överskottet av ytvatten i det vattenfyllda Västra brottet bedöms vara i storleksordningen 100 000 m³ för hela året. Det är ingen stor vattenmängd i jämförelse med andra vattendrag kring Slite.

Den stora förändringen för grundvattensituationen när Västra brottet vattenfylls är att grundvattennivåerna kommer att stiga runt Västra brottet, och att det betydande grundvatteninflödet till tåkten kommer att minska kraftigt. Grundvatteninflödet till Västra brottet kommer dock inte fullständigt upphöra. Även en vattenfylld täkt är en del av grundvattensystemet och det kommer därför förekomma både inflöden och utflöden av grundvatten.

Grundvattenförhållandena kommer att förändras långsamt. Under många år kommer vattennivån i Västra brottet sakta att stiga. I omgivningarna kommer grundvattennivåerna också sakta att stiga, och grundvatteninflödet till Västra brottet kommer sakta att minska. När höga vattennivåer har nåtts i Västra brottet kommer den volym grundvatten som tidigare inströmmade till tåkten och avleddes som länshållningsvatten istället vara en del av grundvattensystemet kring Västra brottet och den vattenfyllda tåktens ytvattensystem. När Västra brottet är helt vattenfyllt kommer vattenbortledningen att minska med cirka 950 000 m³/år jämfört med nuläget. Denna vattenvolym består dock inte bara av grundvatten, utan inkluderar också den nettonederbörd som faller över Västra brottet. Bortledningen av *grundvatten* skulle minska med cirka 450 000 m³/år jämfört med dagens situation.

Högre grundvattennivåer kring Västra brottet skulle i ett längre perspektiv påverka grundvattensituationen i ett stort område kring tåkten. Det skulle medföra positiva konsekvenser för både vattenbalansen i grundvattenförekomsten och den gotländska dricksvattensituationen.

I nuläget – när Västra och Östra brottet är dränerade – inströmmar grundvatten till täkterna. En del av detta grundvatten kommer från djupare delar av det omgivande berget och innehåller noterbara mängder av salt (klorid). Höga salthalter i grundvattnet i och omkring Västra och Östra brottet beror huvudsakligen på täkternas närhet till havet. Det har förekommit salt grundvatten på några tiotals meters djup sedan området vid Slite låg under det salta Littorinahavets vattenyta för cirka 3 000 år sedan. Brytningen av kalksten i Västra brottet påbörjades i slutet av 1960-talet. Redan på 1950-talet – alltså före Västra brottets tillkomst – uppmättes höga salthalter i brunnar i Slite. Som exempel kan nämnas att medelhalten klorid vid årliga provtagningar under 1950-talet i den kommunala vattentäkten Klint 1 (belägen strax norr om Spillingsmagasinet) översteg 400 mg/l. Västra och Östra brottet har dock också en påverkan på salthalterna kring täkterna. Hur täkterna har påverkat salthalterna i ett historiskt perspektiv är svårt att uppskatta, eftersom det inte är känt exakt hur höga salthalterna var innan täkternas tillkomst.

Om Västra brottet skulle vattenfyllas, skulle grundvatteninflödet till tälkten successivt minska och salt grundvatten från stort djup skulle inte strömma mot tälkten på samma sätt som idag. Vattenfyllnaden av Västra brottet skulle därigenom ha en positiv effekt på salthalterna i det omgivande grundvattnet. Så småningom skulle även grundvattennivåerna i ett större område kring tälkten stiga betydligt, vilket skulle öka mängden sött grundvatten i tälktens omgivning. Det skulle ha en positiv effekt på närliggande brunnar, eftersom risken för saltvatteninträngning skulle minska. Dessa förändringar skulle inträffa långsamt. En vattenfyllnad av Västra brottet skulle dock inte förändra de historiska, naturliga förutsättningarna för grundvattenuttag i området kring tälkten. Djupt borrade brunnar skulle fortsatt ha höga salthalter och stora vattenuttag skulle fortsatt ge höga salthalter – dessa förhållanden gäller för samtliga kustnära brunnar, oavsett om Västra brottet vattenfylls eller inte.

Sammanfattningsvis kan således konstateras att en vattenfyllnad av Västra brottet skulle ha en positiv påverkan på grundvattenförekomsten, men att det skulle ta lång tid innan några betydande förändringar går att identifiera.

