CALLUNA

Påverkan på Natura 2000-områden

För ansökan om fortsatt och utvidgad täktverksamhet i Slite
2022-04-14

OM RAPPORTEN:

Titel: Påverkan på Natura 2000-områden

Version/datum: 2022-04-14

Rapporten bör citeras såhär: Askling, J. (2022). *Påverkan på Natura 2000-områden*. Calluna AB.

Foton i rapporten: © John Askling, Calluna AB där inget annat anges

Illustrationer i rapporten: © Elisabeth Östlund Fält och Judith Askling, Calluna AB där inget annat anges

OM PROJEKTET:

Utfört av: Calluna AB (organisationsnummer: 556575-0675)
Adress huvudkontor: Linköpings slott, 582 28 Linköping
Hemsida: www.calluna.se
Telefon (växel): +46 13-12 25 75

På uppdrag av: Cementa AB

Beställarens kontaktperson: Jon Hallgren

Projektledare: John Askling (Calluna AB)

Rapportförfattare: John Askling (Calluna AB)

Ansvarig utredare: John Askling (Calluna AB)

Kartor: Andreas Souropetsis och Oskar Kindvall (Calluna AB)

GIS-ansvarig: Andreas Souropetsis (Calluna AB)

Intern projektkod: JAG0091

Innehåll

Sammanfattning 5

1 Inledning, syfte och avgränsning 8

2 Bedömningsgrunder och gynnsam bevarandestatus 8
2.1 Lagstiftning ... 8
2.2 Bedömningsgrunder och bevarandestatus ... 8
2.3 Konsekvensbedömning ... 10

3 Beskrivning och avgränsning av Natura 2000-områden 11
3.1 Natura 2000-områden ... 11
3.2 Avgränsning av Natura 2000-områden ... 13
3.3 Natura 2000-naturtyper ... 13
3.4 Natura 2000-arter ... 17

4 Beskrivning av hydrologiskt känsliga habitat och arter 18
4.1 Beskrivning av habitat ... 18
4.2 Beskrivning av arter ... 27

5 Allmänt om ekohydrologi 31
Vattenstånd och vegetationszonering ... 31
Topogena och soligena kärr ... 33
Varaktighet av svämning ... 33
Betydelsen av sällsynt återkommande händelser ... 34
Betydelsen av kalkhaltigt vatten och pH ... 34
Blekebildning ... 35
Betydelsen av temperatur ... 36
Betydelsen av torvbildning ... 36
Betydelsen av frost och is ... 37
Vegetationstypernas koppling till vattenstånd och andra ekohydrologiska faktorer ... 37
Kopplingen mellan naturtyper och övrig fauna och flora ... 43
Två sammanfattande perspektiv på kalkrika våtmarker ... 43

6 Ekohydrologiska förutsättningar specifikt för våtmarker i Natura 2000-områdena 45
6.1 Geologi – förutsättningar berggrund och jordlager ... 45
6.2 Grundvatten i jord och grundvatten i berg ... 48
6.3 Nederbörd och klimat ... 51
6.4 Vattenförsörjningen till våtmarkerna i Natura 2000-områden ... 52
6.5 Avrinningsområden och vattendrag ... 53

7 Vattenregimer inom Natura 2000-områdena 58
7.1 Typer av vattenregimer ... 58

8 Genomförda undersökningar och inventeringar i syfte att kartlägga de hydrologiska förutsättningarna 60
8.1 Inventering av soligena respektive topogena kärr ... 60
8.2 Vegetationsinventering av upprinnor och källmiljöer ... 61
8.3 Mossinventering ... 62
8.4 Landsnäckeinventering ... 64
8.5 Analyser av vattenkemi ... 65
8.6 Förändringsanalys av rikkärrsvegetationen under perioden 2010–2018 ... 68

8.7 Slutsatser 71

9 Konsekvensbedömning för Natura 2000 73

9.1 Inledning 73
9.2 Den ansökta verksamheten 73
9.3 Påverkansfaktorer för Natura 2000-områdena 74
9.4 Grundvattenutträngning från berg 74
9.5 Ytvattenavrinning 82
9.6 Förändrade grundvattennivåer 86
9.7 Kumulativa effekter 87
9.8 Sammanfattande slutsatser kring bevarandestatus 88

Referenser 90

Bilaga 1. Inventering av landsnäckor 93

Bilaga 2. Exempel på indata och beräkningar av grundvattenutträngning i jämförelse med växttillgängligt vatten 109

Sammanfattning

Cementa AB ansöker om tillstånd till fortsatt och utökad täktverksamhet vid File hajdar-täkten och Västra brottet i Slite, Gotland. En av de miljöaspekter som behöver belysas är möjlig påverkan på Natura 2000-områden i närheten av täkterna. Täkterna ligger inte i direkt närhet till något Natura 2000-område och någon direkt miljöpåverkan kan därmed inte ske, utan den påverkan som eventuellt kan ske är indirekt genom hydrologisk påverkan. Miljöbedömningen har därför avgränsats till fyra Natura 2000-områden där hydrologin är viktig för naturtypernas och arternas bevarandestatus: Hejnum Kallgate, Kallgatburg, Bojsvätar och Grodvät. I dessa områden är det främst naturtyperna rikkärr, kalktuffkällor, agmyr och mindre vattendrag som kan påverkas samt arterna smalgrynsnäcka, väddnätfjäril och guckusko.

Hejnum Kallgate, Kallgatburg och Bojsvätar bildar tillsammans södra Sveriges största rikkärrskomplex (ibland kallat Kallgate) och har mycket höga värden. Grodvät ligger längs sydöstra stranden av Tingstäde träsk.

För att förstå grundvattenpåverkan av den ansökta verksamheten är det viktigt att förstå skillnaden mellan grundvatten i jord och grundvatten i berg. Det är grundvatten i jord som i huvudsak försörjer växtligheten med vatten under vegetationsperioden. Dels genom jordlagrens goda vattenhållande förmåga, dels genom stor magasineringsförmåga i strandvallar och jordlager. Det illustreras av att nivåerna i berggrundvattnet varierar kraftigt med årstid och regn medan grundvatten i jord varierar mycket mindre. Det innebär att magasineringskapaciteten är liten i berg och stor i jord och det förklarar exempelvis varför det förekommer kalktuffkällor med flödande källvatten mitt i sommaren när berggrundvattnet samtidigt kan befinna sig 10-20 meter under markytan. De två grundvattensystemen är inte helt separerade från varandra men kommunikationen dem emellan är liten. Det visar mätningar i grundvattenrör där det under vintern kan råda ett tryck på fem meter över markytan i bergrundrör vid högvatten. Det är ett så kallat artesiskt grundvatten. Ett sådant tryck hade inte uppstått om grundvattensystemen kommunicerat väl med varandra. Istället hade berggrundvattnet sipprat ut i jordlager och tryckskillnaden hade jämnats ut.

För växtligheten är också grundvattennivåer viktiga, särskilt för agmyr. Agmyr är dock inte en dominerande naturtyp i området utan istället är det olika rikkärrstyper som är vanligast. Rikkärr och även kalktuffkällor är i motsats till agmyr beroende av rörligt markvatten och sluttande våtmarker. De tål exempelvis inte långvarig dränkning på samma sätt som agmyr gör. I de undersökningar som gjorts av grundvattenstånd i berg har det visat sig att det ligger *som ytligast* fem meter under markytan vid lågvatten, d.v.s. under vegetationsperioden.

Utifrån de hydrologiska förutsättningarna har olika vattenregimer identifierats och kan i sin tur kopplas till de olika arterna och naturtyperna. Det är i princip bara vattenregimerna *drågtyp* och *grundvattentyp* som kan påverkas. Grundvattentypen har en stark koppling till agmyr och drågtypen till rikkärr. Drågtypen riskerar att påverkas av förändringar i *grundvattenutträngning* medan grundvattentypen riskerar att påverkas av förändringar av *grundvattennivåer*. Naturtypen mindre vattendrag riskerar att påverkas av förändrade ytvattenflöden och utpekade arten guckusko av förändrad grundvattenutträngning.

Den påverkan som kan ske till följd av den ansökta verksamheten består av:

- Minskad grundvattenutträngning till följd av länshållning av vatten i täkter
- Lägre grundvattennivåer
- Minskad ytvattenavrinning till följd av att avrinningsområdet minskar

I denna rapport konsekvensbedöms den ansökta verksamhetens påverkan dels på kort sikt i situationen med maximalt utbrutna täkter (+4 år), dels på lång sikt i situationen med helt vattenfyllda täkter efter brytningens upphörande (30-40 år). Bedömningen görs utifrån nuläget,

dvs. De naturtyper och arter som finns i områdena idag. Nuläget anses för denna utrednings ändamål vara att Cementas täkter har den storlek de hade i oktober 2021.

För både naturtyper och arter är den avgjort viktigaste perioden under vegetationssäsong och därför jämförs data från april-oktober.

Grodvät är till största delen beroende av Tingstäde träsks vattenstånd, vilket inte kommer att förändras varken när täkterna är maximalt utbrutna i enlighet med ansökan eller när täkterna därefter har efterbehandlats och fyllts med vatten.

Kallgatburg påverkas inte av bortfall av avrinningsområde eller sänkta grundvattennivåer. En obetydlig påverkan med minskad grundvattenutträngning kan uppstå vid fullt utbruten täkt på kort sikt och den skulle då drabba naturtypen rikkärr. Då denna förlust uppgår till ca 0,01 % av växttillgänglig nederbörd är konsekvensen obetydlig. Detsamma gäller vid vattenfyllda täkter som på sikt ger en obetydlig positiv effekt genom ökad grundvattenutträngning med 0,1 %.

Bojsvätar är det Natura 2000-område som kan påverkas mest av den ansökta verksamheten, både på kort och lång sikt. Påverkan gäller dels ett minskat avrinningsområde och indirekt ytvattenavrinning, dels minskad grundvattenutträngning och slutligen genom höjda grundvattennivåer. Avrinningsområdet minskar med 3,9 ha vilket motsvarar 0,38 %. Minskningen sker högst upp i avrinningsområdet 2,5 km från Bojsvätar vilket är en relativt lång väg för ytvatten att färdas. Direkt ytvattenpåverkan på Bojsvätar bedöms bli obetydlig eftersom det saknas kontinuerliga vattendrag i de övre delarna av avrinningsområdet, vilket medför att den absoluta merparten av nederbörden avdunstar eller infiltreras i jord och inte når Bojsvätar.

Indirekt skulle vattenföringen i den utpekade naturtypen *mindre vattendrag* i Bojsvätar kunna påverkas genom att den indirekta ytvattenbildningen minskar. Vid Vikeåns inflöde till Natura 2000-området visar beräkningarna att månadsmedelflödet minskar med ca 0–0,9 l/s, eller 0,4–0,9 %, för den ansökta verksamheten jämfört med nuläget. Det procentuella bortfallet i vattenföring är mycket litet och leder inte till några förändringar jämfört med nuläget. Vattendraget kommer även i fortsättningen vanligen torka upp under sommaren.

Förlusten av grundvattenutträngning på kort sikt beräknas till drygt 3 300 m^3 för Bojsvätar under vegetationsperioden, vilket motsvarar knappt 0,05 % av den växttillgängliga nederbörden. Det är en obetydlig förändring som inte är mätbar.

På lång sikt, när täkterna vattenfylls (vilket sker under efterbehandlingsfasen, men även i nollalternativet), uppstår större skillnader men de är fortfarande små i absoluta tal. Norra delen av Bojsvätar beräknas få störst förändring vad gäller grundvattenutträngning. Förändringen är positiv och innebär en ökning med cirka 27 800 m^3 växttillgängligt vatten under vegetationsperioden, vilket motsvarar ett tillskott på ca 0,4 % av växttillgänglig nederbörd. För norra delen av Bojsvätar finns vissa förutsättningar för expansion av rikkärr i motsvarande grad, d.v.s. 0,4 % eller 0,3 ha i ökning.

Hejnum Kallgate berörs av minskning av indirekt ytvattenflöde samt minskad grundvattenutträngning. Det är endast i det nordligaste avrinningsområdet närmast File hajdar-täkten det sker förändringar. Förlusten av växttillgänglig nederbörd genom minskad grundvattenutträngning uppgår till knappt 0,04 % vilket är en obetydlig förändring.

På lång sikt, när täkterna vattenfylls, beräknas norra delen av Hejnum Kallgate få ett tillskott av växttillgängligt vatten på 0,35 % genom ökad grundvattenutträngning. Det finns potential för arealökning av rikkärr motsvarande 0,2 ha. Övriga delar av Hejnum Kallgate förändras högst marginellt.

De enda konsekvenser som uppstår på *kort sikt* av den ansökta verksamheten jämfört med nuläget rör ytvattenpåverkan i Bojsvätar och i norra delen av Hejnum Kallgate. Påverkan berör naturtypen *mindre vattendrag* och består av ett något mindre indirekt ytvattenflöde.

Konsekvenserna av minskningen är negativa och små. Bevarandestatusen för naturtypen försämras inte till följd av ansökt verksamhet.

De konsekvenser som kan uppstå på *lång sikt* av den ansökta verksamheten jämfört med nuläget rör ytvattenpåverkan och grundvattenutträngning i Hejnum Kallgate och Bojsvätar samt grundvattenstånd i enbart Bojsvätar:

- En smärre ökning av indirekt ytvattenflöde i Hejnum Kallgate och Bojsvätar till följd av att täkterna vattenfylls innebär små positiva konsekvenser för naturtypen *mindre vattendrag* vid en jämförelse mellan ansökt alternativ på lång sikt och nuläget.
- Ökade grundvattenstånd i Bojsvätar innebär små positiva konsekvenser för naturtypen agmyr samt små negativa konsekvenser för naturtypen rikkärr vid en jämförelse mellan ansökt alternativ på lång sikt och nuläget.
- Ökad grundvattenutträngning i Bojsvätar och Hejnum Kallgate innebär små positiva konsekvenser för naturtypen rikkärr vid en jämförelse mellan ansökt alternativ på lång sikt och nuläget.
- Ökad grundvattenutträngning i Hejnum Kallgate innebär små positiva konsekvenser för arten guckusko vid en jämförelse mellan ansökt alternativ på lång sikt och nuläget.

De risker som kan finnas på sikt med vattenfyllda täkter kan åtgärdas i framtiden om det skulle bli aktuellt.

De pågående verksamheter som potentiellt kan ge upphov till kumulativa hydrologiska effekter för de aktuella Natura 2000-områdena är främst befintliga vattentäkter (privata brunnar och kommunal vattentäkt). Hänsyn till dessa har tagits i effektbedömningen.

Sammantaget bedöms konsekvenserna på Natura 2000-områden av den ansökta verksamheten medföra obetydliga konsekvenser för närliggande Natura 2000-områden. Den ansökta verksamheten bedöms inte medföra någon skada på utpekade naturtyper och arter. Bedömningen gäller för det ansökta alternativet på både kort och lång sikt.

1 Inledning, syfte och avgränsning

Cementa AB ansöker om tillstånd till fortsatt och utökad täktverksamhet vid File hajdar-täkten och Västra brottet i Slite, Gotland. En av de miljöaspekter som behöver belysas är möjlig påverkan på Natura 2000-områden i närheten av täkterna. Cementa har anlitat Calluna AB för att konsekvensbedöma påverkan på de naturmiljövärden i form av arter och habitat som finns inom Natura 2000-områdena.

Täkterna ligger inte i direkt närhet till något Natura 2000-område och någon direkt miljöpåverkan kan därmed inte ske, utan den påverkan som eventuellt kan ske är indirekt genom hydrologisk påverkan av täktverksamheten. Miljöbedömningen har därför avgränsats till fyra Natura 2000-områden där hydrologin är viktig för livsmiljöernas och arternas gynnsamma bevarandestatus: Hejnum Kallgate, Kallgatburg, Bojsvätar och Grodvät. De tre första utmärks av stora våtmarksområden av rikkärrstyper (kalkrika). Grodvät består av kalkrika strandängar och agmyr vid Tingstäde träsk.

Det finns andra Natura 2000-områden i närheten av täkterna, men dessa saknar naturtyper och arter som är hydrologiskt känsliga och förväntas därför inte påverkas av eventuella yt- och grundvattenförändringar. Dessa Natura 2000-områden behandlas mer översiktligt i ett eget avsnitt.

Denna PM ska läsas tillsammans med de hydrogeologiska PM samt PM om ytvatten som mer detaljerat beskriver hur hydrologin fungerar och resultaten av de mätningar och beräkningar som gjorts (Holmén 2022, Holmén & Eng 2022, Bergab 2022).

2 Bedömningsgrunder och gynnsam bevarandestatus

2.1 Lagstiftning

Sverige omfattas av EU-lagstiftningen kring Natura 2000 som är tänkt att bilda ett nätverk av skyddade områden i Europa med syftet att bibehålla arter och naturtyper. Natura 2000 bygger på de bindande direktiven fågeldirektivet[1] och art- och habitatdirektivet[2]. EU-direktiv ska omsättas i den nationella lagstiftningen. Det har gjorts i Sverige genom bestämmelser i bland annat miljöbalken, enligt vilken det krävs ett särskilt tillstånd för att bedriva verksamheter och vidta åtgärder som på ett *betydande sätt* kan påverka miljön i Natura 2000-områden (7 kap. 28 a § miljöbalken). Alla av regeringen beslutade Natura 2000-områden har från och med 1 juli 2001 status av riksintresse.

Det är länsstyrelserna som ansvarar för att ta fram förslag på nya Natura 2000-områden. Det är därefter regeringen som beslutar att till EU-kommissionen föreslå att dessa områden ska pekas ut som Natura 2000-områden. Länsstyrelserna ansvarar också för de bevarandeplaner som tas fram för respektive Natura 2000-område. I dessa listas inte bara de habitat och arter som ska skyddas, utan även bevarandemål, bevarandestatus och hot.

2.2 Bedömningsgrunder och bevarandestatus

Om det finns en risk för betydande påverkan på bevarandeintressena i ett Natura 2000-område krävs ett Natura 2000-tillstånd enligt 7 kap 28 a § miljöbalken. Vid en ansökan om tillstånd ska en miljökonsekvensbeskrivning upprättas. Den behöver inte upprättas enligt alla formella krav i 6 kap miljöbalken som gäller för planer och verksamheter utan det räcker att

1 Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/147/EG av den 30 november 2009 om bevarande av vilda fåglar.

2 Rådets direktiv 92/43/EEG av den 21 maj 1992 om bevarande av livsmiljöer samt vilda djur och växter.

konsekvensbedömningen svarar på om ett Natura 2000-område påverkas på ett betydande sätt. Bedömningen utgår ifrån om bevarandestatusen förändras för någon av de arter eller naturtyper som ska skyddas i ett Natura 2000-område, d.v.s. de så kallade utpekade arterna eller naturtyperna. Sker en försämring av bevarandestatusen är en verksamhet förbjuden. Den konsekvensbedömning som görs för Natura 2000 skiljer sig därmed från den som normalt tillämpas i planer och för verksamheter och där skalan ofta är glidande från liten till stor påverkan. För Natura 2000-områden är bedömningen binär, antingen sker en försämring av bevarandestatus eller så bibehålls den.

Det viktigaste begreppet i Natura 2000-regelverket är ”gynnsam bevarandestatus”. EU: s medlemsstater är skyldiga att se till att gynnsam bevarandestatus *bibehålls* eller – i de fall gynnsam bevarandestatus inte har nåtts – *återställs* för Natura 2000-arterna och naturtyperna (livsmiljöerna). Begreppet gynnsam bevarandestatus finns definierat för både naturtyper och arter och det är de kriterierna som utgör bedömningsgrunder för om bevarandestatusen påverkas eller inte.

Med *bevarandestatus för en livsmiljö* avses summan av de faktorer som påverkar en livsmiljö och dess typiska arter och som på lång sikt kan påverka dess naturliga utbredning, struktur och funktion samt de typiska arternas överlevnad på lång sikt. En livsmiljös bevarandestatus är gynnsam när:

1. dess naturliga eller hävdbetingade utbredningsområde och de ytor den täcker inom detta område är stabila eller ökande,
2. den särskilda struktur och de särskilda funktioner som är nödvändiga för att den ska kunna bibehållas på lång sikt finns och sannolikt kommer att finnas under en överskådlig framtid, och
3. bevarandestatusen hos dess typiska arter är gynnsam (art. 1 i art- och habitatdirektivet).

För varje Natura 2000-område kan ovanstående begrepp om gynnsam bevarandestatus brytas ner i följande kriterier. För naturtyper (livsmiljöer) gäller:

1. Arealen av naturtypen i området
2. De särskilda strukturer eller funktioner som där är nödvändiga
3. Bevarandestatusen hos de typiska arterna

Med *bevarandestatus för arter* avses summan av de faktorer som påverkar den berörda arten och som på lång sikt kan påverka den naturliga utbredningen och mängden hos dess populationer. En arts bevarandestatus är gynnsam när:

1. uppgifter om den berörda artens populationsutveckling visar att arten på lång sikt kommer att förbli en livskraftig del av sin livsmiljö,
2. artens naturliga eller hävdbetingade utbredningsområde varken minskar eller sannolikt kommer att minska inom en överskådlig framtid, och
3. det finns och sannolikt kommer att fortsätta att finnas en tillräckligt stor livsmiljö för att artens populationer ska bibehållas på lång sikt (art. 1 i art- och habitatdirektivet).

För bedömningen av arter på objektsnivå är följande aktuellt:

1. Populationen i området
2. Areal av artens livsmiljö

För att klargöra vad som menas med ovanstående kriterier har Naturvårdsverkets tagit fram en handbok med allmänna råd (Naturvårdsverket 2017).

Med kriteriet *areal* menas både den areal som en naturtyp eller en arts livsmiljö har inom ett Natura 2000-område samt den mer storskaliga utbredningen som en art eller naturtyp har i landet eller regionen (biogeografisk nivå). Kriteriet är i första hand ett kvantitativt mått som tar hänsyn till att utbredningsområdet inte minskar (på biogeografisk nivå) och att arealen är tillräcklig på en mer lokal skala. På den lokala skalan kan areal både inom och utanför ett Natura 2000-område beaktas. Det viktiga att ta ställning till är vilka arealer som krävs för att livskraftiga populationer ska kunna fortleva. Med livskraftiga populationer menas att utdöenderisken ska var liten under en överskådlig tid, det vill säga att en art med 90-95% sannolikhet ska överleva åtminstone 100 år framåt i tiden.

Med kriteriet *struktur* menas de synliga strukturer som är en förutsättning för en naturtyp. Det kan vara förekomst av gamla träd, död ved eller lekbottnar med en viss kornstorlek. Kriteriet *funktioner* pekar på de processer som också är en förutsättning för en naturtyp, till exempel att det är fuktigt, betas eller översvämmas.

Kriteriet *bevarandestatusen hos de typiska arterna* innebär att en bedömning av bevarandestatusen ska göras för de arter som pekats ut som typiska för en naturtyp. Typiska arter är sådana som valts ut för naturtypen och som säger något om bevarandestatusen samt är lätta att följa upp. De kan vara angivna i bevarandeplanerna eller i särskilda vägledningar som Naturvårdsverket tagit fram. En viktig aspekt när det gäller bedömningen av typiska arter är att de ska bedömas samlat – om en typisk art riskerar att minska, men övriga arter påverkas positivt, är helhetsbedömningen ändå positiv.

För utpekade Natura 2000-arter gäller kriterierna *population* och *areal av livsmiljö*. I bedömningen av kriteriet population är populationsutvecklingen i fokus. Populationsutvecklingen kan bedömas genom exempelvis förändringar i populationsstorlek, åldersstruktur, könsfördelning eller överlevnadsgrad. Vad som är lämpligt beror på typen av påverkan och vilken art det handlar om. Bedömningen av kriteriet för areal livsmiljö är densamma som för naturtyper, det vill säga att bedömningen ska inkludera arealen livsmiljö på både lokal skala och biogeografisk nivå. En viktig aspekt är att det är artens behov av livsmiljö under hela livscykeln som ska bedömas. Platser för föryngring kan skilja sig från födosöksmiljöer och det kan råda årstidsskillnader i hur en art utnyttjar landskapet.