2.5 Slutsatser

Cementa är positivt inställt till att avsluta verksamheten i Västra brottet och låta tälkten vattenfyllas. Det är dock fråga om ett mycket omfattande industriellt infrastrukturprojekt. Det bedöms inte vara varken praktiskt genomförbart eller ekonomiskt försvarbart att genomföra en sådan omfattande förändring inom ramen för den nu ansökta fyraårsperioden. Cementa har istället för avsikt att avsluta verksamheten i samband med utgången av det nu ansökta tillståndet, och därefter – inom ramen för det långsiktiga tälktillståndet, som Cementa kommer att ansöka om under slutet av år 2022 – omlokalisera samtliga anläggningar och låta tälkten vattenfyllas.

3.0 INFILTRATION AV LÄNSHÅLLNINGSVATTEN

Cementa har tidigare låtit genomföra ett antal utredningar avseende möjligheterna till återinfiltration av det länsställningsvatten som leds bort från bolagets tälkter, varvid ett flertal problem och risker identifierades:

- i. För det första riskerar infiltration av länsställningsvatten alltid att **påverka kemin och biologin i grundvattenförekomsten**. Länsställningsvattnet från Cementas tälkter utgörs av en blandning av tillrinnande grund- och ytvatten samt direkt nederbörd (som faller över tälkterna). Länsställningsvattnet i sig är alltid att betrakta som ett ytvatten eftersom det oavsett sitt ursprung har en uppehållstid i tälkten, och i likhet med andra ytvatten kommer länsställningsvattnet således aldrig att hålla samma kvalitet som grundvattnet med avseende på biologiska och kemiska parametrar.
- ii. För det andra är det **svårt att finna områden lämpliga för infiltration**. Så kallad konstgjord infiltration är en process som syftar till att replikera den naturliga process genom vilken yt- och

regnvatten infiltrerar i jordlagren, och därigenom öka grundvattenbildningen. Platser och områden som nyttjas till detta karaktäriseras av mäktiga sand- eller grustäcken, som skapar sådana förhållanden att vattnet genom en långsam rörelse genom materialet genomgår naturliga reningsprocesser. Området runt File hajdar-täkten karaktäriseras generellt sett av mycket tunna eller obefintliga jordlager, vilket innebär att det inte föreligger några förutsättningar för sådana naturliga reningsprocesser. I området öster om täkten finns jordlager med större mäktighet. Dessa utgörs dock främst av moränlera vilket innebär att de är för täta för att medge någon vattenströmning av betydelse för konstgjord infiltration. Vidare kräver konstgjord infiltration att det tillförda vattnet till stor omfattning kan nå akviferen. I de flesta fall av konstgjord infiltration nyttjas jordlagrens renande egenskaper för att förstärka grundvatten i jordlager. I området kring File hajdar är det grundvattenflödet i berg (akviferen) som teoretiskt skulle kunna förstärkas med konstgjord infiltration. För att en sådan infiltrationsanläggning ska fungera väl krävs en god hydraulisk kontakt mellan anläggningen, jord och berg på platsen för infiltrationsanläggningen. På File hajdar är den vertikala hydrauliska konduktiviteten låg och grundvattenbildningen till berg begränsas till enskilda sprickor. Det är därför inte särskilt sannolikt att det går att hitta en plats med goda naturliga förhållanden för konstgjord infiltration i jordlager med god hydraulisk koppling till berget. Vid File hajdar skulle en sådan teoretisk åtgärd istället innebära infiltration i berg, med betydelsen att transporten måste ske via öppna kanaler och borrhål för att möjliggöra kontakt med sprickzoner. Någon naturlig vattenrening av betydelse i berggrunden vid infiltration i närområdet är inte att betrakta som sannolik.

Cementa har även undersökt möjligheten att infiltrera länshållningsvatten vid de norra delarna av Hejnum Kallgate, för att bidra till ökad grundvattenutträngning vid rikkärren i Natura 2000-områdena Hejnum Kallgate och Bojsvätar. För att en infiltration ska lyckas krävs att rätt mängd vatten hamnar på rätt plats vid rätt tidpunkt – i annat fall kan resultatet bli att den positiva effekten uteblir alternativt att skada uppstår på naturtyper i Natura 2000-områdena. En infiltration i naturvårdssyfte skulle också innebära att infiltrationen måste skötas dynamiskt för att efterlikna de naturliga variationer som finns inom och mellan år, vilket ställer stora krav på hur åtgärden ska regleras. Det krävs således avsevärd tid och stora resurser för att få till stånd en infiltration som skulle gynna Natura 2000-områdena. Av denna anledning bedöms det inte vara praktiskt möjligt eller ekonomiskt försvarbart att genomföra den här typen av åtgärd inom ramen för den nu ansökta fyraårsperioden.

Cementa har också utrett möjligheten att pumpa det söta länshållningsvattnet från File hajdar-täkten till infiltrationsbrunnar belägna i närheten av Västra brottet, vilket skulle resultera i höjda grundvattennivåer kring täkten och ett minskat grundvattenflöde mot täkten. Konceptuellt kan man tänka sig en "vattenridå" runt täkten som medför att grundvatten bortanför infiltrationsbrunnarna i lägre utsträckning rinner mot Västra brottet och istället tar andra strömningsriktningar. Större delen av det infiltrerade vattnet kommer att strömma in mot Västra brottet och så småningom pumpas vidare till Östersjön. Det bedöms inte lämpligt att recirkulera vattnet från Västra brottet till infiltrationsbrunnarna, eftersom det sannolikt skulle leda till förhöjda kloridhalter. En sådan infiltration skulle rent "siffermässigt" kunna ha en positiv inverkan på vattenbalansen för grundvattenförekomsten, men skulle inte ha någon reell betydelse för dricksvattensituationen på Gotland eftersom inget uttag av dricksvatten sker invid Västra brottet.

- iii. För det tredje riskerar infiltration av länshållningsvatten att **påverka dricksvattenkvaliteten**. För att säkerställa att det infiltrerade vattnet inte påverkar dricksvattenkvaliteten i allmänna eller privata brunnar skulle infiltrationen, i ljuset av föreliggande grundvattenströmning, behöva ske på långt avstånd från både bebyggelse och regional grundvattentäkt. Detta skulle i praktiken innebära att länshållningsvattnet sannolikt behöver infiltreras i områden bortom det som teoretiskt kan påverkas av täktverksamheten.

Om länshållningsvattnet ska infiltreras i närheten av den kommunala grundvattentäkten i Dyhagen – i syfte att förstärka grundvattenbildningen i detta område – hade länshållningsvattnet behövt

renas från organiskt material, mikroorganismer, kalcium, sulfat och magnesium till en kvalitet som överensstämmer med grundvattnet. Detta innebär troligen att ett vattenverk hade behövt anläggas för att rena vattnet innan infiltrationen. Åtgärden är mycket kostsam. Cementa har inte genomfört någon detaljprojektering av ett sådant vattenverk, men kostnaden kan uppskattas uppgå till drygt 40 miljoner kronor. Åtgärden kräver också användning av mycket energi. Det är inte miljömässigt försvarbart att rena vatten till dricksvattenkvalitet för att därefter pumpa ner det i marken – särskilt eftersom det är osäkert till vilken grad det infiltrerade vattnet skulle kunna tillgodogöras i grundvattentäkten och till vilken grad det skulle strömma vidare.

- iv. För det fjärde riskerar infiltration av länshållningsvatten att **kemiskt påverka vegetationen inom och i anslutning till infiltrationsområdet**, exempelvis rikkärren i närliggande Natura 2000-områden. Förhöjda kvävehalter riskerar att ha en negativ övergödande effekt på rikkärren. För att inte riskera en sådan påverkan hade Cementa först behövt rena länshållningsvattnet till dricksvattenkvalitet. Som framgår av punkten iii ovan, är det inte miljömässigt försvarbart att rena vatten till dricksvattenkvalitet för att därefter pumpa ner det i marken.
- v. För det femte **finns överskottsvatten från täkterna främst tillgängligt under vinterhalvåret samtidigt som låga grundvattennivåer framför allt förekommer under sensommaren**. Berg har, till skillnad från jord, en låg porositet och därmed en låg förmåga att lagra vatten. Under vinterhalvåret (när grundvattennivåerna är naturligt höga) är det endast en mindre volym ytterligare vatten som kan tillföras genom konstgjord infiltration. Effekten av detta vatten med avseende på uttagsmöjligheter och kloridhalter under sensommaren – då grundvattennivåerna är betydligt lägre än under resterande del av året – är sannolikt begränsad. Cementa skulle således behöva magasinera länshållningsvattnet, för att därefter låta det infiltrera vid perioder med låga grundvattennivåer.

Sammanfattningsvis håller länshållningsvattnet inte samma kvalitet som grundvattnet med avseende på varken biologiska eller kemiska parametrar. De geologiska förhållandena i området innebär vidare att det infiltrerade länshållningsvattnet direkt kommer tillföras grundvattnet, utan att genomgå någon egentlig rening. Infiltration av länshållningsvatten skulle därför kunna orsaka en försämrad vattenkvalitet. Om inte länshållningsvattnet infiltreras i ett område lokaliserat på mycket långt avstånd från tækten, skulle infiltrationen även kunna påverka dricksvattenkvaliteten i allmänna och privata brunnar. Infiltrationen skulle därtill kunna medföra en negativ kemisk påverkan på vegetationen inom och i anslutning till infiltrationsområdet. Avslutningsvis kan endast en mindre volym vatten infiltreras, och detta under vinterhalvåret då överskottsvatten från tækten främst finns tillgängligt, vilket hade haft en liten effekt med avseende på uttagsmöjligheter och kloridhalter under sensommaren. Mot denna bakgrund bedöms återinfiltration av länshållningsvatten inte vara en lämplig åtgärd.