2.3 Konsekvensbedömning

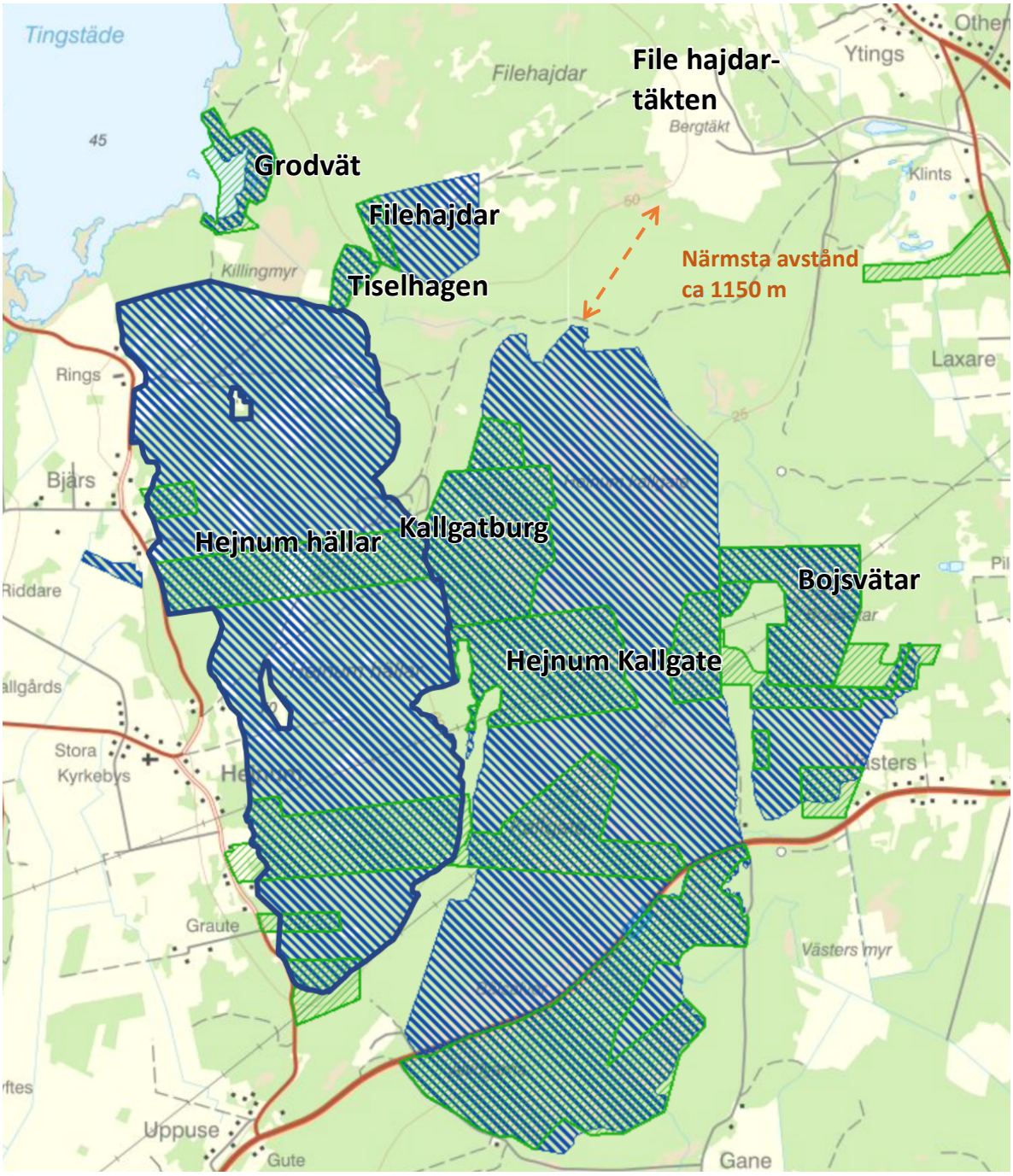
Bedömningarna av den ansökta verksamhetens effekter och konsekvenser baseras på en jämförelse mellan ansökt verksamhet, vid olika tidpunkter, och de förhållanden som råder i nuläget. Med nuläget menas den situation som rådde i oktober 2021. Bedömningarna görs dels på kort sikt, vilket motsvarar den tidpunkt då den ansökta verksamheten påverkar miljön som mest (ca fyra år efter att det ansökta tillståndet tagits i anspråk), och dels på lång sikt, vilket motsvarar att täktverksamheten avslutats och att täkterna vattenfyllts (cirka 30–40 år efter att länshållningen upphört). Konsekvenserna jämförs med nollalternativet som också är utformat för att kunna jämföra konsekvenser på kort och lång sikt om verksamheten inte skulle bli av.

Utöver denna jämförelse av konsekvenser har det under samrådet kommit en önskan om att MKB:n även ska innehålla en jämförelse mellan det ansökta alternativet på kort sikt och nollalternativet på lång sikt. Den efterfrågade jämförelsen innebär alltså en jämförelse mellan det ansökta alternativet, när täktverksamhetens påverkan på grundvattennivåer i omgivningarna är som störst, och nollalternativet när de tre täkterna är maximalt vattenfyllda och en ny hydrogeologisk jämvikt infunnit sig. En sådan jämförelse medför alltså att skillnaden mellan de båda alternativen blir som störst. Denna jämförelse redovisas separat från konsekvensbedömningen..

3 Beskrivning och avgränsning av Natura 2000-områden

3.1 Natura 2000-områden

I närheten av File hajdar-täkten finns sju Natura 2000-områden; Hejnum Kallgate (SE0340147), Bojsvätar (SE0340118), Kallgatburg (SE0340103), Grodvät (SE340141), Filehajdar (SE340111), Tiselhagen (SE340066) och Hejnum hällar (SE340211) (figur 1). Beskrivningarna i detta kapitel baseras på bevarandeplanerna för respektive Natura 2000-område (Länsstyrelsen Gotlands län 2016a-b, 2018a-b, 2019a-b). Hejnum hällar saknar ännu fastställd bevarandeplan.



Figur 1. Läget för de fyra Natura 2000-områdena i förhållande till File hajdar-täkten.

Utöver skydd som Natura 2000 omfattas hela eller delar av Natura 2000-områdena också av andra typer av skydd och utpekanden, som till exempel Ramsar-område, naturreservat och i den nationella myrskyddsplanen (Naturvårdsverket 2007).

Bojsvätar

Bojsvätar utgörs av en mosaik av skogs- och våtmarker som endast präglats av extensivt skogsbruk och bete. Större delen av Bojsvätars Natura 2000-område utgörs av ett stort sammanhängande rikkärr. Längst i söder finns sjöbotten från det utdikade Västers träsk. Genom rikkärret rinner fortsättningen av Orgbäcken som söderut övergår i Vikeån. Den har en naturligt meandrande form genom de norra delarna av rikkärren. Bevarandevärdena utgörs främst av rikkärret som är ett av Sveriges största. Även det mindre vattendraget och olika skogsmiljöer tillhör de prioriterade bevarandevärdena.

Filehajdar

Filehajdar Natura 2000-område utgör en mindre del av det större File hajdars hällmarksområde. Området präglas av mer eller mindre buskrika alvarmarker samt glesa kalktallskogar. Nipsippa förekommer. Bevarandevärdena är knutna till hällmarkerna och tallskogen.

Grodvät

Grodvät är en vik i östra delen av Tingstäde träsk, ca 2 km sydost om Tingstäde samhälle. Området består till största delen av barrskog och våtmarker. Agkärren utgör en betydande del av Grodvät och sträcker sig längs stranden i hela området. Rikkärren ligger som en remsa i södra delen av området mellan agkärret på sjöstranden och skogen och alvarmarker längre inåt land. I Grodvät ingår även öppna vattenspeglar där vegetationen helt domineras av kransalger. Bevarandevärdena förknippas med våtmarksmiljöer med bland annat rikkärr och agmyr. Även alvarmarker och skogsmiljöer samt kransalgsrik sjö ingår i bevarandevärdena.

Hejnum hällar

Hejnum hällar saknar fastställd bevarandeplan men består av ett långsträckt höjdområde som domineras av betade hällmarker. Dessa består i sin tur av en mosaik med helt öppna alvarmarker, enbuskmarker och glesa tallskogar. I vissa lågpunkter, främst söderut, förekommer mindre arealer rikkärr och agmyr. De västra sluttningarna är ganska flacka och vetter mot Hejnums dalgång. De östra är brantare med ravinliknande strandhak i övre delen av sluttningarna och därefter strandvallar i flera etager. I dessa etager finns också en del våtmarker insprängda. Bevarandeplan saknas som sagt men bevarandevärdena är sannolikt förknippade med hällmarkerna och den mosaik av naturmiljöer som finns på dem.

Hejnum Kallgate

Hejnum Kallgate är Gotlands största våtmarksområde och består av en mosaik av skogs-, alvar- och våtmarker som endast präglats av extensivt skogsbruk och bete. Hejnum Kallgate ligger på märgelkalksten som överlagras av bleke och är det enda området i sitt slag på Gotland. Väster om våtmarken Hejnum Kallgate ligger det höglänta området Hejnum hällar och i norr ligger File hajdar. I sluttningarna av dessa förekommer mer eller mindre mäktiga strandvallar. Genom Hejnum Kallgate rinner flera mindre vattendrag, varav Orgbäcken är det största. Den rinner bland annat genom det våtmarksbäcken som bildar de stora rikkärren i norra Hejnum Kallgate. I foten av strandvallar i norra delen av Hejnum Kallgate förekommer kalktuffkällor. Bevarandevärdena är främst förknippade med våtmarksmiljöer men även skogs- och betesmarker ingår.

Kallgatburg

Kallgatburg ligger längs de östra sluttningarna av Hejnum hällar, på gränsen mellan två bergartsområden. I norr och väster utbreder sig de vidsträckta hällmarksområdena File hajdar och Hejnum hällar, som båda är utbildade i hård, svårvittrad kalksten. I öster och sydost ligger det stora våtmarkskomplexet Hejnum Kallgate, där underlaget består av lättvittrad märgelsten. I sluttningarna förekommer mäktiga strandvallar från Östersjöns tidigare stadier, till exempel Ancylussjön. I foten av sluttningarna finns flera källmiljöer med kalktuffkällor och upprinnor i rikkärr. I rikkärren finns också flera bäckmiljöer. Ancylusvallen är genomgrävd på en plats vilket lett till att en tidigare sjö avvattnats och där är istället agmyr och rikkärr idag. Till bevarandevärdena räknas främst våtmarksmiljöerna och utöver dessa även en av Sveriges största förekomster av idegran.

Tiselhagen

Tiselhagen ligger i dalgången mellan Tingstäde träsk och våtmarksområdet Hejnum Kallgate och består av frisk till fuktig blandskog. Bevarandevärdena är främst skogliga med död ved och gamla träd.

3.2 Avgränsning av Natura 2000-områden

Det är tydligt att en eventuell påverkan av en utökad täktverksamhet inte kommer att vara annat än indirekt genom förändrad hydrologi. Därför gjordes tidigt i processen en avgränsning av Natura 2000-områden som har bevarandevärden, naturtyper och arter som kan påverkas av hydrologiska förändringar. Fyra av de sju Natura 2000-områdena uppfyller de kraven och ingår därför i den fortsatta konsekvensbedömningen. Dessa är Hejnum Kallgate, Bojsvätar, Kallgatburg och Grodvät.

Hejnum Kallgate, Bojsvätar och Kallgatburg bildar södra Sveriges största rikkärrskomplex vilket är ett starkt motiv till att de ska bedömas. Grodvät ligger visserligen längs stranden av Tingstäde träsk och hör hydrologiskt samman med sjöns vattenstånd. Trots det är motivet till att Grodvät ändå konsekvensbedöms att det finns hydrologiskt beroende naturtyper.

När det kommer till de övriga Natura 2000-områdena saknar de i allt väsentligt naturtyper och arter som är hydrologiskt beroende. Både Filehajdar och Hejnum hällar är hällmarksområden med torra marker där hydrologin saknar betydelse. Det är genom nederbörd de försörjs av vatten, vilket är något den ansökta verksamheten inte påverkar. Hejnum hällar har visserligen mindre arealer våtmarkshabitat förtecknade men dessa ligger långt söderut och har bedömts ligga på ett sådant stort avstånd att någon påverkan inte kan ske.

Slutligen, Tiselhagen består främst av skogliga värden som är förknippade med gamla träd och förekomst av död ved, vilket är något som inte kommer att påverkas av en förändrad hydrologi.

3.3 Natura 2000-naturtyper

Bruttolista och känslighetsklassning

Samtliga naturtyper för de fyra avgränsade Natura 2000-områdena har sammanställts i en bruttolista och utvärderats utifrån känslighet för hydrologisk påverkan.

Under senare år har SGU tagit fram en rad rapporter för att identifiera och även prioritera vilka Natura 2000-habitat som är relevanta vad gäller grundvattenpåverkan. Syftet har varit att underlätta arbetet med vattenförvaltning och miljökvalitetsmålet ”Grundvatten av god kvalitet”. Den första rapporten släpptes 2011 och var en översiktlig rapport om vilka habitat som kan klassas som grundvattenkänsliga (Werner & Collinder 2011). Vidare togs en metodik fram för att klassa de olika habitatens känslighet. Denna rapport följdes 2014 upp av en rapport som

även behandlade grundvattenkemiberoende habitat (Werner & Collinder 2014). I denna behandlades grundvattnets kemiska och fysiska innehåll och dess betydelse för olika habitat. Urvalet av kemiska och fysiska parametrar grundade sig både på vattnets naturliga innehåll såsom pH, vattentemperatur och salthalt och på vattenburna föroreningar såsom bekämpningsmedel och tungmetaller. Även här togs en metodik fram för bedömning av känslighet men också sårbarhet. Dessa båda rapporter syntetiserades i en rapport om vilka Natura 2000-habitat som bör prioriteras vad gäller grundvattenberoende ekosystem (Werner & Collinder 2015). Rapporten tar också hänsyn till biogeografisk region vid prioriteringen. Det är en viktig avgränsning eftersom bevarandestatus kan skifta mellan olika regioner. Rapporterna utgör ett gott underlag för att välja ut vilka Natura 2000-habitat som kan vara känsliga för en förändrad hydrologi till följd av den ansökta verksamheten vid File hajdar-täkten, även om man i rapporterna också konstaterar att det inför tillståndsprövningar alltid behöver genomföras en lokal utredning som kan mynna ut i att prioriteringen blir en annan än den generella.

De habitat som bedömts vara hydrologiskt känsliga framgår av tabell 1 och är kransalgsjöar (3140), mindre vattendrag (3260), fuktängar med blåtåtel och starr (6410), kalkkärr med gotlandsag (7210), källor med tuffbildning, kalktuffkällor (7220), rikkärr (7230), västlig taiga (9010) samt lövsumpskog (9080). Västlig taiga gäller enbart för Bojsvätar då naturtypen generellt inte bedöms vara känslig och hydrologi saknas i de övriga Natura 2000-områdenas bevarandemål. Kalkkärr med gotlandsag, källor med tuffbildning och västlig taiga är samtliga prioriterade naturtyper inom EU.

De känsligaste naturtyperna har bedömts vara kalkkärr med gotlandsag (7210), källor med tuffbildning, kalktuffkällor (7220) och rikkärr (7230). Känslighetsbedömningen utgår från SGU:s prioritering av grundvattenberoende naturtyper samt bevarandeplanernas mål och beskrivning av vad som krävs för gynnsam bevarandestatus.

Tabell 1. Redovisning av samtliga Natura 2000-habitat för varje Natura 2000-område samt vilka av dessa habitat som kan vara känsliga vid förändrat yt- och grundvattentillstånd. Mängden habitat i varje Natura 2000-område framgår också av tabellen och är hämtad från Naturvårdsverkets *Skyddad natur* (https://skyddadnatur.naturvardsverket.se) och bevarandeplanerna för respektive område (Länsstyrelsen Gotlands län 2016, 2018, 2019 a-b).

Naturtyp (habitatkod EU)	Känslighet**	Prioritet grundvatten-beroende ekosystem*	Hejnum Kallgate (ha)	Bojsvätar (ha)	Kallgatburg (ha)	Grodvät (ha)	Motiv till känslighetsklass
Kransalgsjöar (3140)	+	II / II				0,8	Sekundärt prioriterad naturtyp. Bevarandestatus kopplad till intakt hydrologi och hydrokemi.
Mindre vattendrag (3260)	+	II / ns	0,7	0,2	0,2		Sekundärt prioriterad naturtyp för grundvattenhydrologi. Bevarandestatus beroende av naturliga vattenståndsvariationer och opåverkad hydrokemi.

Naturtyp (habitatkod EU)	Känslighet**	Prioritet grundvatten-beroende ekosystem*	Hejnum Kallgate (ha)	Bojsvätar (ha)	Kallgatburg (ha)	Grodvät (ha)	Motiv till känslighetsklass
Basiska berghällar (6110)***	–	– / –	0,4				Inget om hydrologi tas upp
Kalkgräsmarker (6210)***	–	– / –			2,2		Inget om hydrologi tas upp
Nordiskt alvar och prekambriska kalkhällmarker*** (6280)	–	– / –	1,2			1,0	Inget om hydrologi tas upp
Fuktängar med blåtåtel eller starr (6410)	+	– / –	3,3	5,1	2,8	-	Ej prioriterad naturtyp. För gynnsam bevarandestatus kan krävas återkommande översvämningar.
Kalkkärr med gotlandsag*** (7210)	++	I / –	0,2	4,6		9,0	Primärt prioriterad naturtyp för grund-vattenhydrologi. Ostörd hydrologi ingår i bevarandemål. För gynnsam bevarandestatus krävs oförändrad hydrologi och hydrokemi.
Källor med tuffbildning, kalkktuffkällor*** (7220)	++	I / I	0,2	-	0,2	-	Primärt prioriterad naturtyp för både grundvatten-hydrologi och grundvattenkemi. Ostörd hydrologi ingår i bevarandemål. För gynnsam bevarandestatus krävs oförändrad hydrologi och hydrokemi och då särskilt ständig tillgång till framspringande källvatten med hög kalkhalt.
Rikkärr (7230)	++	II / II	360,1	65,9	33,2	1,0	Sekundärt prioriterad naturtyp för både grundvatten-hydrologi och grundvattenkemi. Ostörd hydrologi ingår i bevarandemål.

Naturtyp (habitatkod EU)	Känslighet**	Prioritet grundvatten-beroende ekosystem*	Hejnum Kallgate (ha)	Bojsvätar (ha)	Kallgatburg (ha)	Grodvät (ha)	Motiv till känslighetsklass
							För gynnsam bevarandestatus krävs oförändrad hydrologi och hydrokemi (baskatjonrikt vatten).
Västlig taiga*** (9010)	+	– / –	23,8	78,9	57,8	12,2	Ej prioriterad naturtyp. För gynnsam bevarandestatus i Bojsvätar krävs ostörd hydrologi.
Nordlig ädellövskog (9020)	–	– / –	0,1				Inget om hydrologi tas upp
Trädklädd betesmark (9070)	–	– / –	543,6	22,6	19,0		Inget om hydrologi tas upp
Lövsumpskog (9080)	+	+ / +	0,3	5,2			Sekundärt prioriterad. Bevarandestatus beroende av ostörd hydrologi.

* Baseras på den prioritering som tagits fram av SGU om vilka Natura 2000-habitat som är mest prioriterade utifrån ekosystemens bevarandevärde, känslighet och sårbarhet för förändringar i grundvattenhydrologi och vattenkemi (Werner & Collinder 2015). Grundvattenhydrologin (grundvattnets nivå och/eller utströmning) respektive grundvattenkemin har bedömts var för sig och båda visas åtskilda av ett snedstreck i nämnd ordning. Endast boreal region redovisas eftersom Gotland tillhör denna. Prioriteringen har följande klassindelning: – (ej prioriterad naturtyp), I (primärt prioriterad naturtyp), II (sekundärt prioriterad naturtyp), ns: uppgift saknas.
** Anger känslighet för hydrologiska förändringar i form av ändrat grund- och/eller ytvattentillstånd. Känslighetsbedömningen utgår från SGU:s prioritering för grundvattenpåverkade ekosystem samt bevarandeplanernas beskrivning av vad som krävs för upprätthållande av gynnsam bevarandestatus. Känsligheten bedöms i tre klasser: – (ingen känslighet), + (möjlig/viss känslighet), ++ (känslig).
*** Prioriterad naturtyp – bevarandet av naturtypen bedöms vara av hög prioritet inom EU och framgår av art- och habitatdirektivets bilaga 1.

Slutlig avgränsning av naturtyper

Samtliga naturtyper från bruttolistan (tabell 1) som av SGU eller i bevarandeplanerna beskrivs som hydrologiskt känsliga ska preliminärt ingå i konsekvensbedömningen. Övriga naturtyper tas inte vidare upp i denna rapport. I ett fall, västlig taiga (9010), gäller bedömningen av naturtyp enbart ett Natura 2000-område, Bojsvätar. Detta trots att västlig taiga finns i flera Natura 2000-områden. Det hänger samman med att för Bojsvätar beskrivs det att det krävs en ostörd hydrologi för att nå bevarandemålen för västlig taiga. Motsvarande beskrivning saknas för naturtypen i de övriga Natura 2000-områdena.

Utöver de avgränsningar som gjorts utifrån bevarandeplaner och SGU:s riktlinjer görs också en riskbedömning utifrån projektets möjliga påverkan eftersom tillståndskravet utlöses först när det finns en risk för betydande konsekvenser för en naturtyp. Enligt försiktighetsprincipen ska tröskeln vara låg för vad som ska konsekvensbedömas. Det innebär att alla hydrologiskt känsliga naturtyper per automatik konsekvensbedöms. För de som har en lägre grad av känslighet gäller att det ska finnas en påvisbar koppling till den ansökta verksamhetens påverkan för att en risk för betydande konsekvenser ska kunna uppstå.

Både lövsumpskog och kransalgsjö, som är naturtyper som är mindre känsliga för hydrologiska förändringar, har bedömts inte nå tröskeln för att konsekvensbedömas vilket motiveras vidare i följande stycke.

Lövsumpskog förekommer i både Bojsvätar och Hejnum Kallgate. I Hejnum Kallgate är arealen med lövsumpskog liten och området ligger långt ner i söder, d.v.s. 5 km från den ansökta verksamheten. I Bojsvätar är arealen större och naturtypen ligger något närmare, 4 km från den ansökta verksamheten. Trots det är avståndet stort samt att läget i sydvästra delen av Bojsvätar höjdmässigt är avskilt från det stora öppna rikkärret som genomkorsar Bojsvätar i nord-sydlig riktning. Det senare innebär att det saknas hydrologisk koppling till den ansökta verksamheten. I Grodvät har kransalgsjöar avgränsats bort eftersom det är en naturtyp som förekommer ute i Tingstäde träsk och hydrologiskt är helt knuten till sjöns vattenstånd och inte till eventuella förändringar av grundvattennivåer och grundvattenutträngning. De övriga naturtyper som har lägre graden av känslighet ligger alla närmare den ansökta verksamheten och de har en hydrologisk koppling i att de exempelvis tillhör samma avrinningsområde.

I tabell 2 framgår de naturtyper som efter slutlig avgränsning ingår i konsekvensbedömningen.

Tabell 2. Slutlig avgränsning av naturtyper som ska konsekvensbedömas. Förekomst av naturtyp för bedömning i de olika Natura 2000-områdena framgår med ett X.

Naturtyp (artkod EU)	Hejnum Kallgate	Bojsvätar	Kallgatburg	Grodvät
Mindre vattendrag (3260)	X	X	X	
Fuktängar med blåtåtel eller starr (6410)	X	X	X	
Kalkkärr med gotlandsag (7210)	X	X		X
Källor med tuffbildning, kalkktuffkällor (7220)	X		X	
Rikkärr (7230)	X	X	X	X
Västlig taiga (9010)		X		

3.4 Natura 2000-arter

SGU har i sitt arbete med att identifiera grundvattenberoende ekosystem även behandlat arter som omfattas av EU:s art- och habitatdirektiv (Werner & Collinder 2011). I denna rapport listas arternas känslighet för förändrad grundvattenhydrologi för Sveriges tre biogeografiska regioner. Känslighetsbedömningen baseras på ett antal kriterier som omfattar kalkgynnade arter, arter som är beroende av grundvattennivåer eller utströmmande grundvatten och hur stor andel av populationen som är knuten till aktuella våtmarker. Detta har varit ett viktigt underlag för känslighetsbedömningen i denna rapport, men – precis som för naturtyperna – behöver den generella bedömningen utvecklas utifrån de lokala förhållanden som råder i det aktuella området på Gotland. Där är bevarandemålen i bevarandeplanerna mycket viktiga. I tabell 3 redovisas samtliga arter som pekats ut i bevarandeplanerna och som omfattas av art- och habitatdirektivet. Inga arter omfattas av fågeldirektivet. I tabellen framgår också den känslighetsbedömning som gjorts utifrån hydrologiska förändringar till följd av ändrat yt- och/eller grundvattentillstånd.