4.0 MAGASINERING AV LÄNSHÅLLNINGSVATTEN OCH ANLÄGGANDE AV ETT VATTENVERK

Cementa föreslog i samband med 2017 års tillståndsansökan att länshållningsvatten från File hajdar-tækten skulle ledas till och magasineras i Spillingsmagasinet, för att därefter renas i ett av Cementa bekostat reningsverk och nyttjas för den allmänna dricksvattenförsörjningen. Åtgärden kräver att Cementa leder om länshållningsvattnet från File hajdar-tækten till Spillingsmagasinet samt anlägger ett nytt vattenverk. Åtgärden bedöms medföra kostnader på åtskilliga tiotals miljoner kronor, men skulle samtidigt medföra stora vinster för den gotländska vattenförsörjningen – dels ett stort och välbehövligt nettotillskott av dricksvatten de tider på året då det behövs (sommartid), dels ett lägre uttagstryck på grundvattenförekomsten samma tid. Genom att tillgodose det ökade behovet av dricksvatten skulle uttaget av grundvatten för dricksvattenändamål minska, vilket skulle ha en positiv inverkan på grundvattenförekomstens status.

Som framgår av den nu aktuella tillståndsansökan, åtar sig Cementa att bekosta ett nytt vattenverk som kan producera vatten för den allmänna vattenförsörjningen. Cementa kommer dock inte, inom ramen för den

ansökta fyraårsperioden, kunna leda något vatten från bolagets verksamhet till det nya vattenverket. För att en sådan åtgärd ska vara tekniskt, ekonomiskt och miljömässigt försvarbar behöver Cementa kunna bedriva sin verksamhet under en längre tidsperiod än fyra år. Cementa har dock för avsikt att ansöka om tillstånd till en sådan vattenbortledning i samband med den ansökan som ska ges in till mark- och miljödomstolen i slutet av 2022. Då kommer det också att vara klarlagt varifrån vattnet lämpligast tas, vilket inte är fallet i dagsläget.

5.0 RIDÅINJEKTERING

5.1 Metoden för ridåinjektering

Ridåinjektering innebär att en rad borrhål borrar längs en bergvägg med syfte att fylla vattenförande strukturer med (en ridå av) injekteringsmaterial, t.ex. cement. Injektering förekommer i tunnlar, i samband med byggnation i större infrastrukturprojekt och i gruvor, och är en väl beprövad metod. Se bilagan till denna rapport för en mer ingående beskrivning av metoden för ridåinjektering.

Kostnaden för att ridåinjektera till 60 m djup beräknas med hänsyn till platsens geologiska förutsättningar uppgå till ca 15 000 000 SEK per km.

5.2 Ridåinjektering av Västra brottet

Cementa ska enligt villkor 14 i det nu gällande täkttillståndet genomföra en ridåinjektering av bergväggar i den västra delen av Västra brottet. Syftet med injekteringen är att begränsa inflödet av sötvatten till tåkten, varigenom det sötvatten som förhindras inströmma istället höjer grundvattennivåerna kring tåkten och pressar tillbaka det salta grundvattnet. Det förväntas på sikt medföra positiva effekter på vattenbalansen och salthalterna i grundvattenförekomsten Roma. Uttagskapaciteten i brunnar längs kuststräckan kommer dock fortfarande vara begränsad, med tanke på det relikta saltvattnet (på några tiotals meters djup) och inträngande havsvatten.

Det är av störst intresse att minska inträngningen av sötvatten från väster mot Västra brottet, eftersom detta är grundvattnets naturliga strömningsriktning och bl.a. Region Gotlands vattentäkt är belägen väster om tåkten. Påverkan på grundvattennivåerna från en framtida utökning av File hajdar-tåkten reduceras också om grundvatteninflödet från File hajdar mot Västra brottet reduceras. De största hydrauliska gradienterna mot Västra brottet förekommer längs med tåktens västra gräns, eftersom grundvattennivåerna är som högst vid den sidan om tåkten. Grundvattenflödet från väster mot tåkten är också typiskt ett sötvatteninflöde, eftersom detta vatten kommer från höjdområdena väster om tåkten (inklusive File hajdar).