Nipsippa har avgränsats bort direkt för vidare konsekvensbedömning eftersom arten inte tas upp som hydrologiskt känslig. Även citronfläckad kärrtrollslända har avgränsats bort. Den

klassas som mindre känslig för förändrad hydrologi men framför allt är den kopplad till Tingstäde träsks vattenstånd och därmed inte till förändringar i grundvattennivåer eller grundvattenutträngning.

De arter som bedömts känsliga för förändrad hydrologi är smalgrynsnäcka (1014), väddnätfjäril (1065) och guckusko (1902).

Tabell 3. Redovisning av samtliga utpekade arter enligt art- och habitatdirektivet respektive fågeldirektivet för varje Natura 2000-område samt vilka av dessa som kan vara känsliga vid förändrat yt- och grundvattentillstånd. De arter som är i fetstil är de som avgränsats att konsekvensbedömas.

Art (artkod EU)	Känslighet**	Nationell känslighet*	Hejnum Kallgate	Bojsvätar	Kallgatburg	Grodvät	Motiv till känslighetsklass
Smalgrynsnäcka (1014)	**++**	**3**			**X**	**X**	**Mycket hög känslighet i den nationella bedömningen. Kan påverkas av förändrad hydrologi.**
Citronfläckad kärrtrollslända (1042)	+	1				X	Mindre känslig. Alla trollsländor har automatiskt förts till att vara grundvattenberoende.
Väddnätfjäril (1065)	**++**	**3**	**X**	**X**	**X**		**Mycket hög känslighet i den nationella bedömningen. Knuten till våtmarkshabitat med riklig förekomst av ängsvädd (värdväxten).**
Nipsippa (1477)	–	–			X		Bedöms inte som känslig.
Guckusko (1902)	**++**	**3**	**X**				**Mycket hög känslighet i den nationella bedömningen. Tillgång till kalkhaltigt, rörligt markvatten viktigt.**

* Nationell känslighet är den känslighetsbedömning som SGU tagit fram för arter som är knutna till grundvattenberoende ekosystem och som omfattas av EU:s art- och habitatdirektiv (Werner & Collinder 2011). Känsligheten bedöms i fyra klasser: – (ingen känslighet), 1 (mycket känslig), 2 (känslig), 3 (mindre känslig). Den redovisade känsligheten gäller för den boreala regionen där Gotland ingår.
** Anger känslighet för hydrologiska förändringar i form av ändrat grund- och/eller ytvattentillstånd. Känslighetsbedömningen utgår från beskrivningar i Artdatabankens artfaktablad (www.artdatabanken.se), eller från åtgärdsprogram om sådant finns, av vad som krävs för upprätthållande av gynnsam bevarandestatus. Känsligheten bedöms i tre klasser: – (ingen känslighet), + (möjlig/viss känslighet), ++ (känslig).

4 Beskrivning av hydrologiskt känsliga habitat och arter

4.1 Beskrivning av habitat

I huvudsak baseras beskrivningarna på Naturvårdsverkets vägledningar för svenska naturtyper i art- och habitatdirektivets bilaga 1 (Naturvårdsverket 2011a-d, 2012a-b), Svenska naturtyper i det europeiska nätverket Natura 2000 (Löfroth 1997) samt bevarandeplanerna för aktuella Natura 2000-områden (Länsstyrelsen Gotlands län 2005). För rikkärr och kalktallskog finns

särskilt framtagna åtgärdsprogram som använts som underlag (Sundberg 2006, Nitare 2009). Om ytterligare litteratur använts framgår det under varje separat stycke.

Mindre vattendrag (3260)

Små till medelstora naturliga vattendrag eller delar av vattendrag i flacka landskap samt i skogs- och bergslandskap. Naturliga variationer av vattenståndet och skiftande vattendynamik, med lugna till forsande vattendragssträckor, skapar en variation av strandmiljöer och bottnar med förutsättningar för hög biologisk mångfald. Vattendragen har en vegetation med inslag av flytbladsväxter, undervattensväxter och/eller akvatiska mossor.

Vattendragets variation gällande bottensubstrat, vegetation och strandstrukturer förutsätter oreglerad vattenföring. Den naturliga vattendynamiken är därmed en förutsättning för att upprätthålla livsmiljön för naturligt förekommande arter. Strandzonen inom översvämningsområdet är en naturlig del av vattenmiljön och har avgörande betydelse för ekologin i limniska naturtyper. Fria vandringsvägar krävs i vattendraget såväl som i anslutande vattensystem (frånvaro av antropogena vandringshinder är en förutsättning för många av naturtypens arter). Naturliga omgivningar med strandskog/svämskog, våtmarker och mader behövs för att upprätthålla livsmiljöer, vattenkvalitet och en naturlig näringsomsättning.

På Gotland, med sina torra somrar och sedimentära berggrund där grundvattennivåerna naturligt sjunker avsevärt mer än i huvuddelen av Sverige, är det vanligt att vattendragen helt torkar ut sommartid. Detta gäller för samtliga beskrivna Natura 2000-områden.

Figur 2. Mindre vattendrag under högvatten i december i norra delen av Hejnum Kallgate Natura 2000-område. Under sommaren torkar de mindre vattendragen ut helt naturligt.

Fuktängar med blåtåtel och starr (6410)

Naturtypen består av fuktängar på jordar med stort inslag av kalk, lera eller torv och är oftast hävdberoende. Två undertyper finns och för detta projekt berörs undertypen ”Fuktängar på neutrala till alkaliska, kalkrika jordar med ett varierande vatteninnehåll, ofta relativt artrika”. Här ingår bland annat ”kalkfuktängen”, figur 3. Kalkfuktängar uppträder både i sluttningar med rörligt markvatten (soligena fuktängar) och vid tidvis översvämmade marker (topogena fuktängar). Ofta förekommer de i en kombination av dessa båda typer, där fuktängarna i högre lägen är mer soligena och fuktängarna närmare översvämningsmarkerna är mer topogena. Kalkfuktängar är normalt beroende av hävd och växer igen om de inte betas eller slås, men i fjällkedjan och på Öland och Gotland kan de förekomma som mer eller mindre naturligt öppna miljöer på grund av klimatfaktorer och tunna jordskikt. För Gotlands del handlar det då ofta om uppfrysningsmarker som hindrar etablering av träd och buskar och alvarmarker med vätar där jordskiktet inte heller tillåter någon större tillväxt av vedartade växter. Kalkfuktängar är ofta örtrika och innehåller sällsynta arter, bland annat många orkidéer. Örtrikedomen gör dem också rika och betydelsefulla för många insekter, till exempel för fjärilar och bin. De är också naturligt näringsfattiga och därmed känsliga för gödningsämnen. Det allvarligaste hotet är annars igenväxning till följd av utebliven eller för liten hävd. Även dikning och sänkta grundvattennivåer är ett hot.

Figur 3. Kalkfuktäng i norra delen av Hejnum Kallgate.

Kalkkärr med gotlandsag (7210)

Agen är en karaktärsart för Gotland och bildar ofta stora sammanhängande bestånd där den växer. Naturtypen benämns ofta med namnet agmyr (ibland används namnet agkärr), och är den vanligaste våtmarkstypen på Gotland (Martinsson 1997). Agen är en kalkgynnad art och förekommer i näringsfattiga, blöta och öppna våtmarker eller som en bård i strandzonen kring sjöar. Den är väl anpassad till ett liv under blöta förhållanden och har luftförande vävnad i rötterna, så kallad aerenkym, som kan leda ner syre till rötternas andning, i den annars syrefattiga miljön i kärrtorven. På så vis kan man säga att agen ersätter vassen under kalkrika

och näringsfattiga förhållanden. Jordstammarna är känsliga för frost vilket begränsar artens utbredning.

Agmyrarna domineras oftast helt av ag vilket gör att de är relativt artfattiga växtsamhällen. Däremot har de betydelse för vattenlevande insekter och andra djur då de är grunda, varma och fiskfria. Agmyrarna erbjuder också häckningsmiljöer för exempelvis ängshök.

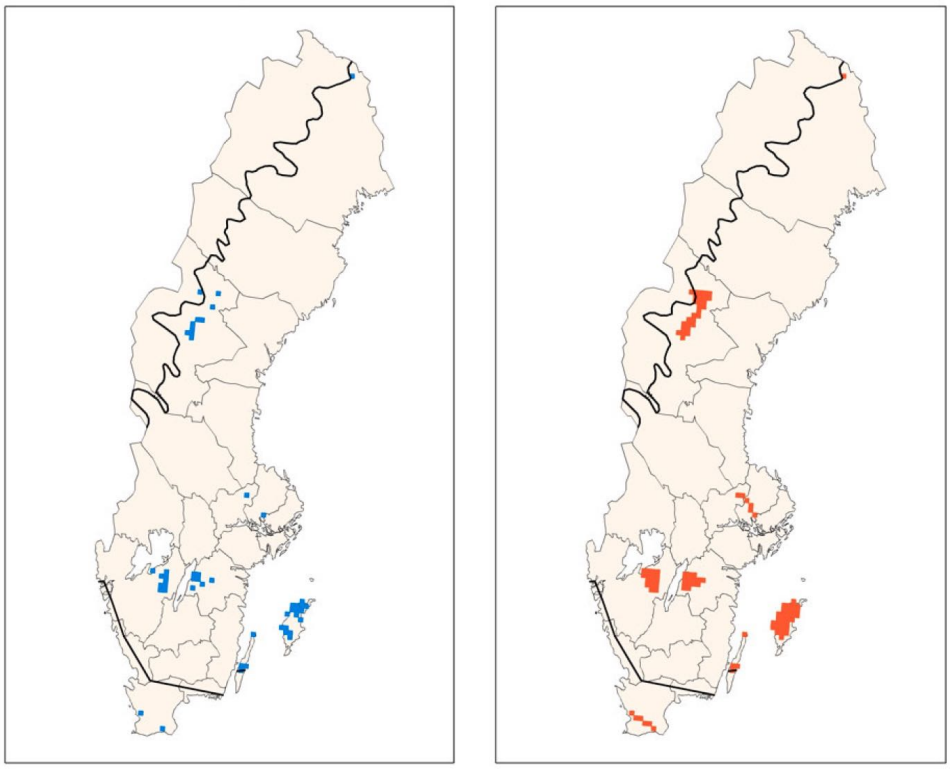
Figur 4. Litet bestånd av agmyr i norra Hejnum Kallgate.

Kalktuffkällor (7220)

Naturtypen utgörs av källor med hårt, kalkrikt vatten och pågående tuffbildning. Kalktuff är en utfällning av kalciumkarbonat som bildas i samband med att starkt kalkhaltigt grundvatten tränger fram till jordytan och bildar en källa. Själva kalktuffen kan se mycket olika ut och förekommer från ren kristallin form till mycket lösa sediment med stor inblandning av organiskt material. Kalktuffkällor kan förekomma i både öppna och slutna miljöer men ett kännetecken är att källorna ofta är små och att vegetationen domineras av mossor,

Figur 5. Kalktuffkällor i norra Hejnum Kallgate

särskilt tuffmossor. Om källan ger upphov till en bäck ingår även den i naturtypen. Kalktuffkällor är naturligt extremt näringsfattiga med mycket låga halter av växttillgängligt fosfat och kväve. Kalktuffkällor är mycket ovanliga i hela Europa och är också en prioriterad naturtyp. Till naturtypen hör specialiserade och ovanliga arter, särskilt mossor, som är beroende av den höga kalkhalten och det kalla källvattnet.



Figur 6. Utbredningen av kalktuffkällor är mycket begränsad i Sverige och förekommer i stort sett bara inom kambrosilurberggrunden (illustration hämtad från Naturvårdsverkets Vägledning för kalktuffkällor (Naturvårdsverket 2011c)).

Rikkärr (7230)

Rikkärr är mineralrika myrar med nära neutralt pH i vattnet (pH 6-8). De har ständig tillförsel och höga halter av baskatjoner, främst av kalcium men ibland även av andra basketjoner såsom järn och magnesium (Martinsson 2008). I rikkärren inkluderas även de på mossarter rika medelrikkärren. Trots sitt namn är inte rikkärr rika på näring och detta skiljer dem från andra kärrtyper som kan ha högre pH, till exempel sumpskogar och högörtängar. Näringsfattigdomen beror främst på mycket låga halter av växttillgänglig fosfat. Detta förklaras av att fosfater komplexbinds av kalcium vid pH >6,5 (Sundberg 2006). Rikkärr kan ha varierande grad av krontäckning från helt öppna miljöer till rena skogsmiljöer. Hydrologiskt kan de vara topografiskt betingade (topogena kärr) och förekommer då i sänkor i terrängen eller så förekommer de där det finns rörligt markvatten, inte sällan i samband med utträngande grundvatten (soligena kärr). Rikkärren skiljer sig från kalkfuktängarna genom att de är blötare och blötlagda under längre tid, att de är torvbildande samt är rika på mossor i bottenskiktet. Det är dock vanligt att torvdjupet är litet i rikkärr jämfört med andra kärrtyper till följd av att det rörliga markvattnet eller sommartorkan för ner syre i torvskiktet som då bryts ned. Ofta är torvdjupet mindre än tre decimeter vilket egentligen ligger utanför myrdefinitionen. Att de ändå inkluderas i myrbegreppet har att göra med att det är frågan om våtmarker som har potentiellt torvbildande våtmarksmossor (Sundberg 2006). Ytterligare ett utmärkande drag hos rikkärr är

att bottenskiktet byggs upp av så kallade brunmossor istället för vitmossor. Rikkärr förekommer både som hävdade och ohävdade miljöer och jämfört med kalkfuktängar så sker igenväxning med träd och buskar i långsammare takt till följd av bristen på näring och blötare förhållanden. För rikkärr finns ett särskilt åtgärdsprogram framtaget (Sundberg 2006).

Rikkärren är rika på biologisk mångfald, till exempel är rikkärr den artrikaste av alla myrtyper (Sundberg 2006). Det förekommer också en rad specialiserade arter av kärlväxter, mossor, landsnäckor och svampar. Även många insekter kan hittas i rikkärrsmiljöerna, exempelvis småfjärilar, jordlöpare och kortvingar. Många av arterna är ovanliga och det gäller i hög grad de gotländska rikkärren som tillhör Sveriges artrikaste.

Figur 7. Stort rikkärr av axagtyp vid Kallgatburg Natura 2000-område.

Rikkärren är en heterogen naturtyp som varierar beroende på pH, mineralhalt, blöthet, näringsförhållanden, klimat, bildningssätt, storlek, lutning, hävdhistoria och torvdjup (Sundberg 2006). I Naturvårdsverkets vägledning delas rikkärren in i tre undergrupper: öppna hävdade rikkärr (krontäckning 0-30%), öppna ohävdade rikkärr (krontäckning 0-30%) samt trädklädda och videbevuxna rikkärr (krontäckning 30-100%). Denna uppdelning utgår endast från hävd och trädtäckning och saknar därmed merparten av tidigare nämnda ekologiska faktorer som är viktiga för vilken typ av rikkärr som kan bildas. Det är därför nödvändigt att bryta ner rikkärren i olika mer homogena vegetationstyper för att på så vis ge dem en tydligare koppling till de ekologiska faktorerna. Det har för Gotlands del gjorts i den tidigare våtmarksinventeringen – VMI (Martinsson 1997) – som utgår från klassificeringen enligt "Vegetationstyper i Norden" (Nordiska ministerrådet 1998). Indelningen är något för detaljerad för syftena i denna rapport och därför har terminologin förenklats till axagkärr, knappagkärr, lågstarrkärr och blåtåtelkärr. Utöver dessa finns det alltid övergångar mellan kärrtyperna samt några sällsynta kärrtyper som

inte tas upp i detta sammanhang. Undergruppen med de trädklädda och videbevuxna rikkärren behandlas under västlig taiga.

Nedan följer en beskrivning av de olika vegetationstyperna. Eftersom denna uppdelning inte finns med i vägledningen för rikkärr är beskrivningen är lite mer utförlig än beskrivningen av övriga Natura 2000-typer.

Axagkärr hör till de så kallade extremrikkärren och domineras av halvgräset axag. Utmärkande drag är höga pH-värden som oftast är över pH 7 samt mycket höga kalciumhalter i vattnet (Sjörs 1967). Axagkärr är också oftast källkärr och utbildas i samband med källor eller mer diffusa upprinnor med kalkhaltigt grundvatten. Vegetationstypen är beroende av rörligt, källpåverkat vatten och att det finns en ganska stabil tillströmning under vegetationssäsongen (Martinsson 1997). Torvlagret är ofta ringa och istället är tillgången till mineralhaltiga jordarter stor. Detta är en direkt effekt av det rörliga och syrerika vattnet som tillåter nedbrytning. Där det förekommer kalktuffkällor i öppna miljöer så omges de inte sällan av axagkärr eller ingår i själva kärrmiljön. Vid sidan av axag är arter som blodrot, majviva, slåtterblomma, ängsvädd, tätört, vildlin, ängsstarr, hirsstarr, slankstarr, ängsnycklar, blodnycklar, vaxnycklar och kärrknipprot vanliga. Mer sällsynta men mycket typiska arter är näbbstarr, orkidéerna sumpnycklar och luktsporre och örterna brun ögontröst, kärrlilja och fjälltätört. Något som ändå utmärker vegetationstypen mycket väl är mossfloran som rymmer så kallade brunmossor såsom späd skorpionmossa, korvskorpionmossa, guldspärrmossa, klotuffmossa, gyllenmossa och källkärrmossa.

Figur 8. Axag är en karaktäristisk och ofta dominerande art i axagkärren.

Knappagkärr hör precis som axagkärren till extremrikkärren, men till skillnad från axagkärren så är det halvgräset knappag som dominerar i denna vegetationtyp. Även här är pH högt (>7) och kalciumhalterna höga, men till skillnad från axagkärren tycks knappagkärren inte vara lika knutna till källflöden och finns oftare i något blötare och mer översvämmade delar av kärren (Martinsson 1997). Knappag är också en mer atlantisk art (västra Europa) än axag som är vanligare i Kontinentaleuropa (Jiménez-Alfaro et. Al. 2013). Typiskt för Gotland är att knappagkärren intar en mellanposition mellan agmyren och axagkärret. Exakt vad det är för

ekologiska faktorer eller mekanismer som avgör denna zonering är inte säkert utan kan ha att göra med att axag klarar något mer upptorkning under sommaren samtidigt som knappag är mer tålig mot översvämningar. Klart är att knappag också förekommer där det finns tillgång till kalkrikt, rörligt markvatten och där torvtäcket är relativt tunt och att det därmed finns en kontakt till mineralrika jordarter. Vad gäller förekomsten av övriga arter påminner knappagkärret om axagkärret och hyser en liknande artsammansättning av brunmossor och kärlväxter.

Lågstarrkärren är egentligen en något brokig grupp där olika starrarter som hirsstarr, slankstarr och ängsstarr kan dominera men där både axag och knappag är mindre framträdande inslag. De uppträder ofta i anslutning till ax- och knappagkärren men då i de torrare och inte lika källpåverkade delarna. Ekologiskt kan man säga att de utgör en övergång till de torrare eller mer tillfälligt vattenförande vegetationstyperna kalkfuktängar, vätar och fukthedar. Den viktigaste skillnaden gentemot de torrare vegetationstyperna finner man i artsammansättningen av mossor. I kärrmiljöerna dominerar skorpionmossor såsom späd skorpionmossa och korvskorpionmossa, medan exempelvis kalkkammossa dominerar i kalkfuktängen.

Blåtåtelkärr är den sista vegetationstypen av rikkärr som tas upp i denna PM. Även om blåtåtel kan förekomma vid väsentligt lägre pH och konduktivitet, så menas här de kärr som har en tydlig påverkan av kalkhaltigt vatten och därmed hyser både brunmossor och många av rikkärrens orkidéer. Om lågstarrkärren ofta innehåller flera olika arter inklusive blåtåtel och där ingen art behöver dominera, så har blåtåtelkärren en kraftig dominans av gräset blåtåtel. Det är den näst vanligaste våtmarkstypen på Gotland och förekommer i en mängd situationer (Martinsson 1997). I öppna kärrmiljöer markerar den ofta mindre källpåverkan (rörligt markvatten) och därmed lägre halter av kalcium (konduktivitet), men inte nödvändigtvis lägre pH även om så ofta är fallet (Wheeler et. al. 2004, Ilomets et. al. 2009).

Figur 9. Många av blåtåtelkärren kring Bojsvätar har uppkommit till följd av degenerering av kärrmiljöer som en följd av utdikning, körskador och igenväxning.

Andra kännetecken är att amplituden i vattenstånd väsentligen skiljer sig från ax- och knappagkärren och varierar mer över året. Vegetationstypen är, som inledningsvis konstaterades, inte lika beroende av rörligt, kalkhaltigt grundvatten och kan därför etablera sig på organiska jordar om förutsättningarna är de rätta (ej för översvämmat) och därför har vegetationstypen blivit vanligare i samband med utdikningar och andra förändrade vattenregimer. Vidare är blåtåtelkärr relativt tåliga mot igenväxning och tilltagande krontäckning och utgör därför en vanlig vegetationstyp när krontaket sluter sig. Under naturliga förhållanden torde dock blåtåtelkärr vara en övergångstyp mellan utströmningsområden och ren fastmark. Eftersom vegetationstypen uppträder under många förhållanden så kan den hysa många av de arter som är karaktäristiska för rikkärr vad gäller både kärlväxter och mossor. Blåtåtelkärren skiljer sig från de föregående vegetationstyperna med avseende på framför allt den stora amplituden mellan hög- och lågvatten.

Västlig taiga (9010)

Naturtypen ska vara skogsklädd – åtminstone över tid . Successionsmiljöer som brandområden etc. ingår i definitionen av "skogsklädd". Trädskiktet kan variera med inslag av både barr- och lövträd. Västlig taiga har en mycket bred definition och innefattar större delen av de skogstyper som förekommer i den boreala regionen. Naturtypen kan betraktas som en serie av olika skogstyper och i detta fall är det de hydrologiskt beroende sumpskogsmiljöerna som är aktuella. Generellt sett är strukturer som död ved, gamla träd, naturlig succession och branddynamik viktiga för att klassificera och bedöma bevarandestatus för naturtypen. Det är endast för de blöta varianterna för västlig taiga som intakt hydrologi är viktigt.

Huvuddelen av de trädbärande våtmarkerna i Natura 2000-områdena domineras av tall och då ofta med blåtåtel i fältskiktet eller älväxing där det är något torrare. I Bojsvätar finns bitvis större inslag av gran med tydlig påverkan av rörligt markvatten.

Merparten av de aktuella tallmiljöerna ingår i det som definieras som kalktallskogar, där det också finns ett separat åtgärdsprogram framtaget (Nitare 2009). Kärrmiljöerna är naturligt näringsfattiga med högt pH. Höga halter av kalcium samt rörligt markvatten förekommer i varierande omfattning beroende på exempelvis torvlagrets tjocklek. Särskilt i Hejnum Kallgate förekommer sumpkärren (kalktallskogarna) i en mosaik tillsammans med rikkärr (figur 10). Det är miljöer med mycket lång kontinuitet. Miljöerna hyser inte sällan en rik flora av kärlväxter och mossor vars artsammansättning kan påminna om rikkärrets beroende på hur tät skogen är och hur långt igenväxningen gått. I mer skogliga situationer kan karaktäristiska arter som guckusko och skogsnycklar, samt massorna spjutmossa och pösmossa, dyka upp. Både sumpkärren och sumpskogen har betydelse för landsnäckor.

Figur 10. Sumpkärr med gles tallskog är typisk för våtmarkerna inom Hejnum-Kallgate.

4.2 Beskrivning av arter

I huvudsak baseras beskrivningarna på Naturvårdsverkets vägledningar för svenska arter i art- och habitatdirektivets bilaga 2 (Naturvårdsverket 2011e-g), Naturvårdsverkets åtgärdsprogram för hotade arter (Eliasson 2008) samt bevarandeplanerna för aktuella Natura 2000-områden (Länsstyrelsen Gotlands län 2016, 2018, 2019 a-b). Om ytterligare litteratur använts framgår det under varje separat stycke.