Cementa har gett in en plan för ridåinjekteringen till länsstyrelsen, som därefter har begärt vissa kompletteringar. Planen ska sedan skickas på remiss till andra myndigheter. Cementa har som förhoppning att kunna ridåinjektera en kortare teststräcka innan sommaren, men det är givetvis beroende av synpunkterna från länsstyrelsen och remissmyndigheterna samt tillgängligheten hos kontrakterad entreprenör. Den totala ridåinjekteringen förväntas kräva cirka sex månaders arbete. Om ridåinjekteringen inte kan genomföras inom ramen för det befintliga tillståndet, åtar sig Cementa att istället genomföra ridåinjekteringen inom ramen för det nu ansökta tillståndet.

5.3 Ridåinjektering av Östra brottet

Det bedöms i nuläget inte vara miljömässigt motiverat att ridåinjektera bergväggar i Östra brottet, eftersom sött grundvatten främst strömmar mot Västra brottet. I en eventuell framtida situation där Västra brottet antingen är vattenfyllt eller omgivet av en komplett ridåinjektering, vilket skulle innebära en generell grundvattennivåhöjning i området, skulle denna bedömning kunna förändras. Ridåinjektering mot havet med syfte att minska inströmning av saltvatten bedöms dock inte vara miljömässigt motiverat varken i nuläget eller i ett framtida scenario. Det kortaste avståndet från Östra brottet till havet (strandlinjen öster om dagbrottet) är inte mer än drygt 350 m. Detta korta avstånd indikerar att salt grundvatten på några tiotals meters djup (eller

mindre) är naturligt förekommande i området mellan Östra brottet och havet; alldeles oavsett om bergväggarna runt Östra brottet ridåinjekteras eller ej. Det är en allmängiltig observation av hur grundvatten förekommer nära strandlinjen, att om avståndet till havet (med salthaltigt vatten) endast är några hundra meter, är sannolikheten mycket stor att en dricksvattenbrunn inom detta område kommer att producera grundvatten med tydlig salthalt.

5.4 Ridåinjektering av File hajdar-täkten

Det bedöms i nuläget inte vara miljömässigt motiverat att ridåinjektera bergväggar i File hajdar-täkten, med tanke på det nuvarande och ansökta brytdjupet. Det sker inte någon inströmning av grundvatten till täkten under sommaren, då grundvattenytan ligger under täktbotten. En injektering skulle således ha en minimal effekt vid lågvattensituationen. Vid högvattensituationen är grundvattennivåerna höga redan i nuläget och det finns då inget behov av att minska inflödet till täkten. Om Cementa i framtiden skulle ansöka om och beviljas tillstånd för brytning på större djup, kan det eventuellt bli aktuellt att ridåinjektera även File hajdar-täkten i syfte att minska verksamhetens omgivningspåverkan.

Signatursida

Golder Associates AB



Jakob Eng
fil. mag.



Johan Holmén
fil. dr.

Org.nr 556326-2418
VAT.no SE556326241801
Styrelsens säte: Stockholm

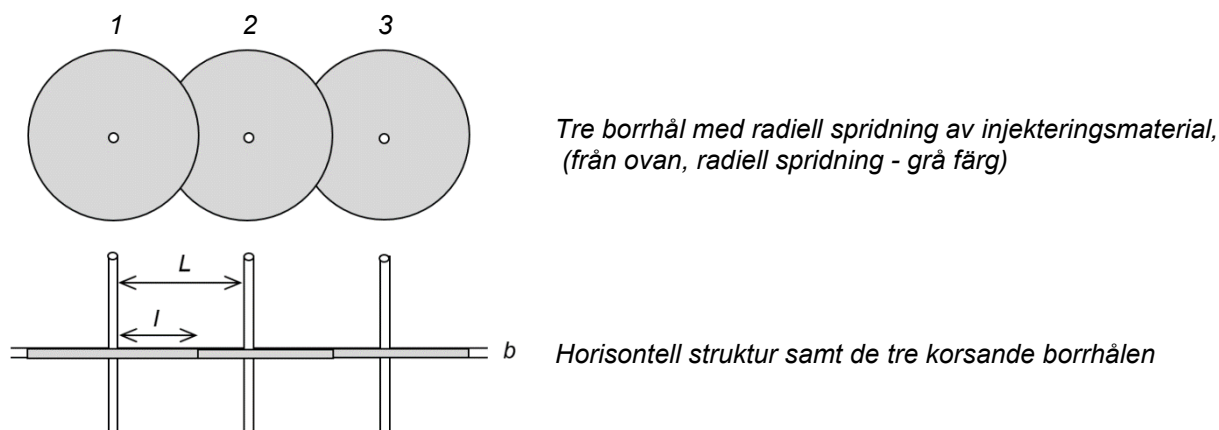
Bilaga. Metoden för ridåinjektering

1.0 INJEKTERING – SYFTE OCH FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR BERÄKNINGAR OCH BEDÖMNINGAR

Injektering genomförs för att reducera genomsläppligheten för vattenförande strukturer och för att minska omgivningspåverkan.

Principen är sådan att en rad med borrhål (en ridå) borrar längs med en befintlig (eller en utökad täkt). Figur 1 ger ett exempel med tre borrhål. En ridå består av en kontinuerlig rad med borrhål som syftar till att ge en barriär med minskad förmåga att transportera vatten. Den designmetodik som beskrivs här utgår från inträngning av injekteringsmaterial i en enskild spricka. Injekteringsmaterialet kan, som i beskrivningen nedan, vara cementbaserat.

För tätning (teoretisk) skall inträngningslängden för injekteringsmaterialet vara minst halva hålavståndet, se Figur 1. Designen förutsätter även att sprickan inte utsätts för tryck som orsakar förändring i sprickvidd.



Figur 1 En horisontell spricka som korsas av tre borrhål med det inbördes hålavståndet, L (nedre delen av illustrationen). Den övre delen visar borrhålen från ovan där injekteringsmaterial (grå färg) har pumpats in i sprickan och rört sig minst avståndet, l , från borrhålen. Injekteringsmaterialet bör nå minst halva avståndet till nästa borrhål för att ge en tätande barriär.

Ekvationer för skattning av inträngningslängd för ett cementbaserat injekteringsmaterial beskrivs exempelvis i Gustafson et al. (2013) och Fransson et al. (2016). De parametrar som behövs för beräkningarna är en (hydraulisk) sprickvidd, b_{hyd} , viskositet och flytgräns för injekteringsmaterialet, μ_g och τ_0 , samt injekterings(över)tryck, Δp och injekteringstid, t . För att bruket skall spridas ut i sprickorna i bergmassan behöver injekteringstrycket vara högre än grundvattentrycket, därav ett injekteringsövertryck. Det är detta övertryck som gör att bruket flödar från borrhålet och ut i sprickorna. Borrhålen korsar en eller flera strukturer (sprickor) och för att undersöka dessa genomförs hydrauliska tester.

1.1 Hydraulisk sprickvidd och vattenförlustmätningar

Ett ungefärligt värde på en korsande sprickas förmåga att transportera vatten, dess transmissivitet, kan utvärderas genom den specifika kapaciteten där flödet, Q divideras med förändringen i trycknivå, dh [m]. Under antagande om en enskild planparallell spricka (förenkling) skattas en ekvivalent hydraulisk sprickvidd med hjälp av kubiska lagen där g är gravitationen och ρ_w är vattnets densitet och μ_w dess viskositet.

$$\frac{Q}{dh} \approx T = \frac{\rho_w g b_{hyd}^3}{12\mu_w}$$

Värdet på transmissiviteten kan också beräknas med andra uttryck (exempelvis Moyes formel). Specifika kapaciteten, Q/dh , kan skattas baserat på vattenförlustmätningar i injekterings- eller kontrollhål.

Man kan följa upp sin injektering genom att borra, genomföra vattenförlustmätningar och injektera borrhål 1 och 3 först, Figur 1. Detta följs av borrning och vattenförlustmätning av borrhål 2 (mellanliggande), en lägre specifik kapacitet indikerar tätning och minskad genomsläpplighet.

1.2 För- och fältprovning av injekteringsmaterial

Förprovning av valt injekteringsmaterial görs i laboratorium för att ta fram parametrar för utformning av injekteringen. Mätningar i fält jämförs sedan med dessa mätningar för att kontrollera att egenskaperna överensstämmer med de förväntade.

1.2.1 Cementbaserat injekteringsmedel

Kontroll av injekteringsmaterialets egenskaper i fält kan exempelvis göras med mud-balance, marshkon och "yield stick", se Figur 2.



Figur 2 Exempel på utrustning för provning av injekteringsmaterial i fält. Mud balance för mätning av densitet och flödeskon för mätning av flödestid. Flytgräns kan mätas med en så kallad "yield stick". Inför injekteringsdesign utförs mätningar i laboratorium för att ta fram designparametrar. Värderna från mätningarna i fält används för kontroll av egenskaper inför injektering (foto Nina Zanders).