Figur 11. Väddnätfjäril, smalgrynsnäcka och guckusko är de tre utpekade arterna i Natura 2000-områdena som är hydrologiskt känsliga.

Smalgrynsnäcka, *Vertigo angustior* (1014)

Smalgrynsträckan listas i art- och habitatdirektivets bilaga 2 och är inte en prioriterad art. Arten är upptagen i Natura 2000-områdena Kallgatburg och Grodvät. För arten finns en särskild vägledning framtagen av Naturvårdsverket (Naturvårdsverket 2011f). I Sveriges senaste rapportering till EU bedömdes arten ha otillfredställande bevarandestatus och att trenden är okänd (SLU 2020). Arten betecknas som livskraftig (LC) enligt den nu gällande rödlistan (Artdatabanken 2020), vilket också var fallet vid den föregående rödlistan (Artdatabanken 2015).

Smalgrynsnäcka förekommer i ett brett spektrum av miljöer. Samtidigt är smalgrynsnäckan mycket specifik när det gäller valet av mikrohabitat där det gäller att hitta rätt fuktighet och rätt struktur på förnan. Smalgrynsnäckan är kalkgynnad vilket särskilt märks på de relativt fåtaliga inlandslokalerna.

Smalgrynsnäckan förekommer i flera olika typer av skog där glesa, askdominerade lövkärr föredras, men arten förekommer även i relativt torr skog. Arten förekommer även i kalkrika betesmarker med svagt till måttligt betestryck, men om betestrycket blir för hårt försvinner den. På Öland och Gotland förekommer arten vida spritt i alvarmiljö. I kalkrika områden kan smalgrynsnäckan även finnas i strandnära miljöer, till exempel på betade havsstrandängar eller i

anslutning till kustnära dynvåtmarker. En annan viktig miljö är rikkärr och kalkfuktängar, vilka är de relevanta naturtyperna för Kallgatburg och Grodvät.

Mikrohabitatet är viktigt och smalgrynsnäckan förekommer främst i lucker, något fuktig förna. Den är starkt beroende av stabila förhållanden i markens förnaskikt och klarar inte översvämningar, däremot kortvarig översköljning och viss saltpåverkan (havsvatten som sprayar över lokalerna). Under torrare perioder söker den sig en liten bit ner i marken och uppehåller sig i det översta jordlagret. Under torrtider finner man ofta arten i basen av tuvor.

Väddnätfjäril, *Euphydryas aurinia* (1065)

Figur 12. Väddnätfjäril, hona.

Väddnätfjäril listas i art- och habitatdirektivets bilaga 2 och är inte en prioriterad art. Arten är upptagen i Natura 2000-områdena Hejnum Kallgate, Bojsvätar och Kallgatburg. För arten finns en särskild vägledning framtagen (Naturvårdsverket 2011g). I Sveriges senaste rapportering till EU bedömdes arten ha dålig bevarandestatus med fortsatt negativ trend för boreal region (SLU 2020). Arten betecknas som sårbar (VU) enligt den nu gällande rödlistan (Artdatabanken 2020) vilket också var fallet vid den föregående rödlistan (Artdatabanken 2015). För väddnätfjäril finns också ett särskilt åtgärdsprogram framtaget av Naturvårdsverket där en stor del av artens ekologi, hotbild och utbredning framgår (Eliasson 2008). Eftersom väddnätfjäril förekommer i nära anslutning till det ansökta täktområdet har en särskild artskyddsutredning tagits fram som baseras på omfattande analyser och fältstudier, se Norman et al (2022). Av den anledningen hänvisas till den för djupare kunskap om artens ekologi, hotbild och utbredning i närområdet. I denna rapport beskrivs arten mer övergripande och med utgångspunkt i indirekt hydrologisk påverkan på Natura 2000-områden.

Väddnätfjäril utnyttjar endast ängsvädd för äggläggning och larverna lever i särskilda spånader som larverna spinner. Fjärilarnas flygperiod infaller mellan sista veckan i maj och första veckan i juli. Arten är relativt lokaltrogen och förflyttar sig som regel endast inom ett sammanhängande gynnsamt habitat. Cirka 3–5% av de vuxna individerna flyttar längre sträckor (Norman et. al. 2022). Väddnätfjärilen är en fukt- och värmekrävande art och på Gotland är den i huvudsak knuten till tre olika naturtyper; blekevätar, kalkfuktängar och rikkärr där det växer mycket ängsvädd. Arten lever i så kallade metapopulationer[3] som hänger samman genom ett utbyte av de långflyttande individerna.

Väddnätfjäril har gått starkt tillbaka i hela Europas låglandsområden och Sverige är inget undantag. Mycket av tillbakagången kan förklaras av att tidigare hävdade marker vuxit igen eller planterats. Lokalt har Calluna kunnat visa att gynnsam bevarandestatus råder för metapopulationen kring File hajdar (Norman et al 2022). Det har kunnat göras genom två av varandra oberoende sårbarhetsanalyser.

Guckusko, *Cypripedium calceolus* (1902)

Guckusko är en orkidé, listas i art- och habitatdirektivets bilaga 2 och är inte en prioriterad art. Arten är upptagen i Natura 2000-området Hejnum Kallgate. För arten finns en särskild vägledning framtagen av Naturvårdsverket (Naturvårdsverket 2011e). Den samlade bedömningen är att arten har gynnsam bevarandestatus och att trenden är stabil (SLU 2020). Arten betecknas som livskraftig (LC) enligt den gällande rödlistan (Artdatabanken 2020) vilket också var fallet vid den föregående rödlistan (Artdatabanken 2015).

Guckusko förekommer nästan enbart i områden med hög kalkhalt i marken. Arten växer helst halvöppet på mark med god näringstillgång. Guckusko är påträffad i flera olika skogstyper, främst olika typer av kalkrika skogar med översilning eller rörligt marknära vatten – i norr främst granskog med större eller mindre inblandning av lövträd, söderut oftare mer ädellövdominerad skog och även i kalkrika kärr.

Guckusko kan finnas länge i fröbank, men för att den unga plantan ska överleva är den helt beroende av att mykorrhizasvamp finns tillgänglig. Först när plantan blir äldre minskar behovet av svampen (Kull 1999). Plantan växer till genom kloner och kan bli mycket gammal, över 100 år, om förhållandena är de rätta. Arten tar också lång tid på sig för att börja blomma, normalt 6–10 år (Kull 1999). För överlevnaden är vegetativ förökning genom kloner den allra viktigaste formen av förökning och sexuell förökning svarar normalt för endast 0,5% av rekryteringen av nya plantor. Blomman pollineras av sandbin som fångas in i en snillrik konstruktion i blomman. Trots att arten har bland de största fröna av Europas orkidéer så är den vindspridd och antas kunna sprida sig upp till 1000 m (Kull 1999, Naturvårdsverket 2011e). En blomma producerar mellan 6000-17000 frön (Kull 1997) men det tycks inte vara varken pollineringen eller fröproduktionen som är begränsande för etableringen av nya individer utan möjligheterna för fröna att gro. Mikrohabitatet för etablering ska vara fuktigt och glest bevuxet med mossor (Kull 2008).

Sammantaget kan konstateras att redan etablerade individer är rätt motståndskraftiga mot mindre förändringar av livsmiljön men kan dö ut om det blir alltför skuggigt och för höga näringsnivåer vilket gör att konkurrensstarka växter tar över. För nyetablering är mikrohabitatet mycket viktigt där det behöver finnas fuktiga blottor och tillgång till mykorrhizasvamp. Som tidigare konstaterats är högt pH och hög halt av kalcium i vattnet av stor betydelse för både vuxna och unga individer.

[3] Metapopulation är ett ekologiskt begrepp för system av lokala populationer av samma art som är rumsligt åtskilda. De lokala populationerna kan vara så små att de löper en viss risk att dö ut, men de lokala utdöendena kompenseras av att nya lokala populationer uppstår genom kolonisationer. På så vis kan metapopulationen överleva på lång sikt.

5 Allmänt om ekohydrologi

Ekohydrologi är benämningen på det tvärvetenskapliga forskningsfältet mellan geohydrologi och ekologi, det vill säga de samverkande faktorerna kring vattenstånd, vattenflöden och vattnets kemiska innehåll och hur det påverkar sammansättningen av växt- och djurarter. Området har uppmärksammats mycket i samband med både naturvårds- och exploateringssammanhang, till exempel vid konsekvensbedömningar, återställande av våtmarker och rent bevarande. En hel del arbeten har gjorts internationellt under några årtionden och i Werner & Collinder (2011) och Thorsbrink et al. (2016) finns sammanställningar, översikter och referenser. Under de senaste åren har också området uppmärksammats i Sverige, bland annat inom ramen för SGU:s arbete med grundvattenberoende ekosystem (Werner & Collinder 2011, 2014, 2015, Thorsbrink et al. 2016). Förståelsen för orsak och verkan är mycket betydelsefull oavsett om det gäller restaurering eller exploatering och därför ges här en mer utförlig bakgrund till vad som är viktigt för de ekosystem som ska konsekvensbedömas. Mycket av bakgrunden fokuserar på de olika Natura 2000-naturtyperna eller snarare vegetationstyperna som helhet eftersom de bildar basen även för de utpekade arterna.

Detta kapitel syftar därmed till att beskriva vilka ekologiska faktorer som är viktiga ur ett hydrologiskt perspektiv för de habitat och arter som ska konsekvensbedömas (se kapitel 3 och 4 för urval) och är inte en heltäckande redovisning och genomgång av våtmarksekologi. För mer heltäckande litteratur om våtmarker och våtmarksekologi hänvisas till Sjörs (1967), Löfroth (1991), Gustafsson & Ahlén (1996) och Rydin et al. (1999).

Vattenstånd och vegetationszonering

Det är väl känt att den viktigaste faktorn för våtmarker är hydrologin. Förekomsten av vatten i den biologiskt aktiva zonen där rotsystem, mossor, svampar och den lägre faunan uppehåller sig är väldigt styrande för konkurrensförhållanden, överlevnaden och reproduktionen. Vattentäckning innebär att luftens syre inte blir lika tillgängligt för rötterna, vilket kräver särskilda anpassningar hos de kärlväxter som ska leva där. Typiskt för kärlväxter i våtmarker är exempelvis att de har aerenkym (luftgenomsläppande vävnad) som hjälper till att föra ner syre till rotsystemet som i sin tur kräver cellandning för att kunna utföra sina uppgifter. Vissa växter (och djur) klarar av permanent dränkning, andra klarar av viss dränkning och andra klarar inte av dränkning alls.

Vattenfluktuationer är en form av återkommande störning och denna störning med varierande vattenstånd är den i särklass största enskilt strukturerande faktorn för i princip alla typer av våtmarker (Keddy 2000). På gotländska myrar och sjöstränder skapar översvämningar förutsättningar för en zonering av vegetation så att olika vegetationsbälten med olika artinnehåll bildas (figur 13). Övergången mellan zonerna kan vara diffus på nära håll men på avstånd är de oftast tydliga. Växtarter har olika tolerans mot störningar som översvämning och torrläggning, vilket innebär att arterna förekommer på den höjdnivå som bäst motsvarar deras tolerans mot dränkning och torrläggning. Det är dock inte enbart antalet översvämningsdagar per år som har betydelse, utan också tidpunkten för när översvämningen inträffar. Generellt kan man säga att det är dränkningsvaraktigheten under vegetationsperioden som har betydelse.

Zoneringen i en gotländsk naturlig blöt myr eller sjöstrand ser generellt ut så att där det är som blötast finns agbälten, men agen kan ersättas av bladvass om näringsnivåerna är högre (figur 13). Agen är den enda vegetationstypen som finns nedanför medelvattennivån, det vill säga i den del av stränder som kallas vattenstranden. När det grundar upp kommer landstranden (ovan medelvattenståndet) och där minskar konkurrenskraften och tåligheten hos ag och istället ökar förutsättningarna för andra vegetationstyper. Den första zonen efter agmyren brukar upptas av knappag och sedan följer axag och kalkfuktäng (om bete förekommer) eller

blåtåtelfuktäng/sumpskog (vid igenväxning). Vid näringsfattiga förhållanden dominerar tallsumpskog med blåtåtelfuktäng medan lövsumpskog uppkommer vid högre näringsnivåer.

Figur 13. Ovan, typisk vegetationszonering för gotländska myrar (Illustration Judith Askling), nedan en bild på vegetationszoneringen från en av terasserna med våtmarker i sluttningarna i Kallgatburg. I förgrunden kalkfuktäng som övergår i rikkärr med knappag och i lågpunkten agmyr.

Topogena och soligena kärr

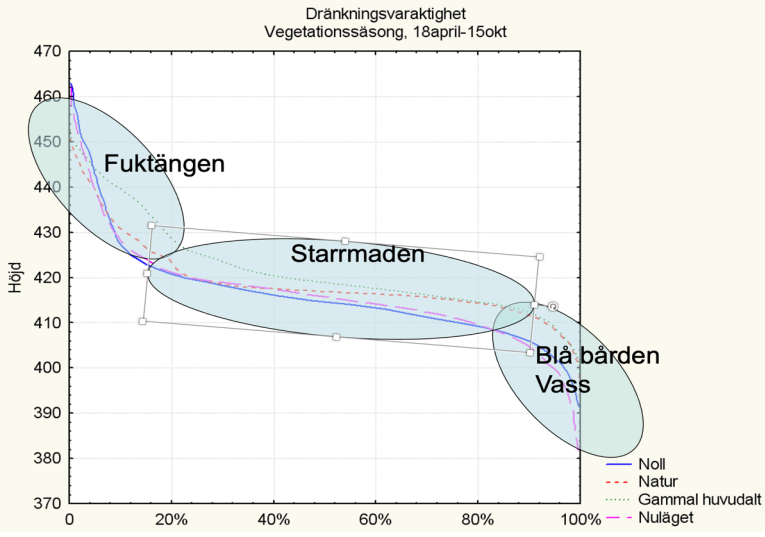
Den ovan beskrivna zoneringen är typisk för lågpunkter i landskapet. I lågpunkter är grundvattennivån under väsentliga delar av vegetationsperioden nära eller strax under markytan och där har grundvattnets vattenstånd under året stor betydelse. Denna typ av våtmarker benämns topogena då de i grunden är topografiskt betingade. Bredden på de olika vegetationszonerna avgörs därför mycket av topografin. Gotland utmärker sig genom att vara topografiskt flackt och därför kan bredden på zonerna vara stor trots att det är mycket små skillnader i vattenstånd som avgör vilken typ av vegetation som bildas.

En annan faktor som är mycket viktig när det gäller vattenregim är tillrinning genom ytvatten eller grundvattenutträngning. Grundvattenutträngning kan vara uppenbar genom förekomsten av källor och tillrinning genom vattentillförsel från vattendrag. För huvuddelen av de aktuella Natura 2000-områdena är dock tillrinningen av mer diffus karaktär och sker ofta brett över landskapet, inte sällan genom de strandvallar som bildades i tidigare stadier av Östersjön efter istiden (se vidare i kapitel 7). Tillrinningen gör att flera vegetationstyper kan ”klättra” högre upp rent topografiskt än vad en rent grundvattenbaserad vattenregim skulle medge. Tillrinningen kan också ge upphov till helt egna vegetationstyper vilket vi återkommer till senare i kapitlet. Det gemensamma namnet för denna typ av våtmarker är soligena kärr, det vill säga kärr i sluttningar.

Ekologiskt finns det en viktig skillnad mellan soligena och topogena kärr och det är syrehalten. I topogena kärr med stillastående vatten uppstår lätt syrebrist vilket gör att organiskt material kan samlas och lagras på botten. Syrebristen i sig gynnar också växter med utvecklat aerenkym såsom ag. Vidare kan de vattenkemiska förhållandena förändras vartefter det organiska materialet växer till (se vidare under avsnittet om torvbildning nedan). Soligena kärr har däremot en kontinuerlig tillförsel av syre vilket gör att organiskt material ständigt bryts ner och de mineralrika förhållandena består. En annan skillnad mellan soligena och topogena kärr är att de förstnämnda sällan översvämmas genom sitt läge i landskapet medan topogena kärr kan översvämmas rejält. Dessa skillnaderna mellan topogena och soligena kärr återspeglas i att de får olika vegetationstyper.

Varaktighet av svämning

Som redan antytts är varaktigheten av svämning mycket viktig. I grunden är svämning av vatten en återkommande störning som gör att torr- och friskmarksarter dör ut och kvar blir växtarter som klarar kortare eller längre perioder av svämning. Svämningsvaraktighet behöver inte innebära att ett område översvämmas utan det räcker med att grundvattnet befinner sig så marknära under delar av vegetationsperioden att syrebrist lätt uppstår för växtrötterna. I en studie som genomfördes på strandängar kring Mälaren kunde olika vegetationstypers utbredning kopplas till svämnings-varaktigheten (Askling m.fl. 2011). Exempelvis befann sig



Figur 14. Exempel på svämningsvaraktighetsdiagram som visar uppehållstiden för svämning vid olika vattenstånd och dess koppling till vegetationstyp (Askling m.fl 2011).

den blå bården inom en svämningsvaraktighet på 84 – 98% av vegetationsperioden medan starrmaden hade ett bredare spektrum från 16 – 90%, det vill säga ett visst överlapp mot blå bården. Längst upp på strandängarna finns tuvtåtelfuktängen och den klarade inte mer än ca 15% svämningsvaraktighet under vegetationsperioden.

För Gotlands våtmarker saknas motsvarande kunskap om svämningsvaraktigheters koppling till vegetationstyper, men det är rimligt att tänka sig att det är en avgörande faktor även här. Det skulle i så fall förklara varför rikkärr finns på stora arealer trots att det under sommaren kan bli mycket torrt med grundvattennivåer långt under markytan. I dessa fall kan det räcka med den svämning som naturligt sker under våren och hösten för att rikkärrsvegetation ska kunna utbildas.

Betydelsen av sällsynt återkommande händelser

Återkomsttider för exempelvis svår torka eller kraftig nederbörd kan på lång sikt vara viktiga strukturerande faktorer. Exempelvis gav torråret 2018, där det kom extremt lite nederbörd från maj till början av augusti, flera synliga effekter i våtmarkerna. En sådan var att ängsvädd, som är värdväxten för väddnätfjäril, decimerades med kanske 80– 90% på kalkfukthedar och i blekevätar medan effekten i blötare våtmarkstyper inte var lika tydlig (Askling m.fl. opubl data). Å andra sidan gav de nya markblottorna mycket goda förutsättningar för nyrekrytering av t.ex. ängsvädd, vilket också skedde. Idag märks inte längre 2018 års torrår på de flesta av de drabbade platserna. En annan och förmodligen viktigare effekt av torråret 2018 var att många träd drabbades. Deras mycket större bladmassa och därmed behov av större mängd vatten gör dem känsliga för negativ vattenbalans, det vill säga då det tillgängliga vattnet understiger avdunstningen i bladmassan. Då dör träd och buskar efter en tid. Fenomenet är vanligt förekommande på alvarmarker och i andra torra miljöer men har sannolikt en viktig funktion i att de öppna rikkärren på lång sikt inte växer igen. Efter torråret var döda tallar, enar och brakved i många fall en vanligare syn i rikkärrsmiljöerna nere i Hejnum Kallgate än uppe på File hajdar. I nuläget är det inte känt om det krävs en viss återkomsttid för torrår eller blöta år för att det inte ska ske någon naturlig igenväxning av våtmarkerna..

Betydelsen av kalkhaltigt vatten och pH

Samtliga upptagna vegetationstyper är beroende av kalkhaltigt vatten och högt pH. Som nämnts tidigare så komplexbinds det viktiga näringsämnet fosfor (fosfat) vid pH >6,5 vilket ger näringsfattiga förhållanden i kalkrika våtmarker. Det är dock inte det enda som har betydelse när det kommer till vattenkemin. Över hela Europa beskrivs kärrtyperna utifrån gradienten rikkärr till fattigkärr vilken bygger på den indelning av myrtyper som den svenska botanisten Du Rietz gjorde redan i mitten av 1900-talet (Du Rietz 1949). I senare studier har den kemiska grunden för indelningen förtydligats och idag anses parametrarna kalciumhalt, konduktivitet, magnesiumhalt och pH ha betydelse för gradienten och därmed indelningen i olika kärrtyper (Hájek et al. 2004). I den redan nämnda estniska studien förklarade enbart vattenamplitud, konduktivitet och pH för 52% av variationen i förekomsten av kärlväxter (Ilomets et al. 2009).

I detta sammanhang är konduktiviteten ett gott mått på den totala halten av kalcium och magnesium och är särskilt relevant tillsammans med pH för både kärlväxter och mossor (Hájek & Hekera 2004, Sjörs & Gunnarsson 2002). Konduktiviteten behöver dock inte korrelera med pH, vilket förklaras av att pH också påverkas av halten av organiskt lösta ämnen och andra jonhalter (Hájek et al. 2004). Mossor är jämfört med kärlväxter extra känsliga för vattenkemin och svarar därför snabbare på förändringar. Förklaringen är att de saknar rotsystem och därmed är beroende av näringsupptag direkt från omgivande vatten. Det gör att förekomsten av vissa mossor bättre beskriver olika vegetationstyper än vad kärlväxter gör. Det hela kompliceras dock av att mossor också i högre grad är beroende av mikrohabitat som kan uppträda vid exempelvis tuvbildning (ökar antalet nischer) och hur stor täckningsgraden av kärlväxter är

(Ilomets et al. 2009). Större täckningsgrad av kärlväxter reducerar mossfloran. Utöver mikrohabitat har avsaknaden av låga vattennivåer sommartid stor betydelse på grund av torkan och i allmänhet gynnas rikkärrsmossorna av stabil tillförsel av kalkhaltigt vatten året runt.

Extremrikkärr har oftast pH på mellan 7– 8 (Wheeler et al. 2004, Curtis et al. 2009, Buczek 2005), kalciumhalter på >30– 90 mg/l (Sundberg 2006, Wheeler et al. 2004, Curtis et al. 2009) och konduktivitet på >300– 600 µS/cm (Curtis et al. 2009, Wheeler et al. 2004, Ilomets et al. 2009).

Från skandinaviskt håll har det anförts att pH och kalciumhalter varierar stort mellan olika platser i ett kärr, under året och under dygnet (Sundberg 2006), vilket är sant för de inte fullt så kalkrika kärren samt kärr med stora vattenståndsamplituder. Senare studier har dock visat att detta inte gäller för extremrikkärren, utan i det fallet varierar konduktiviteten och pH lite över året och mellan dygn (Hájek et al. 2004). Det beror i sin tur på att extremrikkärr har en stor buffrande förmåga så att även vid kraftig nederbörd sker en buffring relativt snabbt av regnvattnet. För kärr med större amplituder kan redoxförhållandena förändras och därmed även pH, men det gäller då främst blåtåtelkärren eller redan dikade rikkärr.

Primärproduktion i vatten kan påverka pH väldigt mycket. Finns det växtplankton i vattnet på vissa ställen i kärret kan pH gå upp till 9– 10 på dagen och sjunka till 7– 8 på natten (Sandsten muntl). pH påverkar även tillgängligheten av kol i vatten. Vid högt pH finns knappt CO_2 löst i vattnet utan kol är tillgängligt som HCO_3. Det är inte alla växter som kan ta upp HCO_3 eller lagra det CO_2 som bildas vid rötterna på natten (cellandningen).

Sammanfattningsvis påverkar vattenkemin rikkärrsmossfloran mer än kärlväxtfloran, men det kan överskuggas av att mossfloran också är beroende av mikrohabitat och jämna vattennivåer (flöden). Hög konduktivitet, höga halter av kalcium och högt pH är utmärkande drag för vattenkemin.

Blekebildning

En jordprofil i ett rikkärr har ofta en karaktäristisk vitaktig horisont en bit ner i profilen. Denna utgörs av blekeutfällningar som kommer från ett övermättat vatten vad gäller karbonat- och bikarbonatjoner som fälls ut till kalciumkarbonat i fast form, det vill säga. bleke. I rikkärr pågår blekebildningen från år till år,pålagras successivt och kan nå ansenliga dimensioner. I rikkärren i exempelvis Hejnum Kallgate kan de ha en mäktighet på upp till ett par decimeter vilket är den sammanlagda bildning som skett sedan istidens slut då våtmarkerna först började formeras.

Förekomst av bleke tas ibland för ett kvitto på att grundvattenutströmning äger rum med övermättat berggrundvatten och där mättnaden beror av att grundvatten färdas utan atmosfäriskt tryck genom kalkstensberget som därmed ger en övermättnad av löst kalciumkarbonat. När grundvattnet sedan strömmar ut i en kärrmiljö gör det atmosfäriska trycket att bleke eller tuff fälls ut. Detta är sant, men är inte den enda drivande faktorn till att bleke fälls ut. För att förstå hela vidden av processerna behöver man först förstå vad det är för kemiska processer som egentligen ligger bakom blekebildning. Ytterst handlar det om ett jämviktsförhållande där jämvikten har följande kemiska formel (i förenklad form):

$$Ca^{2+} + 2\ HCO^{3-} \leftrightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

I kemiska jämvikter sker förskjutningar åt något håll om koncentrationen av ämnena förändras på någon av sidorna eftersom en ny jämvikt då inträder. Om exempelvis koldioxid upptas av växter eller blågröna bakterier i samband med fotosyntesen minskar halten av koldioxid i vattnet, vilket får till följd att bikarbonat och kalciumjoner minskar till vänster i jämviktsformeln samtidigt som kalciumkarbonat fälls ut till höger till dess att ett nytt jämviktsförhållande inträtt. Samma process äger rum om vatten avdunstar. Det senare kan ofta ses i uttorkande vattensamlingar och vattenpölar på Gotland där en hinna av bleke då bildas på botten av vattensamlingen. Den omvända processen sker förstås vid nederbörd.

Jämvikten påverkas också av temperatur eftersom koldioxid lättare tas upp i vatten vid låga temperaturer. Stiger temperaturen i ett vatten kommer koldioxid att avgå och bleke fällas ut. Likaså påverkas, som inledningsvis nämndes, både karbonathalter och koldioxidhalter i vatten av det atmosfäriska trycket. I berg frikopplas trycket från det atmosfäriska och blir större. Dessutom kommer en stor mängd regnvatten som är på väg att infiltreras som grundvatten i kalkberget att passera genom jord som ofta har ett visst organiskt innehåll. I den biologiskt aktiva delen av jorden finns de nedbrytande svamparna, bakterierna och växternas rötter som alla avger koldioxid. Denna förs ner av regnvattnet och bidrar till mättnaden. Koldioxid löst i vatten bildar kolsyra och när vattnet når berget löser det kalciumkarbonaten från kalkberget.

Ovanstående kunskap om vad som påverkar jämviktsförhållandet för kalciumkarbonat leder fram till vilka processerna är som ger blekebildning i rikkärr. De har tidigare listats av Boyer & Wheeler (1989) och kan bestå av:

1) Att vattentemperaturen ökar när kallt källvatten strömmar ut i ett rikkärr vilket leder till en avgång av koldioxid och därmed blekebildning
2) Att trycket minskar och erhåller atmosfäriskt tryck när källvatten strömmar ut i rikkärret vilket också leder till koldioxidavgång och blekebildning
3) Att koldioxid tas upp av växtlighet och blågröna bakterier i samband med fotosyntesen vilket ger en förskjutning av jämvikten åt höger som i sin tur leder bildandet av bleke.

I bland annat norra Polen har ekohydrologin studerats noga i samband med restaureringar av kalktuffkällor och rikkärr (Wołejko m.fl. 2019). Slutsatsen är att i boreala förhållanden är temperaturgradienten och i normala fall det atmosfäriska trycket inte av någon stor betydelse utan särskilt temperaturen är viktigare i varmare klimat. Det är istället växtlighet och blågröna bakterier som står för merparten av bleke- och tuffutfällningar i kärr- och källmiljöerna. Det är mycket sannolikt att dessa förhållanden också gäller Gotland. Tryckskillnaden mellan det atmosfäriska trycket och det som råder i berggrundvatten förändras avsevärt med årstiden på Gotland. Det hänger samman med de stora variationerna i grundvattennivåer. Under vintern ligger grundvattnet högt i den sedimentära berggrunden vilket ger en större tryckskillnad gentemot atmosfären. Artesiskt vatten kan då tränga ut i källmiljöer och ge upphov till tuff- och blekebildning. Denna process avstannar i stort under sommarhalvåret då grundvattennivåerna i berg sjunker och många källmiljöer istället försörjs av jordbundet grundvatten med liten tryckskillnad, exempelvis från strandvallar och grusåsar. Tuff- och blekebildning är alltså inte ett tecken på att uppströmmande berggrundvatten förekommer under den biologiskt aktiva sommarperioden.

Betydelsen av temperatur

I soligena våtmarker och då särskilt i källmiljöer kan vattentemperaturen kraftigt avvika från ytvattnets temperatur i omgivningen. Förklaringen är att källmiljöerna förses med en stor andel grundvatten som i sig har en annan temperatur än ytvatten. På sommaren ger detta en kylande effekt och på vintern det motsatta. På så vis får källmiljöerna en jämnare temperatur sett över året än vad som är fallet i våtmarker utan tydlig källpåverkan. Som framgick av föregående avsnitt kan denna skillnad i temperatur ge upphov till blekebildning men det är inte den enda effekten. Sommartid kommer den lägre temperaturen att hämma tillväxt, vilket särskilt påverkar kärlväxter. Under vinterhalvåret, då temperaturen är högre i källmiljöer, kommer den biologiska aktiviteten att vara högre. Det gynnar särskilt mossor i förhållande till kärlväxter.

Betydelsen av torvbildning

Torvbildningen är generellt liten i gotländska rikkärr (Martinsson 1997) men kan ändå utbildas med några decimeters mäktighet. Det har dels med klimatet att göra, då de torra och regnfattiga

somrarna gör att många kärr delvis torkar upp. Det i sin tur gör att luftens syre blir tillgängligt för organismer som bryter ner det organiska materialet i torv.

Rikkärrstorv har helt andra egenskaper än vitmossetorv. Då vitmossan påverkar sin miljö genom att sänka pH så äger inte samma processer rum i rikkärr. Istället lagras ofta kalcium in i torven vilket ger en buffrande kapacitet mot lägre pH. Trots det kan torvlagret ge vissa effekter genom att minska grundvattenpåverkan. Torvlagret kan helt enkelt fungera som en barriär eller ett lock mot framträngande kalkrikt grundvatten under torven. Kärret blir då mer utsatt för regnvatten och snabbt tillrinnande ytvatten vilket åtminstone tillfälligt kan sänka både pH och konduktivitet. Vid tuvbildning byggs också ett organiskt lager upp som kan isolera toppen av tuvorna från det kalkrika vattnet och till och med tillåta etablering av vitmossor. På så vis kan en vertikal gradient uppstå där extremrikkärr kan utbildas tillsammans med fattigare myrtyper (Sundberg 2006).

Det faktum att torv innehåller en mycket hög andel organiskt material påverkar också vattenkemin. Vid nedbrytning bildas humusämnen och många näringsämnen – , exempelvis kväve, fosfor och kalium – blir tillgängliga. Torvkemi och torvnedbrytning är komplicerade processer och involverar såväl biologiska komponenter (som mykorrhizasvampar och bakterier) som kemiska och fysikaliska komponenter. Det som ändå är relevant utifrån vattenståndsvariationer är att nedbrytningen ökar kraftigt om luftens syre är tillgängligt. Bara förekomsten av organiskt material utgör alltså en näringspotential jämfört med rena mineraljordar. Blåtåtel är tydligt gynnad av högre näringshalter, särskilt kväve (Wheeler et al. 2004). Rent generellt ökar växttillgängligt kväve (nitrat) vid ökad syretillgång. En dikning eller lägre tillflöden av yt- och grundvatten kan alltså ge gödslingseffekter utan att någon gödning har tillförts. Rikkärr i allmänhet och extremrikkärr i synnerhet är naturligt näringsfattiga. De arter som förekommer i rikkärrsmiljöer är därför snarare stresstoleranta mot dränkning och höga kalcium- och pH-halter än konkurrensstarka. Ökar näringsnivåerna kommer mer konkurrensstarka arter att gynnas och på sikt ta över.

Betydelsen av frost och is

En annan återkommande störning i våtmarker är olika frysfenomen. Isprocesser som islyftning och isskjutning är kända för att exempelvis skapa variation i vassbestånd (SOU 2006). Även i de gotländska våtmarkerna har frost sannolikt stor betydelse. Den är uppenbar för rena uppfrysningsmarker såsom blekevätar och kalkfukthedar, men har troligen även stor betydelse för utbredningen av ag. Agrötterna är känsliga för frost och om vattenståndet är lågt under vintern är risken stor att rötterna frostskadas och plantorna dör.

Vegetationstypernas koppling till vattenstånd och andra ekohydrologiska faktorer

Oavsett om det är topogena eller soligena kärr är varaktigheten av dränkning samt upptorkning mycket avgörande för vilka vegetationstyper som utbildas. Nedan följer därför en genomgång av kritiska nivåer och ekohydrologiska krav för varje vegetationstyp. Viktiga faktorer i vattenregimen har visat sig vara dränkningsvaraktighet, årsamplitud och lägsta vattenstånd under sommaren och vintern.

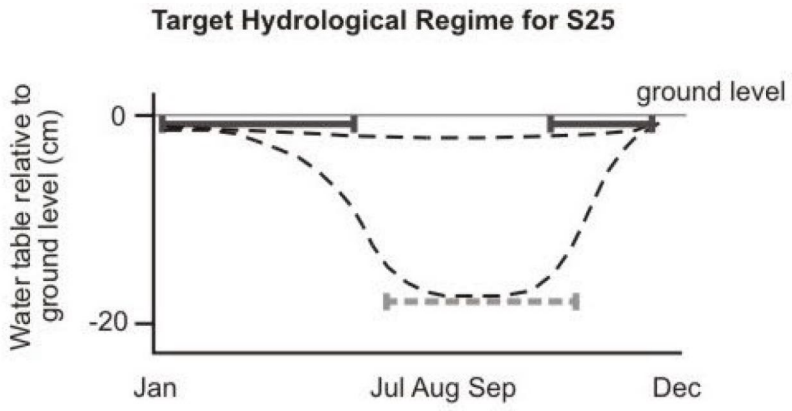
Agmyr

Agmyren är starkt kopplad till den dominerande arten ag och dess ekologi är därför avgörande för hela vegetationstypen. Eftersom agmyren är en prioriterad och sällsynt naturtyp inom EU har en hel del forskning gjorts vad gäller vattenstånd och varaktighet av dränkning även om det ännu inte är möjligt att i detalj ange vilken vattenregim som är den bästa för vegetationstypen (Curtis et al. 2009). Agen är som tidigare nämnts tålig mot dränkning och är en av få arter som förekommer i permanent dränkta miljöer. Detta tack vare välutvecklade aerenkym. Den begränsas i djupgående till ca 50 cm under medelvattenlinjen. Som jämförelse kan bladvass gå

djupare och når ända ut till ca 150 cm under medelvattenståndet Vid dessa djupförhållanden har agen svårt att skjuta nya skott och vid ökat djup tar istället undervattens- och flytbladsvegetation över (Curtis et al. 2009). Bäst överlevnad tycks arten ha vid vattennivåer från -40 cm till +15 cm i relation till medelvattenståndet (Wheeler et al. 2004). En polsk studie visade att högst biomassa hade ag från -15 till 0 cm med allra högst biomassa kring -10 cm (Buczek 2005). Flera studier visar också att vattenståndet inte ska fluktuera för mycket och att detta sannolikt hänger samman med förändrade konkurrensförhållanden vid för lågt sommarvatten respektive frostrisk vid låga vintervattenstånd (Curtis et al. 2009). Enstaka torrår med låga vattennivåer under sommaren utgör dock inte något hot, men däremot kan låga vintervattenstånd utsätta rötterna för frost som kan döda agen (Buczek 2005, Wheeler et al. 2004). I en engelsk artikel går man så långt som till att föreslå en vattenregim för agmyrar (figur 15) där sommarlågvattnet inte ska tillåtas understiga -18 cm i medelvattenstånd (Whiteman et al. 2004). Samtidigt konstaterar man att skillnader på +/- 10 cm i medelvattenstånd knappast påverkar vegetationstypen förutsatt att vinternivåerna inte tillåter frost och att sommarvattennivåerna inte ligger lägre än 18 cm under markytan.

Agmyr är typisk för lågvattenpunkter (i myrar och längs stränder) och anses vara en helt grundvattenberoende naturtyp. Ingenting tyder på att den är beroende av källflöden eller rörligt markvatten (Wheeler et al. 2004).

För Gotland saknas ingående studier av vattenregimen, men mycket tyder på att det finns vissa skillnader som beror av de särskilda förhållanden som råder här. Kring stränder och större lågpunkter där agmyrar dominerar stämmer säkert de ovan nämnda förutsättningarna och här spelar grundvattennivån och utströmmande grundvatten en stor roll för upprätthållandet av naturtypen, men för de mindre agmyrarna som förekommer i sluttningar skiljer sig förutsättningarna en hel del. Här kan agmyrar utbildas i samband med mindre svackor eller dämmande formationer såsom strandvallar. Dessa har dock större benägenhet att torka ut under sommaren och saknar också kontakt med grundvatten under sommarhalvåret. De är istället beroende av grundvattenutströmning i kombination med ytvattentillförsel under vinterhalvåret som gör dem vattenfyllda varigenom de undkommer frost. Under sommaren är de helt beroende av ytvattentillförsel i samband med större nederbördsmängder som gör att vatten blir stående tillräckligt länge för att hålla rotzonen dränkt så att inte annan vegetation kan ta över. En viktig förutsättning är då att jordmånen och berggrunden inte är genomsläpplig för vatten utan att det främst är genom avdunstning som vattenståndet avtar. Sådana situationer uppkommer där det saknas karstsprickor och blekejord, kalklera eller kalkgyttja finns som ett tätskikt. Under sommarens regn transporteras vattnet på Gotland sällan längre sträckor, vilket gör att det är närområdet som utgör det huvudsakliga tillrinningsområdet för agmyren.



Figur 15. Förslag till vattenregim för engelska agmyrar enligt Whiteman et al. (2004).

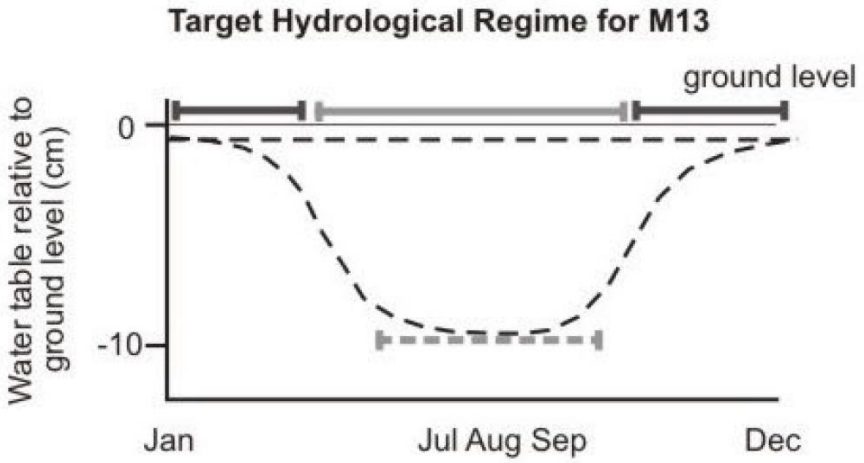
Knappagkärr

Knappagkärren domineras av en art, knappag, även om vegetationstypen som helhet är rikare på både rikkärrsmossor och andra rikkärrskärlväxter jämfört med agmyren. Vegetationstypen har som tidigare nämnts en mer västlig utbredning och betecknas som mer atlantisk och därför finns en hel del forskning gjord på de brittiska öarna (se framför allt Wheeler et al. 2004). Vintervattenståndet ligger normalt nära markytan och anges till nivåer på -1 till +5 cm i förhållande till markytan. Sommarvattenståndet är normalt lägre och i medeltal ca -10 cm i förhållande till markytan men där vegetationstypen är som bäst utbildad ligger vattenståndet kring markytan både sommar- och vintertid under normalår (ej torrår). Knappagkärr tål dock flera torrår i rad (åtminstone tre år) med torka ned till 30 cm under marknivån, men sjunker vattenståndet ytterligare är risken stor för att vegetationen ska degenerera på sikt. Vegetationstypen är känslig för längre översvämningar under sommaren, men klarar det bra vintertid förutsatt att vattnet sjunker undan till vegetationsperioden.

Jämfört med agmyren har knappagkärr en snävare amplitud för vattennivåer och begränsas nedåt i topografin av översvämningsrisker och uppåt av uttorkning. Dessa tämligen stabila vattenståndsnivåer kan uppträda kring stränder och myrkanter, men framför allt där det förekommer rörligt markvatten. Om rörligt markvatten helt saknas kring stränder och myrkanter så uteblir ofta knappag i strandzoneringen eftersom årsamplituden blir för stor. På så vis kan vegetationstypen sägas vara beroende av rörligt markvatten i kombination med närhet till grundvattennivån för att så stabila förhållanden ska kunna uppträda. Whiteman et al. (2004) föreslår en vattenregim med vattennivåer som varierar mellan 0 till -10 cm under markytan under normalår (figur 16).

Översätts ovanstående ekologiska data till gotländska förhållanden så finner man knappagkärr i samband med topografiska lågpunkter kring myrar och sjöar och då i kombination med tillförsel av rörligt markvatten från omgivningen. Det är också sannolikt att vegetationstypen tål större uttorkning och lägre vattenstånd under sommaren än vad de engelska förhållandena anger då det inte är ovanligt att gotländska kärr torkar upp rejält under sommaren. En viktig faktor kan istället vara att knappag är beroende av att vattenståndet befinner sig nära markytan under en tillräckligt stor andel av vegetationssäsongen för att inte konkurreras ut av mindre fuktighetskrävande vegetation. Frostrisken vintertid för det marknära eller grunda vattnet håller förmodligen också tillbaka en expansion av ag in i knappagsvegetationen.

Kärrtypen förekommer också i sluttningar och då gärna i mycket svagt sluttande områden som gör att uppehållstiden för vatten blir stor efter nederbörd. Det är en fördel om grundvattenutträngning kan förekomma under sommarhalvåret, men det är inte helt avgörande utan det kan räcka med ytvattentillförsel om infiltrationen av vatten till berggrunden är begränsad och sluttningen inte är för stark. Återigen spelar berggrunden och förekomsten av lerhaltig blekejord eller andra tätande jordarter stor roll för att dräneringen inte ska bli för kraftig.



Figur 16. Förslag till vattenregim för engelska knappagkärr enligt Whiteman et al. (2004)

Axagkärr

Axagkärren påminner ekologiskt mycket om knappagkärren även om det finns vissa skillnader. Den viktigaste skillnaden tycks vara att axagkärr är än mer kopplade till utströmmande grundvatten och ytvatten än vad knappagkärr är. Jämfört med agmyren – som nästan helt är kopplad till topografiskt betingade grundvattennivåer – befinner sig axagkärren i andra änden och kan kopplas helt och hållet till utströmmande grund- och ytvatten. Knappagkärren utgör en intermediär mellan dessa två. En tysk studie från tyska Alperna visade på mycket liten variation i vattenstånd: typiskt från -4,5 till -10,5 cm under markytan under sommaren (Conradi & Friedmann 2013). En liknande estnisk studie visade att vattenstånden inte fluktuerade mer än 20– 25 cm under året och att sommarlågvattnet inte var lägre än 15 cm unde marknivån (Ilomets et al. 2009). Än mindre var skillnaderna när det kom till mossfloran, som ofta är unik för axagkärr, som visade på fluktuationer på 10 cm under året och med ett sommarlågvatten på ca -5 cm jämfört med marknivån. Mossornas större känslighet kan visserligen förklaras mer av vattenkemins sammansättning kontra kärlväxternas beroende av jordmånens sammansättning men tillsammans pekar det mot att axagkärren i högre grad kräver stabilare vattennivåer och därmed en mer kontinuerlig tillförsel från upprinnor och diffust utträngande grundvatten under en längre tid av vegetationsperioden än knappagkärren.

Vegetationstypen är också känslig för översvämning och då förmodligen i högre utsträckning än knappagkärren, särskilt om detta inträffar under vegetationssäsongen. Vegetationstypen saknas på de brittiska öarna och följaktligen finns inte heller något förslag till vattenregim framtaget, men utifrån de vetenskapliga data som finns borde vattennivåer på 15 cm till +5 cm (i förhållande till markytan), under en väsentlig del av vegetationssäsongen (och under året), vara optimala för axagkärr. Enstaka torrår borde inte vara hotande medan permanent minskade flöden till kärr torde medföra stora risker för degenerering.

Återigen skiljer sig de gotländska förhållandena något från det som finns vetenskapligt publicerat och skillnaden består likt de tidigare vegetationstyperna i att kärren torkar upp sommartid. För de kärr som förekommer där grundvattenutträngning ofta sker även på sommaren kan man tänka sig att de generella förutsättningarna kan gälla, men axagkärr på Gotland förekommer också i sluttningar med endast periodvis utströmmande grundvatten. Här är det förmodligen den genomsnittliga varaktigheten av grundvattenutströmning under vegetationsperioden som är avgörande – det gäller att en tillräckligt stor andel av växtsäsongen erbjuder utströmmande vatten för att axagkärr ska kunna utbildas. I annat fall bildas istället

kalkfuktängar eller annan mindre vattenkrävande vegetation. På Gotland är variationen i grundvattenutströmning stor eftersom kalkberggrunden har stora variationer i grundvattennivåer mellan sommar och vinter.

Under sommaren ligger grundvattennivåerna ofta så lågt att grundvattenutträngning till många kärr inte är möjlig utan dessa är då helt beroende av ytvattentillförsel från ett relativt begränsat avrinningsområde som innefattar själva våtmarken och dess närmaste omgivningar. Förutsättningarna liknar då de för knappagkärren, i det att dräneringen till berggrunden måste vara begränsad samtidigt som höga vattenstånd i samband med nederbörd inte får ha för lång varaktighet under vegetationsperioden. Därför finns ofta axagkärren i svagt sluttande områden med tillrinning från den närmaste omgivningen och förekomst av lerhaltig blekejord, kalklera eller kalkgyttja. Denna jordmån är också viktig ur ett vattenhållande perspektiv då den håller fuktighet väl även under torrperioder.

Kalktuffkällor

Själva källmiljön eller upprinnan i extremrikkärr är en mycket speciell miljö, som därför också tas upp som en egen naturtyp inom Natura 2000 (kalktuffkällor). Utpräglade drag för källmiljöerna är mycket höga kalciumhalter och pH, låg vattentemperatur, specialiserade mossor och liten förekomst av organiskt material (<5%), men det som verkligen präglar kalktuffkällor är att kalciumkarbonat fälls ut och kan bilda klumpar eller slam (bleke) i källmiljön. Själva utfällningen beror på en förskjutning av jämviktsförhållandet mellan å ena sidan kalciumjoner och bikarbonat och å andra sidan kalciumkarbonat, med följden att mängden kalciumkarbonat ökar. Jämviktsförskjutningen uppstår under vegetationsperioden, främst i samband med den fotosyntes som sker hos växtlighet och blågröna bakterier. Även temperaturhöjning och tryckminskning som sker i vattnet när det når jordytan kan bidra, fastän det normalt är av mindre betydelse i boreala regioner. Under vintertid och utanför vegetationsperioden ökar betydelsen av tryckminskning i det utströmmande grundvattnet eftersom det då råder höga grundvattenstånd i berg. Under denna period kan tuffbildning och blekebildning äga rum. För att kalktuffbildning ska ske behöver grundvattnet vara mättat med kalciumjoner. Det finns inte någon given halt där mättnaden sker utan den beror av exempelvis vattentemperatur och förekomst av andra baskatjoner. I litteraturen varierar kalciumhalterna då tuffbildning äger rum från 100– 250 mg/l (exempelvis Curtis et al. 2009, Hájek et al. 2004). Normalt är att tuffbildning till följd av temperatur- eller tryckförändring äger rum vid kalciumhalter på 150 mg/l vilket är mycket höga nivåer när det kommer till gotländska förhållanden.