En sk "mud balance" används för att ta fram densitet, en flödeskon används för att ta fram flödestid och en så kallad "yield stick" används för att undersöka flytgräns, se Figur 2.

1.3 Skattning av inträngningslängd

1.3.1 Cementbaserat injekteringsmedel

Figur 3 visar skattade inträngningslängder, l , som funktion av olika injekteringstider, t , och olika injekteringsövertryck, Δp , med en vidd, b , på 200 μm (kan förväntas vara injekterbar med ett cementbaserat injekteringsmedel). I exemplet nedan används viskositeten, 14 mPas och flytgräns (yield stress) 3.4 Pa vilket motsvarar värdena för en verklig bruksprovning (här Injektering 30).

Skattningen nedan visar inträngningslängd för ett injekteringsövertryck, Δp , på 1 bar (0.1 MPa eller $1 \cdot 10^5$ Pa) där den maximala inträngningslängden, l_{max} , och den karakteristiska tiden, t_0 , blir:

$$l_{max} = \frac{\Delta p \cdot b}{2 \cdot \tau_0} = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 200 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 3.4} = 2.9 \text{ m}$$

$$t_0 = \frac{6\Delta p \cdot \mu_g}{\tau_0^2} = \frac{6 \cdot 1 \cdot 10^5 \cdot 14 \cdot 10^{-3}}{3.4^2} = 730 \text{ s} = 12 \text{ min}$$

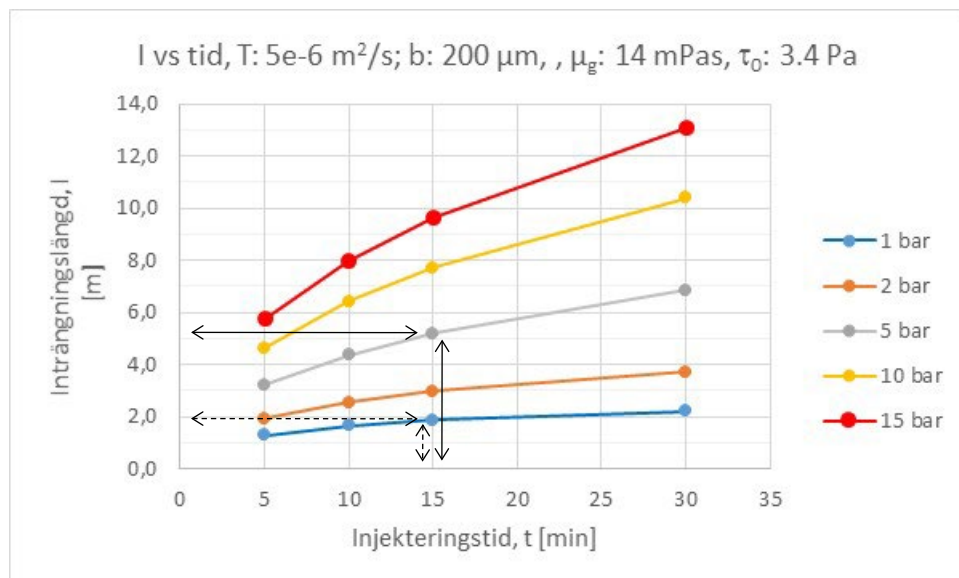
För en injekteringstid, t , på 15 min fås vidare den dimensionslösa injekteringstiden:

$$t_D = \frac{t}{t_0} = \frac{15}{12} = 1.2$$

vilket motsvarar en dimensionslös inträngningslängd, I_D , på ungefär 0.63 (dvs 63% av I_{max}) vilket ger inträngningslängden:

$$I = I_D \cdot I_{max} = 0.63 \cdot 2.9 = 1.9 \text{ m}$$

Detta kan även identifieras i Figur 3 (streckad linje, blå punkt med injekteringsövertryck 1 bar och injekteringstiden, t , 15 min). Motsvarande för ett injekteringsövertryck på 5 bar skulle vara ungefär 5 m (heldragen linje). Med utgångspunkt från liknande diagram kan teoretisk inträngning tas fram (eller anpassas) för olika alternativ på injekteringstryck. En sprickvidd på 200 μm är fullt rimligt att injektera med ett cementbaserat bruk. För små vidder försvåras detta då kornens storlek begränsar möjligheten att tränga in i sprickan.