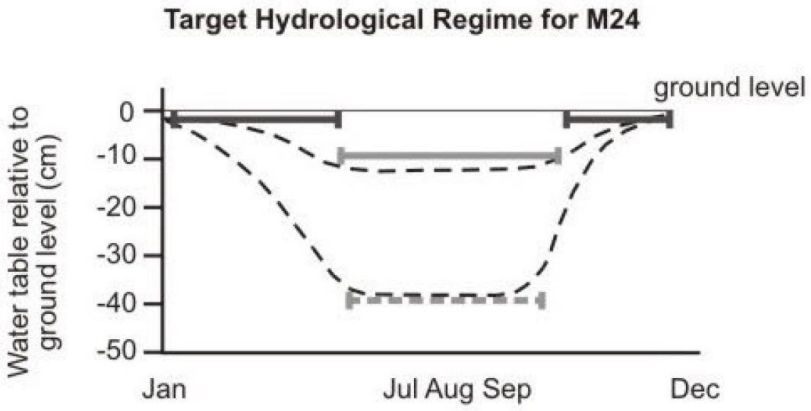
Källmiljöerna har för sin vattenförsörjning självklart en mycket högre andel grundvatten jämfört med ytvatten. Denna starkt förskjutna kvot är känslig för förändringar om grundvattentillgången skulle minska eller ytvattentillflödet öka. En förändring av kvoten kan, utöver att kalktuffbildningen riskerar att upphöra, även innebära att vattentemperaturen höjs vilket i sin tur leder till högre nedbrytningshastigheter och därmed högre näringsnivåer. Som tidigare konstaterats gynnas då konkurrensstarka arter istället för de extremt konkurrenssvaga arterna som förekommer i kalktuffkällor.

Blåtåtelkärr och blåtåtelfuktäng

Blåtåtelkärr och dess torrare variant blåtåtelfuktäng utmärker sig genom att klara större amplituder i vattenstånd. Typiskt är att lågvattenstånden under sommaren är betydligt lägre än för alla agkärrstyper (Wheeler et al. 2004, Ilomets et al. 2009) men å andra sidan missgynnas den mer av översvämning. Normalt klarar den bara av kortare översvämningar under vegetationsperioden. Tåligheten mot uttorkning betyder att vegetationstypen kan gynnas kraftigt om rikkärr dikas till en nivå där marken inte helt torrläggs. Som exempel kan nämnasen svensk 20-årig långtidsstudie av vegetationsförändringar efter utdikning av ett rikkärr i Mellansverige. Blåtåtel hade en vegetationstäckning på bara några få procent vid utdikningen

1979. Efter 10-30 år så täckte arten mer än 50% och var då dominerande art (Mälson et al. 2008). Blåtåtelkärr- och fuktängar ingår därför typiskt i successionsstadier när rikkärr degenereras genom dikning och liknande och är den vegetationstyp som ersätter exempelvis axagkärr.

Normalt ligger grundvattennivån under markytan även om det vintertid kan förekomma periodvisa översvämningar. I Estland har man i en studie mätt vattenstånd för blåtåtelvegetation. I samband med högvatten under oktober var grundvattenytan några centimeter under markytan och under sommarlågvatten var grundvattenytan nästan 40 cm under markytan (Ilomets et al. 2009). Det fanns också en positiv korrelation mellan tuvighet och vattenståndsfluktuationer. I England ligger normala sommarnivåer på 10 till 40 cm i förhållande till markytan, med ett snitt på 25 cm (Wheeler et al. 2004). Blåtåteltypen har ingen särskild preferens vad gäller topografiskt betingade grundvattennivåer eller grundvatten från källflöden utan förekommer i båda fallen. För vegetationstypen finns ett förslag till vattenregim framtagen i England och framgår av figur 17 (Whiteman et al. 2004). Om blåtåtelfuktängen torkar ut för mycket ersätts den av torrare vegetationstyper med exempelvis älväxing.



Figur 17. Förslag till vattenregim för engelska blåtåtelkärr enligt Whiteman et al. (2004)

Lågstarrkärr, kalkfuktäng och västlig taiga

Lågstarrkärr och kalkfuktängar är mindre känsliga för förändrad hydrologi. Därför ges här ingen djupare bakgrund, utan de resonemang som gäller för rikkärrsvegetationstyperna gäller också för de nu aktuella vegetationstyperna – fast i betydligt lägre grad. Som följd av att de inte är lika känsliga för förändrad hydrologi saknas det litteraturuppgifter om vattenregim för kalkfuktängar och kalkrika lågstarrkärr. Generellt sett tål de större amplituder, samtidigt som de är mer känsliga för översvämning under vegetationsperioden. Ett ofta allmänt använt mått för när våtmarksvegetation uppträder är då markvatten förekommer på minst en halv meters djup i jordlager. Då Gotland skiljer sig åt betydligt vad gäller jordlagrens mäktighet är detta inte ett bra mått. Däremot finns generella uppgifter om liknande hydrologiska krav för liknande vegetationstyper. Exempelvis uppträder ofta fuktängsvegetation på strandängar när de är svämmade mellan 0 – 40% av tiden under vegetationssäsong (Karlsson 2009, Askling et al. 2011). Det är alltså tillfälligt svämmade eller hydrologiskt påverkade marker som vid en förändrad vattenregim skulle förflytta sig till nya nivåer utifrån topografin. En följd av att vattenregimen minskar i betydelse för dessa vegetationstyper är att betydelsen av hävd, näringsförhållanden och jordmån är lika viktiga eller viktigare för upprätthållandet av vegetationstyperna. Exempelvis är kalkfuktängar mycket mer hävdberoende än axag-, knappag- och agkärr och växer ofta igen vid utebliven hävd.

Västlig taiga (sumpskog) skiljer sig från rikkärren och fuktängarna genom att de har ett trädskikt, men hydrologiskt är det samma mekanismer som påverkar dessa vegetationstyper. Årsamplituden är dock normalt större för västlig taiga, eftersom träd generellt har en större dränerande effekt i våtmarker genom större vattenavgång (avdunstning) under sommaren. Därför ska inte likhetstecken sättas mellan exempelvis rikkärr och sumpskogar.

Kopplingen mellan naturtyper och övrig fauna och flora

Hittills har mest naturtyper och dess vegetationsbildande kärlväxter och mossor varit i fokus, men som ändå konstaterats i kapitel 5 har kalkrika våtmarker betydelse för en lång rad andra organismgrupper. En mycket bra populärvetenskaplig genomgång av olika artgrupper finns i den handbok om skötsel av rikkärr som givits ut av skotska naturvårdsverket (McBride et al. 2011).

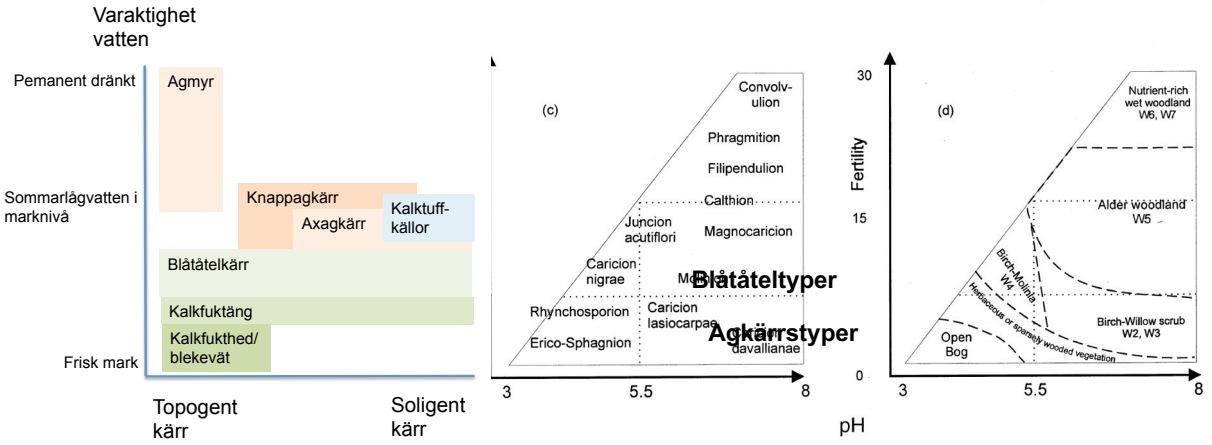
Det har gjorts en hel del studier om hur alger, kransalger, svampar och snäckor förhåller sig till vattenkemiska parametrar i rikkärr (se Hájek et al. 2006). Den bästa förklaringsgraden för förekomsten av arter i alla dessa grupper har dock vegetationssammansättningen i form av olika vegetationstyper. Självklart spelar förekomsten av mikrohabitat och andra faktorer roll för förekomsten av dessa grupper, men det tycks ändå som att en upprätthållen vattenregim och vattenkemi skapar goda förutsättningar för att även andra organismgrupper ska kunna leva kvar. Att detta förhållande råder är egentligen inte så konstigt. Horsák & Hájek (2003) resonerar när det gäller landsnäckor att vegetationen och landsnäckefaunan reagerar likartat utefter gradienten rik-fattigkärr men att vegetationssammansättningen även förklarar andra abiotiska och biotiska faktorer som inte enbart vattenkemin kan förklara. Det finns också en historisk dimension som vegetationen bättre kan förklara då den är mer långlivad och speglar ekologiska faktorer bakåt i tiden.

Två sammanfattande perspektiv på kalkrika våtmarker

Detta kapitel skulle kunna sammanfattas i två ganska enkla figurer som förklarar de ekologiska faktorer som är viktiga för kalkrika våtmarker och som också har bäring på hur förändringar i hydrologin skulle kunna påverka dessa våtmarker.

Det första diagrammet i figur 18 illustrerar de två gradienter som är viktiga när det gäller vattenregimen. På xaxeln visas fuktighetsgradienten som löper från frisk mark till permanent svämmade miljöer. Y-axeln beskriver gradienten från ekosystem som är beroende av utströmmande grundvatten (soligena våtmarker) till topografiskt grundvattenberoende ekosystem (topogena våtmarker). De nu aktuella vegetationstyperna har placerats in i figuren efter hur de förhåller sig till gradienterna.

Den andra figuren i 18 är en engelsk indelningsgrund av myrar och grundar sig på de kemiska gradienterna ifråga om pH och näringsförhållanden (Wheeler & Proctor 2000). Det senare uttryckt som produktionsförmåga. Som synes så finner man de känsligaste vegetationstyperna längst nere till höger. Hur en förändrad vattenregim påverkar längs dessa gradienter är alltså av central betydelse.



Figur 18. Två figurer som sammanfattar de olika vegetationstypernas beroende av parametrar knutna till vattenregim respektive vattenkemi. Den senare är tagen ur Wheeler & Proctor (2000). För ytterligare förklaring, se löptexten.

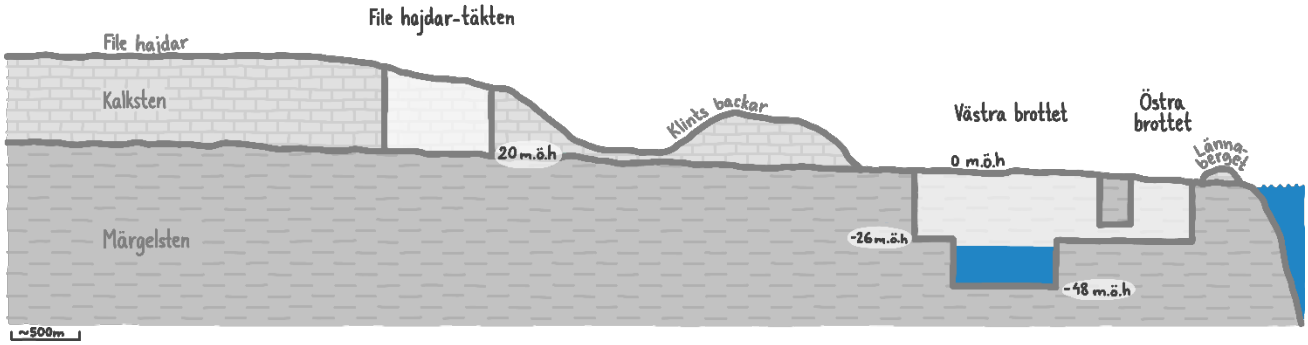
6 Ekohydrologiska förutsättningar specifikt för våtmarker i Natura 2000-områdena

De inledande kapitlen har handlat om de arter och naturtyper som kan beröras av den ansökta verksamheten samt vad som är ekologiskt och ekohydrologiskt viktigt för att förstå hur ekosystemen fungerar rent allmänt och i synnerhet på Gotland. Detta kapitel handlar specifikt om de naturgivna förutsättningar som råder vid Natura 2000-områdena vilket inbegriper både berggrund, jordmån och klimat och nederbörd och hur det ger hydrologiska förutsättningar för flora och fauna. Vissa delar av kapitlet är sammanfattningar från de separata rapporterna om ytvatten och grundvatten och för djupare kunskap hänvisas till dessa (Holmén 2022, Holmén & Eng 2022, Bergab 2022).

6.1 Geologi – förutsättningar berggrund och jordlager

Berggrunden

Berggrunden på Gotland består av sedimentära bergarter. Sedimenten som har omvandlats till bergarter avsattes i ett subtropiskt till tropiskt hav. De ytnära bergarterna är av silurisk ålder (415–440 miljoner år gamla). Av särskilt intresse är Slitelagren som består i huvudsak av kalksten och märgelsten. Kalkstenen är en relativt ren form av kalksten, medan märgelsten har ett större lerinnehåll och består av karbonat- och silikatbergarter. Vid File hajdar-täkten, i de obrutna delarna, överlagras märgelstenen av kalksten med en mäktighet på mer än 20 m. Övergången mellan kalksten och märgelsten är i många delar succesiv med ett gradvis ökande lerinnehåll.



Figur 19. Principskiss geologi File hajdar och Västra brottet (Källa: Holmen 2022).

File hajdar-täktens södra kant utgörs av revkalksten. Revstrukturen är främst belägen i kalkstenen men sträcker sig även ner i märgelstenen. Revkalksten förekommer också i de höglänta områdena på Filehajdar och Hejnum hällar, väster och sydväst om täkten. Grundvattenflödet i berggrunden är till större delen koncentrerat till (nära) horisontella lager, som förekommer både i kalkstenen och i den underlagrande märgelstenen. Lagren ligger praktiskt taget horisontellt med en lutning av cirka 0,3 grader åt sydost. De horisontella vattenförande lagren åtskiljs av lager med tätare sten. Det vertikala flödet mellan dessa lager sker genom enstaka vertikala sprickor. Större delen av våtmarkerna i Natura 2000-områdena Hejnum Kallgate, Kallgatburg och Bojsvätar ligger på märgelsten vilket innebär att de är rätt täta nedåt vilket är en viktig vattenhållande egenskap för våtmarksvegetationen.

I kalksten kan karstsprickor vara vanligt förekommande. Med karst avses landskap och landformer som skapats genom korrosion av karbonathaltig berggrund. Karst kan vidga befintliga sprickor till mångdubbel storlek och därmed ha en betydande påverkan på ett områdes hydrogeologi. SGU har tagit fram en rapport som bl.a. sammanställer kunskapsläget om

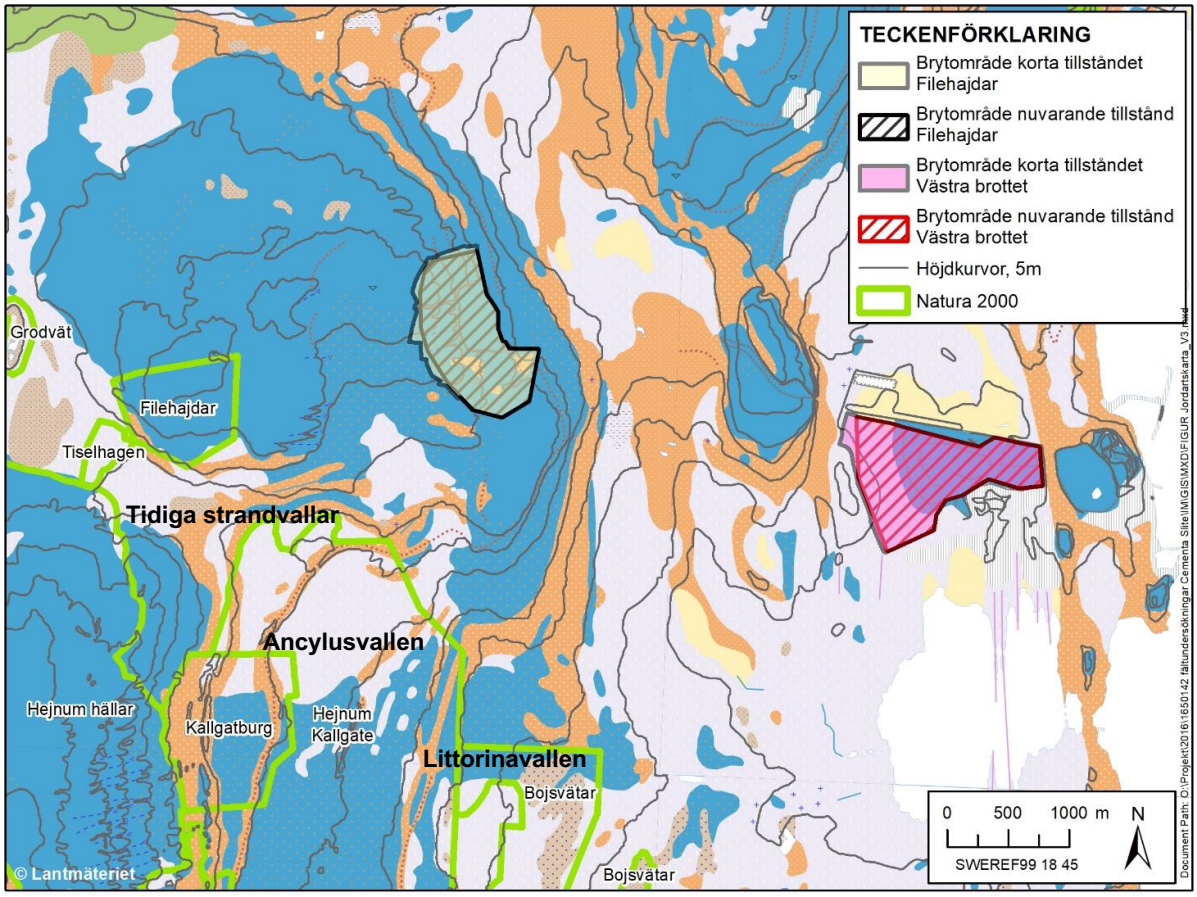
karst på Gotland (SGU 2022). Nedanstående beskrivningar är hämtade från denna rapport om inget annat anges.

Den vanligaste typen av karst på Gotland är ytnära karst (epikarst) som utvecklas i den omättade zonen. Den lösta koldioxiden i regnvatten förbrukas relativt snabbt med djupet vilket gör att epikarst vanligtvis inte sträcker sig djupare än cirka 15 m (Williams 2008, Jones 2013). På Gotland är karstskrevorna ofta mindre än en meter djupa och det vatten som ansamlas i skrevorna rinner ofta längs horisontella lager när regnvattnet når mindre karstbenägen kalksten eller märgelsten.

Berggrunden kan också vara mer eller mindre uppsprucken i det översta lagret till följd av andra orsaker som frost- och rotsprängning. Det gör att den allra översta delen av berggrunden i dessa fall kan ses som en del av jordlagret ur hydrologisk synvinkel. Där det förekommer karst och uppsprucket berg kan det resultera i utsipprande regnvatten i sänkor i intilliggande terräng där den tätare berggrunden bildar underlaget, vilket ger förutsättningar för bildandet av vätar och andra våtmarker.

Jordlager

Jordlagerna på File hajdar utgörs huvudsakligen av ett tunt skikt med starkt lerhaltig vittringsjord, så kallad moränmärgel. På flera platser saknas vittringsjorden varvid underliggande kalksten går i dagen som hällmarker och alvar (blå på jordartskartan i figur 20). På grund av moränmärgelns partikelsammansättning har den låg vattengenomsläpplighet samtidigt som den har relativt hög vattenhållningsförmåga. Fuktiga markförhållanden kan därför förekomma under stor del av året i vissa områden. Den låga vattengenomsläppligheten ger också upphov till en relativt stor ytavrinning från områden täckta av moränmärgel.



Figur 20: SGUs jordartskarta med nuvarande täktutbredning och läget för Natura 2000-områden.

I de stora våtmarkerna i Natura 2000-områdena Hejnum Kallgate, Kallgatburg och Bojsvätar är jordlagret något mäktigare med förekomst av både blekejord och märgellera vilket ytterligare minskar vattengenomsläppligheten samtidigt som magasineringen av vatten är fortsatt god för växtligheten. Den här både vattenhållande och tätande förmågan är viktig för att förstå utbredningen och förekomsten av våtmarker i förhållande till var berggrundvattnet befinner sig under sommaren.

I sluttningarna kring Natura 2000-områdena Hejnum Kallgate, Kallgatburg och Bojsvätar (Kallgate) finns på olika topografiska nivåer en rad strandavlagringar med sand och grus som avsattes under tidigare stadier av Östersjön (orange färg på jordartskartan i figur 20). Särskilt tydliga i landskapet är Ancylus- och Littorinavallen. Litorinavallen förekommer cirka 27 meter över havet och Ancylusvallen förekommer vid cirka 35 meter över havet. Av stor betydelse är också de tidiga strandvallar som förekommer ännu högre upp i terrängen i ost- och nordsluttningarna mot Hejnum Kallgate (figur 20). Ställvis förekommer också på dessa topografiska nivåer isälvsavlagringar (figur 21). Tillsammans ger de en mycket stor magasineringskapacitet då porvolymen i jordlagren är stora.

Figur 21. Isälvsavlagring i sluttningarna av Hejnum hällar. I botten kan grundvattenytan i jord ses.

På områden med dålig dränering, förekommer även organiska jordar såsom torv och kalkgyttja. Bleke övergår till kalkgyttja vid avtagande kalkhalt. De organiska jordarna i myrarna har väldigt låg vattengenomsläpplighet.

6.2 Grundvatten i jord och grundvatten i berg

För att förstå grundvattenpåverkan av den ansökta verksamheten är det viktigt att förstå skillnaden mellan grundvatten i jord och grundvatten i berg. Grundvatten förekommer både i jordlagren och i berget och dessa två grundvattensystem kommunicerar med varandra, men kan ha mycket olika trycknivåer. Grundvatten i jordlagren förekommer främst där det finns jordlager av viss mäktighet, ofta i dalgångar eller strandvallar och åsar. Grundvatten i berget förekommer i bergets spricksystem. Dessa sprickor är i huvudsak små vilket medför att magasineringskapaciteten i berggrunden är mycket låg i jämförelse med jord.

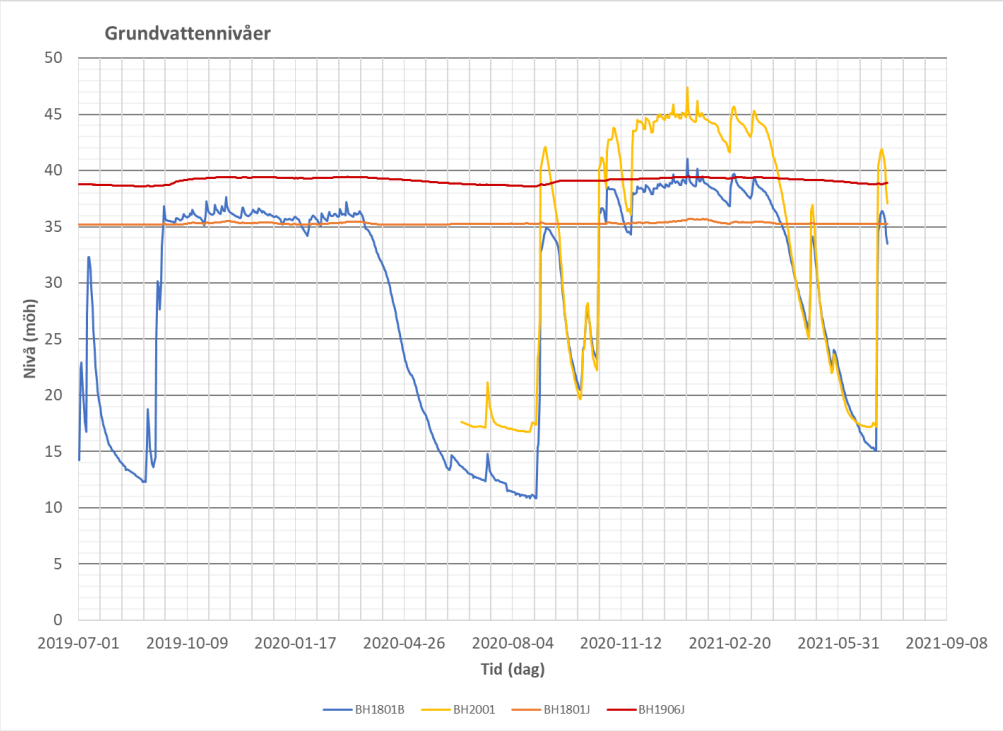
Variation i grundvattennivåer mellan olika årstider skiljer sig åt mellan berggrundvatten och grundvatten i jord. Vattennivåerna i jordlagren varierar inte särskilt mycket och kan delvis torka ut under perioder med liten nederbörd. Vattennivåerna i berg kan däremot variera stort med skillnader på 30 meter och mer mellan låg- och högvattensituationer. Grundvattennivåerna stiger också snabbt efter nederbörd medan grundvatten i jord har en mer i tiden utsträckt grundvattenökning efter nederbörd. Vad detta säger är att berggrundvattnet är relativt snabbkommunicerande och framför allt saknar större magasineringskapacitet. För grundvatten i jord är det tvärtom. De två systemen kommunicerar med varandra men den hydrauliska kontakten är inte stor. Annars skulle dessa skillnader inte uppstå. Att den hydrauliska kontakten mellan berggrundvattnet och jordgrundvattnet är mycket begränsad inom Natura 2000-områdena vid Kallgate demonstreras också av att bergrundvattnet i detta flacka område under vintern uppvisar trycknivåer som kan ligga cirka 5 meter över markytan (ett s.k. artesiskt grundvattentryck). Om kontakten mellan berggrundvattnet och jordgrundvattnet hade varit god hade berggrundvattnet bildat jordgrundvatten och utströmmat som jordgrundvatten, och de artesiska övertrycken hade då utjämnats.

Exempel på variation i grundvattennivå i berg och jord ges nedan i figur 22. Figuren visar uppmätta grundvattennivåer under ett år för två borrhål: BH2001 som är borrat ned i berget och BH1906J som endast är borrat i jordlagren i en av strandvallarna. Bägge borrhålen är placerade sydväst om File hajdar, vid kanten av Hejnum Kallgate Natura 2000-område.

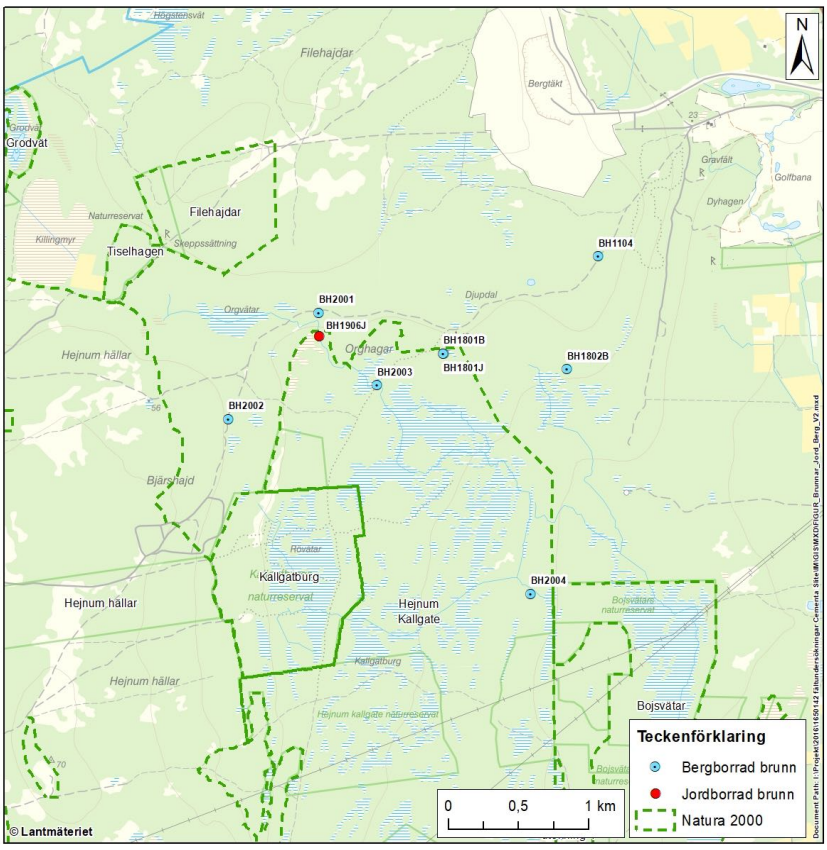
Borrhålen står inte bredvid varandra, men avståndet mellan dem är inte stort, lägena framgår av figur 23. BH2001 visar grundvattennivåer i berg, och BH1906J visar grundvattennivåer i jordlagren.

De observerade grundvattennivåerna i bergets spricksystem (BH2001) visar på mycket stora variationer under året. Grundvattennivåerna i BH2001 varierar mellan +16,8 m.ö.h. (minimum) och +47,4 möh (maximum), amplituden är 30,7 m och medelvärdet är 32,4 m.ö.h. Med “amplituden” syftar vi på skillnaden mellan maximivärdet och minimivärdet.

De observerade grundvattennivåerna i jordlagren (BH1906J) visar på betydligt mycket mindre variationer under året. Grundvattennivåerna i BH1906J varierar mellan +39,9 m.ö.h. (minimum) och +40,7 m.ö.h. (maximum). Amplituden är 0,9 meter (att jämföra med 30,7 i berggrundvattnet). Medelvärdet är 40,3 möh.



Figur 22. Observerad variation i grundvatten i grundvattenrör BH1801B (berg), BH2001(berg), BH1801J (jord) och BH1906J (jord). Perioden är 19-07-01 till 2021-07-15 (Källa: Holmén & Eng 2022).



Figur 23: Borrhål i anslutning till Hejnum Kallgate (Källa: Holmén & Eng 2022).

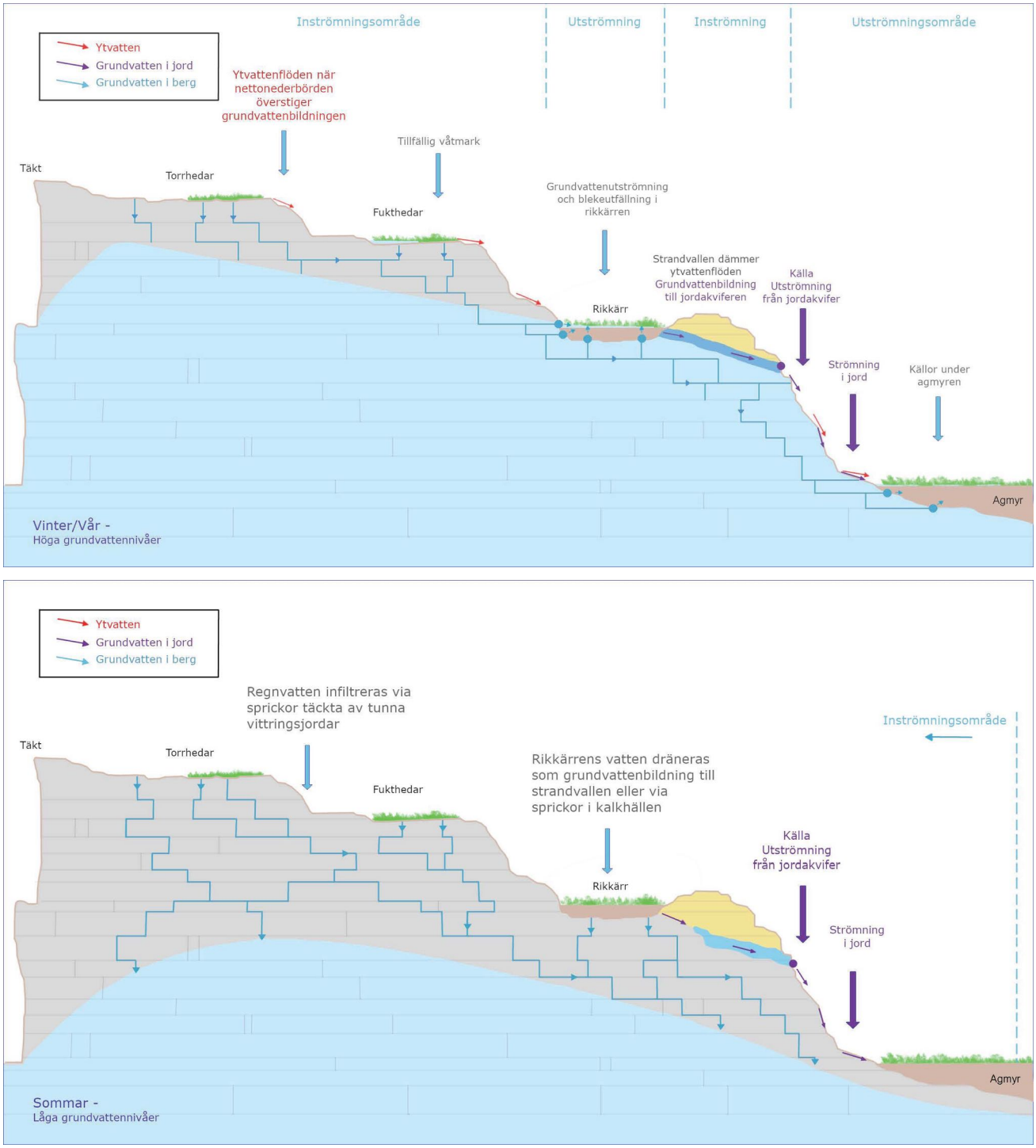
Förklaringen till att den årstidsbundna variationen i vattennivåer i jordlagren blir mycket mindre än i berg beror på att det är en helt annan typ av hydrogeologiskt system än grundvattensystemet i bergets sprickor. Grundvattensystemet i jordlagren är ett öppet system med mycket större porositet, nederbörden faller direkt på jordlagren, och vattnet i jordlagren står i kontakt med ytvattensystemet (vattendragen). Grundvattnet i jordlagren står inte i direkt kontakt med den kommunala vattentäkten och endast i mycket ringa utsträckning i kontakt med dagbrotten. De stora tryckfluktuationer i berggrundvattnet som skapas av till exempel vattentäkten syns alltså inte i jordgrundvattnet. Grundvattensystemet i jordlagren kommunicerar med de vattenförande horisontala sprickzonerna i berget via vertikala sprickor men den kommunikationen är som tidigare konstaterats trög.

Strandvallarna, i sin tur, dämmer ytvatten och skapar våtmarker uppströms. Samtidigt infiltrerar vatten i jordlagren vilket skapar en magasinering av grundvatten i dessa lager. Detta jordgrundvatten strömmar (sipprar) sedan ut på strandvallens nedansida och förser nedströms våtmarker med vatten under en längre tid. I figur 24 nedan visas en konceptuell modell över hur de olika naturtyperna försörjs med vatten under olika delar av året. Torrhedar och fukthedar är helt beroende av nederbörd eller ytavrinning. Uppströms strandavlagringen förekommer ofta rikkärr där ytvatten däms.

Nedströms strandvallar kan källmiljöer förekomma där det i strandvallen magasinerade ytvattnet strömmar ut. Vid de mäktiga strandvallarna nedströms Orgvätar, där det finns ett ytvattendrag som också kan bidra till grundvattenbildningen och ett generellt större jorddjup, finns tillräckligt med vatten för att upprätthålla ett flöde hela sommaren, exemplifierat med BH1906J i Figur 22. Vid andra mindre strandvallar räcker det magasinerade vattnet endast till för att upprätthålla ett flöde i någon eller några veckor efter att tillförseln från ytvatten eller nederbörd upphört, exemplifierat med BH1801J i figur 22. Närliggande bergborrhål för de bägge jordrören är BH2001 respektive BH1801B, som också finns med i figuren. Dessa visar att nivån i berg sjunker till under nivån i jord medan det fortfarande finns grundvatten i jord som kan strömma ut nedströms strandvallen.

Ute i våtmarken där det förekommer agmyr kan utströmning av berggrundvatten förekomma vintertid vid högvattensituationer då det förekommer trycknivåer i berget som stiger över markytan. Under de torraste månaderna ligger grundvattennivån så djupt som 5 meter under markytan ända nere vid BH2004 vid Bojsvätars norra kant. Någon utströmning av berggrundvatten kan därmed inte förekomma inom detta område.

Utströmning av berggrundvatten förekommer längst Hejnum Kallgates och Kallgatburgs västra kant vid foten av Hejnum hällar vilket skapar den topografiskt mest distinkta gränsen som förekommer i det i övrigt flacka landskapet. Källflödet från det s.k. Prosthulet är det enda betydande flödet i hela undersökningsområdet som bl.a. via temperaturmätningar har kunnat fastställts härröra från ett berggrundvatten. Det är dock troligt att det förekommer fler men mindre källflöden från berg längs Hejnum hällars östra fot. Området har dock inte undersökts lika noga som File hajdar då det på inget sätt kan påverkas av täktverksamheten. En mycket stor del av den vattenhållande förmågan för vatten som finns tillgängligt i våtmarkerna under torrperioden (med strömningsriktning från Hejnum hällar) bedöms finnas i de strandvallar som löper längs höjdpartiets fot och därmed kan antas buffra avrinnande ytvatten på samma sätt som beskrivits längs File hajdars slänt, se jordartskartan i figur 20.



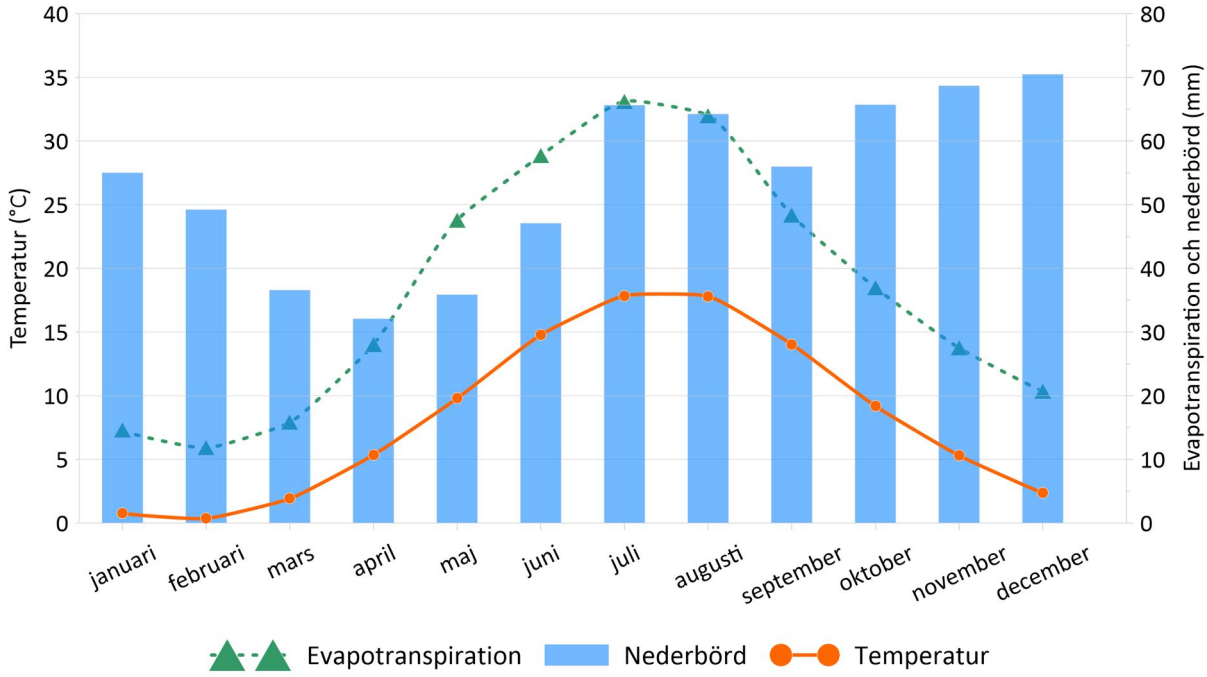
Figur 24. Konceptuell beskrivning av den hydrogeologiska funktionen under vinter respektive sommar i en tvärprofil från File hajdar ner över Hejnum Kallgate (Källa: Holmén & Eng 2022).

6.3 Nederbörd och klimat

Nederbördsmängden och när den faller är en grundförutsättning för flora och fauna. Årsmedelnederbörden i området uppgår till cirka 640 mm per år (data för station Hejnum 1991–2020). Månadsmedelnederbörden är lägre under månaderna februari till juni (cirka 32–49 mm per månad) jämfört med framför allt månaderna juli till december som är kring cirka 60–

70 mm per månad. Årsmedeltemperaturen i området är +8,3 grader för perioden 1995–2020. Utifrån denna statistik är det möjligt att beräkna den så kallade nettonederbörden, d.v.s. det vatten som återstår efter avdunstning (evapotranspiration) och därmed är tillgängligt för grundvattenbildning och avrinning till vattendrag. Avdunstningen ökar med ökad temperatur vilket orsakas både av att högre temperatur i sig ger ökad avdunstning men också av den biologiska aktiviteten hos växter som förbrukar mer vatten.

I figur 25 syns hur evapotranspirationen varierar under året på Gotland i förhållande till temperatur och nederbörd. Som synes i figuren är avdunstningen under maj-augusti större eller lika stor som avdunstningen vilket i praktiken innebär att grundvattenbildningen under den perioden i stort sett är noll. I verkligheten förekommer dock grundvattenbildning även under sommarmånaderna och då i samband med kraftiga regn. Under vinterperioden råder ett stort överskott av vatten och följaktligen är det då som grundvattenbildningen i huvudsak sker.



Figur 25. Förhållandet mellan nederbörd, temperatur och avdunstning (evapotranspiration) på Gotland (Källa: Bergab 2022).

6.4 Vattenförsörjningen till våtmarkerna i Natura 2000-områden

Nederbörd är grunden till växternas vattenförsörjning. Av den nederbörd som faller i vegetation fastnar en del i bladverk och förna och avdunstar utan att nå marken. Denna avdunstning kallas för interception. De som stått under ett träd när det börjar regna är medvetna om att det tar en stund innan regnet också tränger igenom lövverket. Denna lagringskapacitet i blad och grenar brukar uppgå till 0,5-2,5 mm (Grip & Rodhe 1985). Kapaciteten varierar mellan olika naturtyper och generellt är det granen som har störst interception. I vanlig skogsmark försvinner ungefär 20-40 % av nederbörden i interception medan den för en gräsmark reduceras betydligt till ca 5 %. Den nederbörd som återstår efter interceptionen är den växttillgängliga nederbörden.

Utöver nederbörd är det grundvattnet i jordlagren tillsammans med ytvattenavrinningen som försörjer växterna med vatten. När det kommer till grundvattnet innebär den ringa årstidsbundna variationen i grundvattennivå i jordlagren att det är möjligt för växterna att överleva en sommar med lite nederbörd. Om växterna i det studerade området direkt försörjdes av grundvattnet i berg så skulle de flesta växter vissna under sommaren, eftersom grundvattennivån i berget kan sjunka så mycket som 30 meter under sommaren. Skillnaden

mellan grundvattennivåer i jord och berg är en mycket viktig skillnad för de studerade grundvattensystemen, i synnerhet med avseende på växter.

Grundvatten som lagrats i jordlagren under nederbördsrika perioder utströmmar i vattendragen, och sådan utströmning sker även under nederbördsfattiga perioder. Jordlagren har en mycket större porositet och förmåga att lagra vatten än bergets spricksystem. Siktanalyser på jordprov tagna i strandvallarna visar på ett sorterat material i huvudsak inom grusfraktionen, men med inslag av sand och sten. Ett sorterat grusmaterial kan ha en porositet på 28–48% enligt Grip & Rodhe (1985) där i stort sett all porositet utgör effektiv porositet. Porositeten i lera och silt brukar variera mellan 25 och 75 % (SGI 2008) trots att den effektiva porositeten endast uppgår till några få procent. Effektiv porositet för morän brukar anses ligga inom spannet 1–10% (Naturvårdsverket 2007). Porositeten i ytliga jordlager är normalt betydligt större än i djupare jordlager på grund av biologisk aktivitet och tjälfrysning. Enligt Lundin (1977) kan porositeten i markens översta 0,3 m vara så hög som 60 %. Sammantaget innebär jordens porositet en stor förmåga att lagra vatten vilket jämnar ut flöden och gör vatten tillgängligt för växtligheten under torrare perioder.

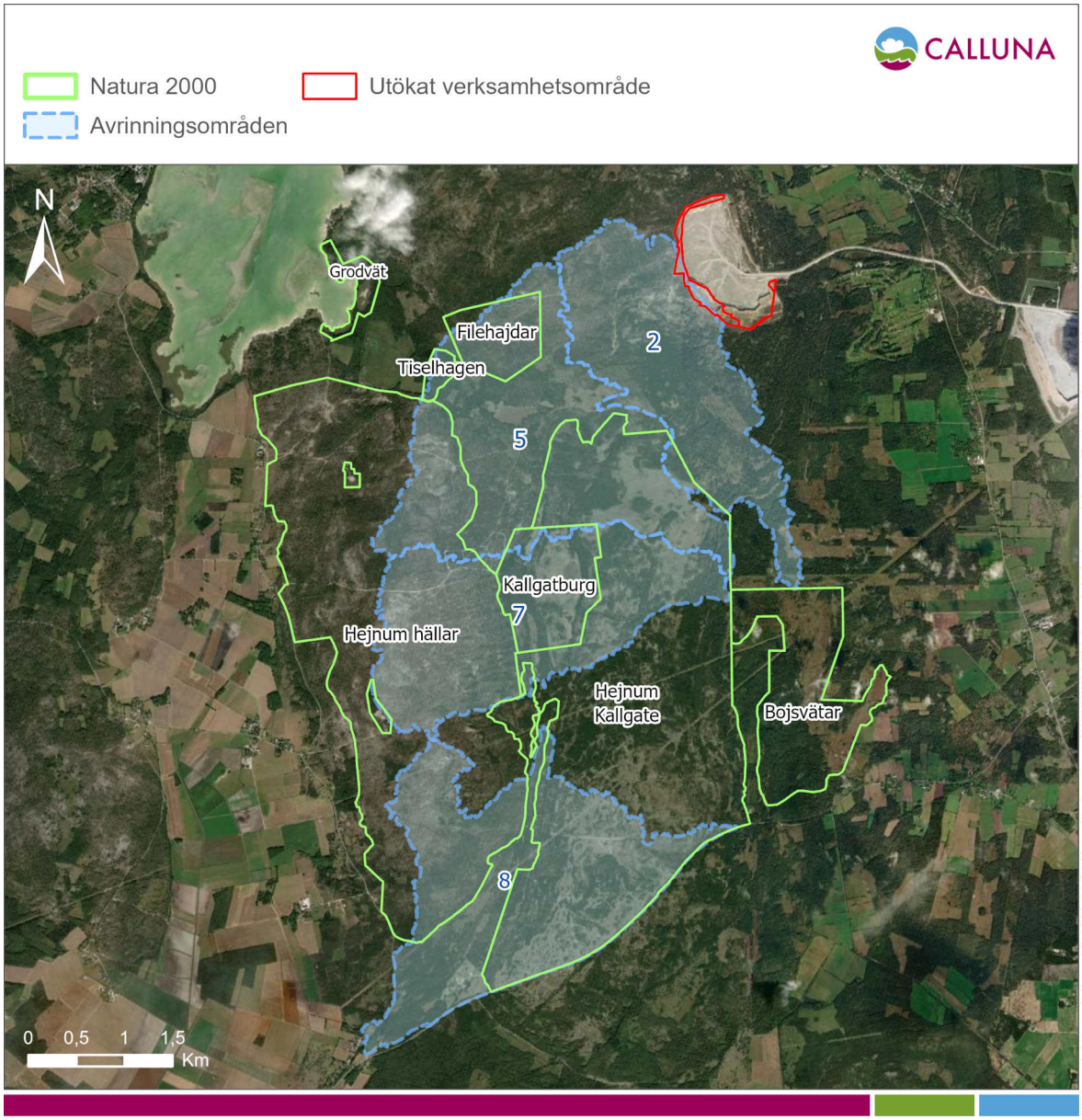
Porositeten i torv kan vara 90% vilket innebär en fenomenal magasinering av vatten. För en kontinuerlig ytvattenavrinning genom bäckar krävs det att det förekommer vattenmagasin. En bäck behöver helt enkelt kontinuerlig grundvattentillförsel om den inte ska torka ut. Därför uppträder bäckar i utströmningsområden för grundvatten och i det avseendet räknas kärr och mossar som utströmningsområden (Grip & Rodhe 1985). Översätter man det här till rikkärren Hejnum Kallgate, Kallgatburg och Bojsvätar kan man konstatera att data från bland annat SMHI:s mätstation i Orgbäcken visar att bäckarna naturligt torkar ut under sommaren. Även detta är ett synligt bevis på var vi har grundvattenytan i förhållande till våtmarkerna. Däremot kan det konstateras att Orgbäcken kan bli vattenförande vid större regnmängder även under sommaren. Då har det fallit tillräckligt mycket regn på Orgvätar för att mätta våtmarken samtidigt som det sker ytvattenavrinning och infiltration i jordlager som transporteras till bäcken. Kommer det inte ytterligare regn torkar bäcken ut igen.