Figur 3 Inträgningslängd, I , och inträngningstid, t , för injekterings(övertryck) på 1 bar till 15 bar och en vidd på 200 μm (exempel). En injekteringstid på 15 min vid 1 bars övertryck (streckad linje) skulle resultera i en inträngningslängd på ca 2 m. Motsvarande för 5 bars injekteringstryck skulle ge en inträngningslängd på ungefär 5 m (heldragen linje). Bruksegenskaper i enlighet med en förprovning.

1.4 Potentiell ökning av sprickvidd

Med anledning av risk för deformation bör injekteringstrycket vara lågt för en övre sektion (nära markyta/bergyta) för att minska risken för upplyft eller "jacking".

Med en djupare manschettplacering (eller med ett större djup för vattenförande strukturer) kan ett högre tryck potentiellt användas. Centralt är att kontinuerligt observera förändringar i tryck och flöde under pågående injektering för att göra en bedömning angående upplyft eller "jacking".

1.5 Sprickvidd och kornstorlek (d_{95}) för injekteringsmaterial

Ett cementbaserat injekteringsmedel har en begränsad förmåga att tränga in i sprickor med liten vidd. Som principiell, förenklad, riktlinje bör vidden vara större än tre gånger materialets kornstorlek för d_{95} , dvs $3 \cdot 30 = 90 \mu\text{m}$ för Injektering 30.

2.0 OSÄKERHETER OCH FELKÄLLOR

2.1 Förutsättningar

De (mest) vattenförande strukturerna är centrala för tättningsarbetet. För att kunna undersöka och tätta behöver borrhålen i ridån träffa dessa (direkt eller via annan struktur). För att reducera inflödet (i en större omfattning) behöver de även träffas systematiskt (med lämpligt hålavstånd). En av de största osäkerheterna är alltså huruvida de viktigaste (mest vattenförande) strukturerna träffas av injekteringshålen. Vidare är strukturernas inbördes koppling och orientering samt hydrauliska randvillkor avgörande för resulterande inläckage (och minskning av omgivningspåverkan). När en vattenförande struktur träffas och injekteras skall brukets reologiska egenskaper (och kornfördelning) möjliggöra inträngning i strukturen (vid liten vidd och cementbaserat bruk är detta inte möjligt). Vidare skall injekterings(över)tryck och injekteringstid möjliggöra tillräcklig inträngning.

2.2 Analyser

Utformning av en ridå baseras här på teoretisk, radiell, inträngningslängd (vid design(över)tryck) för specifik hydraulisk vidd och för specifika reologiska egenskaper för injekteringsmaterialet. En långsam tryckökning kan innebära en kortare inträngning. Vidare blir det inbördes hålavståndet större om sprickan inte träffas med rätt vinkel. Avvikelser i reologiska egenskaper kan både öka och minska inträngningslängden. Hydraulisk vidd baseras på vattenförlustmätningar, specifik kapacitet, Q/dh , samt ekvivalent hydraulisk vidd (kubiska lagen) under antagande om en enskild spricka. En spricka med 90 μm vidd ($3 \cdot d_{95} = 3 \cdot 30$) antas kunna injekteras med ett cementbaserat injekteringsmedel. Om det skulle vara flera sprickor antas dessa inte vara injekterbara med cement (Injektering 30, $3 \cdot 30 \mu\text{m}$).

2.3 Praktiska aspekter

Berguttaget i en täkt kan påverka det geologiska systemets hydrauliska egenskaper. Arbetet inleds här med borrhning som följs av vattenförlustmätningar och injektering. Detta kan följas av borrhning och laddning (för sprängning), sprängning och uttag av berg. Om höga tryck och flöden används kan borrhningen i sig orsaka nya flödesvägar. Detta gäller även sprängning och borttransport där berget rör sig och (tätande) injektering/berg i viss mån tas bort. Borrhning för eventuell förstärkning kan ge nya flödesvägar (via borrhål och som en konsekvens av erosion). Erosion kan också bli en konsekvens av större, plötsliga inflöden. Vid låga bergspänningar i relation till injekteringstryck kan sprickor öppnas. Låga injekteringstryck, uppföljning av tryck och flöde (för injekteringsbruk) med möjlighet till justering av injekteringstrycket (upp eller ner) är därför av vikt.

3.0 REFERENSER

Gustafson, G., Claesson, J., & Fransson, Å. (2013). Steering parameters for rock grouting. *Journal of Applied Mathematics*, 2013. <http://downloads.hindawi.com/journals/jam/2013/269594.pdf>

Fransson, Å., Funehag, J., & Thörn, J. (2016). Swedish grouting design: hydraulic testing and grout selection. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Ground Improvement*, 169(4), 275-285. <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/pdf/10.1680/jgrim.15.00020>