Växterna kan även nyttja vatten som inte ryms inom den effektiva porositeten utan binds av kapillärkrafterna mellan jordkornen. Inom rotzonen kan växterna suga upp vatten ner till en vattenhalt benämnd vissningsgräns. ”Vissningsgräns är den vattenhalt då det kvarvarande vattnet är så hårt bundet att växterna inte längre tar upp det”. Vissningsgränsen kan således sägas motsvara växtrötternas maximala sugkraft. I lätta jordar som sand och grus överstiger det dränerbara vattnet vida det kapillära medan det omvända gäller för lerhaltiga jordar. För märgellera kan det kapillära växttillgängliga vattnet överstiga det dränerande (fältkapaciteten) med fem-sex gånger. Av det kan man förstå att våtmarksvegetationen kan vara mycket resilient mot torrsomrar.

Bergets porositet och förmåga att lagra vatten är i jämförelse liten, vilket är en av orsakerna till de stora årstidsbundna variationerna i grundvattennivå som har observerats i berget. Lokalt inom kalkstensområden med ett sprickrikt ytberg (SGU, 2022) kan porositeten antas vara betydligt förhöjd den översta ca metern. Några tillförlitliga litteraturvärden på porositet i denna typ av geologi har ej hittats men fenomenet kan förväntas bidra till att bibehålla vatten längre t.ex. för nedströms liggande våtmarker.

6.5 Avrinningsområden och vattendrag

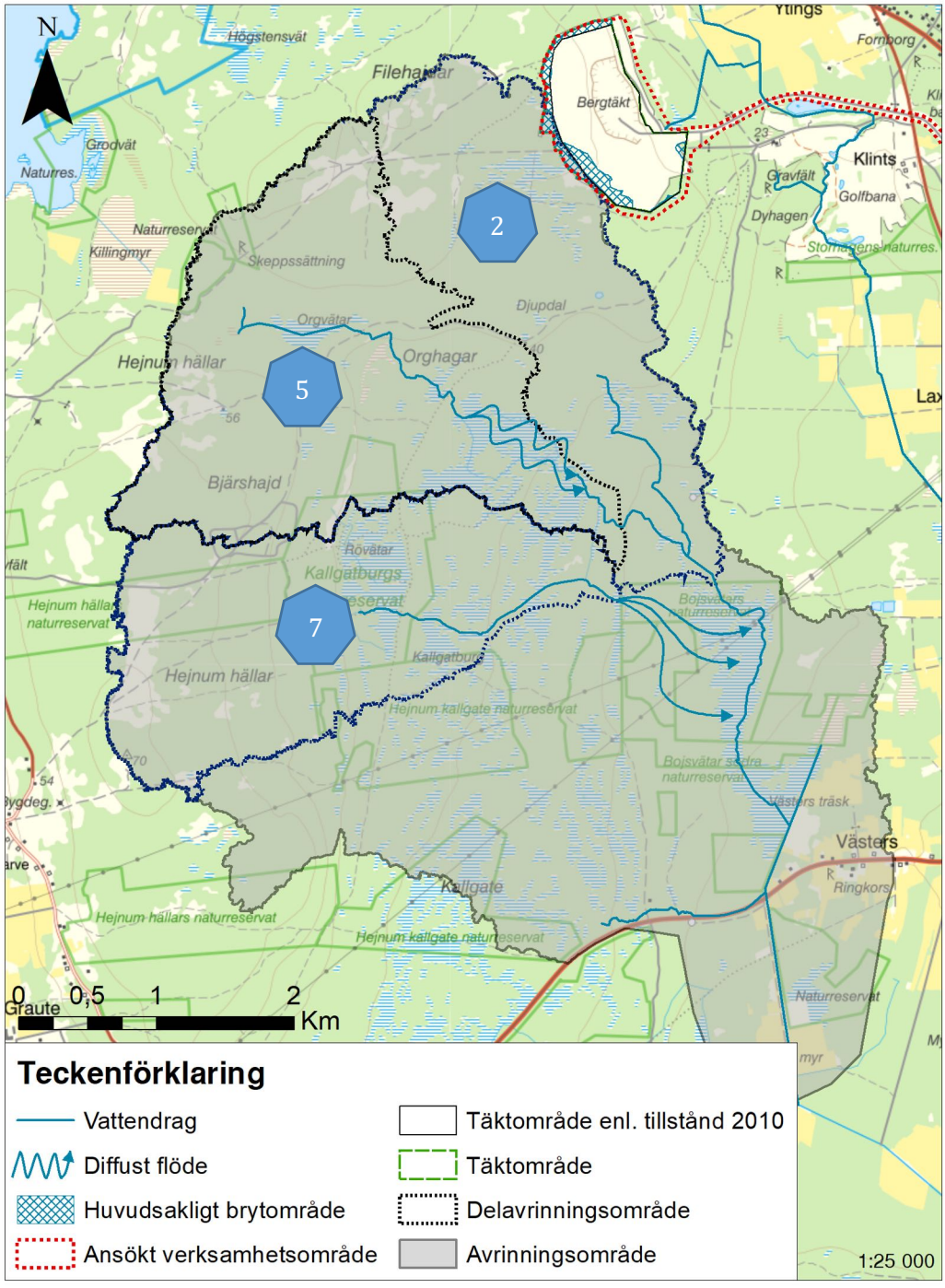
Bergab (2022) har karterat de avrinningsområden och vattendrag som är relevanta för den ansökta verksamheten. För Natura 2000-områden är det Vikeåns avrinningsområde som är i fokus och det har delats in i ett antal delavrinningsområden för att kunna beräkna påverkan och effekter. Av figur 26 framgår de viktigaste. I första hand är det uppströms liggande avrinningsområden sett till Bojsvätar Natura 2000-område, d.v.s. område 2, 5 och 7.



Figur 26. Relevanta delavrinningsområden inom Vikeåns avrinningsområde som berör Natura 2000-områden. I första hand är det uppströms liggande avrinningsområden sett till Bojsvätar Natura 2000-område, d.v.s. område 2, 5 och 7.

I figur 27 syns de vattendrag/bäckar som rinner genom de olika delavrinningsområdena 2, 5 och 7 samt genom Bojsvätar Natura 2000-område. I samtliga dessa delavrinningsområden finns partier med diffus ytavrinning, d.v.s. tydliga vattendrag saknas. Det får en ytterligare fördröjande effekt för ytvattnets avrinning och ökar både uppehållstid och infiltration till grundvatten.

Delavrinningsområde 2 är det som ligger i direkt anslutning till File hajdar-täkten och är det som direkt påverkas av ett minskat avrinningsområde. Precis intill File hajdar-täkten är terrängen genomskuren av många småvägar och hjulspår vilket påverkar områdets hydrologi. Vid mycket vatten flödar och kanaliseras det mesta vattnet av via dessa vägar och hjulspår. Det finns också vissa partier som dräneras genom skogsdikning men i stora delar av den övre, norra delen av delavrinningsområdet sker avrinningen ändå i huvudsak diffust, särskilt i det område



Figur 27. Vikeåns avrinningsområde samt delavrinningsområdena 2, 5 och 7 (Källa: Bergab 2022).

där Ancylusvallen finns. Här bildas vintertid en sjö till följd av den dämmande effekt strandvallarna har (figur 28). De södra delarna har tydligare bäckstrukturer och längst i söder rinner vattendraget från File hajdar ihop med Orgbäcken. Denna del präglas av uträtade sträckor och kraftig avvattning i samband med att skogsbilvägar anlagts och körskador uppstått vid avverkning (figur 29). Markanvändningen utgörs i princip enbart av skogsmark och hällmarker med inslag av våtmarker. Delavrinningsområde 2 har kartlagts detaljerat och fördjupad läsning finns i bilaga 2 till Bergab (2022).

Figur 28. Vintertid bildas en sjö söder om File hajdar-täkten i samband med de dämmande strandvallarna från Ancylustiden.

Figur 29. Exempel på kraftig körskada i delavrinningsområde 2 strax nedan sammanflödet mellan Orgbäcken och bäcken från File hajdar. Vattnet rinner nu i dessa diken istället för i den naturliga fåran vilket får till följd snabbare dränering med följden att det blir degenerering av kärrmiljöer och ökad igenväxning.

Delavrinningsområde 5 är Orgbäckens avrinningsområde. Själva bäcken rinner upp från agmyren Orgvätar och har en tydlig bäckfåra till dess att den når det stora rikkärrsbäckenet i norra delen av Hejnum Kallgate Natura 2000-område. På vägen dit passerar det både SMHI:s mätstation och två stora strandvallar som genomgrävts. Att Orgbäcken rinner parallellt med den övre strandvallen är förmodligen viktigt för att förse magasinen med vatten som i sin tur ger upphov till kalktuffkällorna nedströms strandvallen. Inom detta delavrinningsområde finns felaktigheter mellan lantmäteriets kartor och den faktiska avrinningen. Där Orgbäcken lämnar Hejnum Kallgate Natura 2000-område är Littorinavallen genomgrävd och vattendraget är därefter dikat. Markanvändningen utgörs främst av våtmarker och skog med inslag av hällmarker.

Delavrinningsområde 7 rinner upp på Hejnum hällar och upptar även större delen av Kallgatburgs Natura 2000-område. Bäckstrukturer uppstår först i Kallgatburg och då i form av flera källmiljöer och upprinnor i källkärr. Möjligen kan källmiljön Prosthulet vara en upprinna som förses med berggrundvatten en stor del av året. Just i detta område finns de största höjdskillnaderna inom hela utredningsområdet. Hejnum hällar är dessutom ett mycket stort höjdområde som ligger högre än File hajdar. Vid sidan av Prosthulet är det tydligt att grundvattnet sommartid härrör från jord då sluttningen mot Hejnum hällar innehåller mäktiga strandvallar och även en del glaciala isälvsavlagringar som kan magasinera vatten. Delar av bäcken genom Hejnum Kallgate är grävd och uträtad och passagen genom Littorinavallen är genomgrävd. Detsamma gäller Ancylusvallen i Kallgatburg. Inom Kallgatburgs Natura 2000-område har det innan genomgrävningen av Ancylusvallen legat ett träsk på kanske 2 ha.

I norra delen av **Bojsvätar** Natura 2000-område sammanströmmar de tre delavrinningsområdena 2, 5 och 7. Avrinningen från Littorinavallen i väster samt Kallgatburg sker diffust och med över- och genomsilande ytvatten i rikkärrsmiljön. Ytvattnet från Orgbäcken och File hajdar rinner dock i en mycket tydlig meandrande och naturlig bäckfåra ner mot Västers träsk i södra Bojsvätar. Här blir återigen bäcken diffus och ytvattnet når slutligen de djupa dikena som härrör från utdikningen av Västers träsk.

7 Vattenregimer inom Natura 2000-områdena

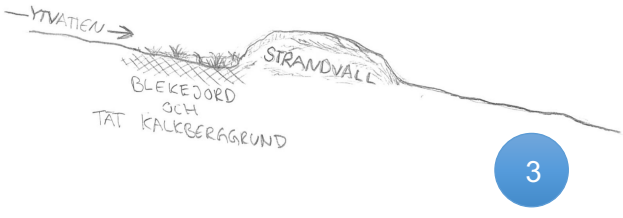
7.1 Typer av vattenregimer

Vattenregim är ett centralt begrepp när det gäller att förklara hur hydrologi interagerar med ekosystem. Som framgått av tidigare kapitel skiljer sig de hydrologiska och hydrogeologiska förutsättningarna åt mellan olika våtmarker, men de är möjliga att gruppera och dela in i olika typer utifrån var vattnet kommer från. Indelningsgrunden är gjord utifrån vad i hydrologin och hydrogeologin som särskilt styr våtmarkernas ekosystem. Det medför att olika vattenregimer i varierande grad är beroende av ytvatten, grundvatten i jord och grundvatten i berg och att det utifrån den uppdelningen också är möjligt att bedöma effekter och konsekvenser av den ansökta verksamheten. Den presenterade uppdelningen är inga vedertagna namn på vattenregimer utan har anpassats av Calluna för det specifika ändamålet.

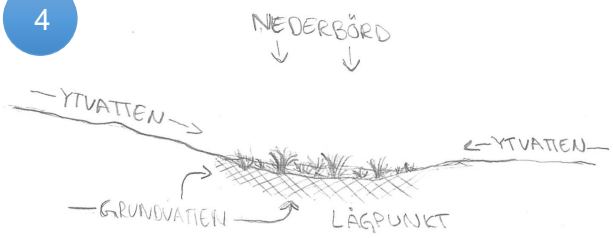
1. Nederbördstyp i form av vätar och fukthedar. De förekommer i flack eller svagt sluttande terräng och normalt högt upp i avrinningsområdena. De präglas också av en berggrund som är relativt tät, ofta på lerhaltig kalksten eller märgelsten, och gärna med förekomst av märgellera som har en vattenhållande och tätande funktion. Vattenregimen är i princip helt ytvattenberoende och torkar snabbt upp på våren och kan bli mycket torra under sommaren. Vid kraftiga sommarregn kan de fyllas snabbt men torkar också ut snabbt. Vattentillgången under vegetationssäsong är för låg för att rena rikkärr ska kunna utbildas. Någon arealmässigt större förekomst av denna vattenregim finns inte inom de aktuella Natura 2000-områdena.

2. Magasintypen får under vegetationsperioden sitt vatten från åsar, strandvallar och mäktigare jordlager som kan magasinera större mängder vatten efter nederbörd och vinterhögvatten. Magasineringen av vatten gör att vattentillförseln jämnas ut och kan bestå under en längre tid av vegetationssäsongen. I extremfallet kan kalktuffkällor uppstå. Vid kraftiga regn under vegetationssäsongen kan det förekomma grundvattenutströmning men det har en helt underordnad betydelse i jämförelse med magasinerings-kapaciteten. För att denna vattenregim ska fungera för våtmarker är det viktigt att det finns tätande kalklera eller tät berggrund för att det magasinerade vattnet inte ska infiltrera till berggrunden. Våtmarkerna förekommer alltid nedströms den magasinerande formationen och de natur- och vegetationstyper som kan förekomma är kalktuffkällor, axagkärr, knappagkärr och kalkfuktängar. Smärre bestånd av ag kan förekomma i de blötaste partierna. Denna vattenregim förekommer med små arealer och då i samband med strandvallar.

3. Dämmetypen förekommer i samband med dämmande strukturer i sluttningar. Själva dämmet utgörs av strandvallar eller andra topografiska hinder och precis som för ovanstående typer är det viktigt att kalkberggrund och jordlager inte är dränerande. I samband med strandvallar kan det förekomma ”tätskikt” av lerhaltig jord som hindrar snabbt läckage av vatten ut i strandvallen. Vattenregimen präglas av grundvattenutträngning och tillrinning under vintertid men är ytvattenberoende under sommaren. Vilken vegetationstyp som utbildas beror av hur mycket vatten som samlas i ”dammen”. I större sänkor kan det vara så blött att agmyr kan utbildas trots avsaknad av ett generellt högt grundvattenstånd under sommaren. Istället utgör dämmetypen en lokal topogen våtmark. Andra möjliga vegetationstyper är knappagkärr, axagkärr och kalkfuktäng. Våtmarken förekommer alltid uppströms dämmet. Dämmetypen finns i några arealmässigt små våtmarker i norra delen av Hejnum Kallgate.

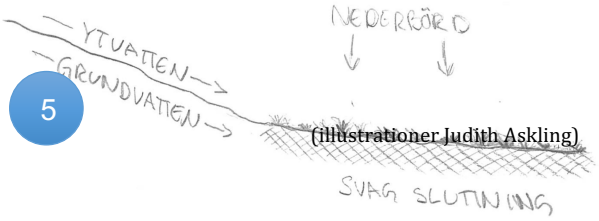


4



5. Grundvattentypen finns i topografiska lågpunkter som ligger lågt i terrängen inom avrinningsområdet. Grundvattentillförsel sker som grundvattenutträngning i sluttningar och under myren vilket ger en mer eller mindre konstant blöthet under hela vegetationsperioden. Vid omfattande nederbörd och under våren är marken översvämmad. Denna typ motsvarar topogena kärr och är typisk för agmyrzoneringar med agmyr, knappagkärr, axagkärr och kalkfuktäng/kalktallsumpskog. Denna vattenregim har en begränsad areal och förekommer i södra delarna av Bojsvätar.

4. Drågtypen består av soligena, svagt sluttande våtmarker som ligger lägre i terrängen och längre ner i avrinningsområdet. Typen präglas av ett rörligt och ytligt grundvatten i jord som långsamt transporteras genom våtmarken. Grundvattenutträngning från berg sker i stort sett bara under högvattensituationer vintertid. Under vegetationsperioden försörjs istället vegetationen av nederbörd, ytvattenflöden från omgivningen och, när förutsättningarna finns, av grundvatten i jord. Drågtypen är beroende av täta markförhållanden. Tack vare tätande skikt och den svagt sluttande terrängen uppehåller sig vattnet lång tid i våtmarken vilket får en utjämnande effekt även under sommaren. Viss torvbildning kan förekomma men den är i allmänhet liten på grund av det rörliga markvattnet och uttorkning under sommaren som leder till oxidation av organiskt material. Omfattande dränkning är också ovanligt eftersom avrinning alltid sker i soligena kärr och dessutom mycket snabbare vid omfattande nederbörd. Typiska vegetationstyper är knappagkärr, blåtåtelkärr, kalktallsumpskog och i de blötaste partierna smärre bestånd av ag. Axag kan förekomma i upprinnor. Denna vattenregim är helt dominerande i både Hejnum Kallgate, Kallgatburg och Bojsvätar.



5

(illustrationer Judith Askling)

8 Genomförda undersökningar och inventeringar i syfte att kartlägga de hydrologiska förutsättningarna

En rad undersökningar, mätningar och inventeringar har utförts för att ge underlag till och verifiera indelningen i typer av vattenregim samt de slutsatser kring hur våtmarkerna får sin vattenförsörjning. Till dessa hör de rent hydrogeologiska undersökningarna, med mätningar i grund- och ytvattenrör som i sin tur genererat underlag för den hydrogeologiska modellen. Resultaten av dessa har redovisats i kapitel 8 och fördjupningar finns att läsa i de separata hydrogeologiska rapporterna (Holmén 2022, Holmén & Eng 2022, Bergab 2022). Utöver de nämnda undersökningarna har det utförts vattenkemiska analyser och temperaturmätning av vatten för att fastställa härkomsten. Dessa mätningar har utförts av ytvatten, källvatten och grundvatten i berg respektive jord. De biologiska undersökningarna har riktats in på hur beroende flora och fauna är av utströmmande grundvatten och höga grundvattennivåer. För att utröna effekter över tid av tidigare brytning i File hajdar-täkten, har också en förändringsanalys av våtmarksvegetation genomförts.

8.1 Inventering av soligena respektive topogena kärr

Kapitel 6 berörde skillnaden mellan topogena och soligena kärr. Förekomsten av de olika typerna säger mycket om hydrologin. Topogena kärr är beroende av var grundvattennivån befinner sig. Kryper den ner för lågt försvinner förutsättningarna för vegetationstyper som är knutna till denna vattenregim. Agmyr är den gotländska vegetationstyp som har bäst koppling till grundvattennivån. I andra änden finns de soligena kärren som präglas av markvatten i rörelse. De förekommer i sluttningar och är beroende av grundvattenutträngning eller ytvatten, snarare än på vilken nivå grundvattnet befinner sig i omgivningen. De två mest utpräglade vegetationstyperna för soligena kärr är på Gotland kalktuffkällor och axagkärr.

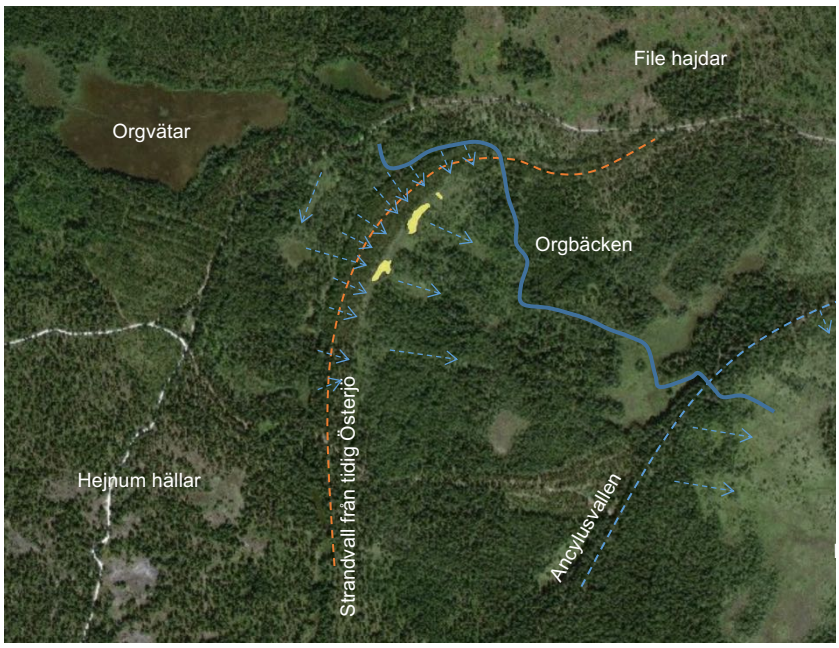
Med hänsyn till vegetationstypernas olika krav på vattenregim karterades de i fält av Calluna under 2018. I norra Hejnum Kallgates öppna våtmarker dominerar naturtypen rikkärr. Rikkärr är inte en homogen naturtyp utan kan delas upp i flera olika vegetationstyper. Den dominerande vegetationstypen i norra Hejnum Kallgate är knappagkärr, men även axagagkärr och lågstarrkärr är vanliga. Ekologiskt är det känt att axagkärr är mer beroende av rörligt markvatten än av höga grundvattennivåer i lågpunkter och detta förhållande gäller även knappagkärr och lågstarrkärr om än i mindre utsträckning. Den andra på Gotland vanligt förekommande naturtypen agmyr har däremot en starkare koppling till topogena kärr och generella grundvattennivåer, och trivs egentligen bara väl där grundvattennivåerna ligger ytnära. Arten kan dock förekomma i lokala svackor i mindre bestånd, även i soligena kärr. I de lokala svackorna kan vatten bli stående kvar vintertid under högvattenperioden vilket skyddar agen från frost. I Hejnum Kallgate, Kallgatburg och norra Bojsvätar förekommer smärre bestånd av agmyr i de lokala lågpunkterna, men dessa upptar relativt små ytor.

Utifrån att knapp- och axagkärr dominerar vegetationssammansättningen är det uppenbart att grundvattennivån inte är en styrande faktor för våtmarksvegetationens sammansättning i norra Hejnum Kallgate. Detta är viktigt eftersom vegetationens sammansättning återspeglar de faktiska hydrologiska förhållandena. En växt ska klara av både normala, torra och blöta år samt den inomårsvariation som förekommer. Istället för grundvattennivån pekar vegetationssammansättningen på att det istället är tillgången till flöden av rörligt markvatten som är centralt. Detta markvatten kan dock härstamma från både berggrundvatten, grundvatten i jord och ytvatten.

Slutsatsen från inventeringen av soligena och topogena kärr är att den generella grundvattennivån i rikkärren i Hejnum Kallgate, men också Bojsvätar, Grodvät och Kallgatburg, inte har någon större betydelse för de där förekommande vegetationstyperna. Det är istället grundvattenutträngning och ytvattenflöden som har betydelse.

8.2 Vegetationsinventering av upprinnor och källmiljöer

Källmiljöer och källkärr är ofta tydliga i terrängen när det är fråga om utströmmande grundvatten. Typiskt är att man i sådana områden brukar finna axagkärr, som också normalt sett brukar ”klättra” upp i terrängen där själva grundvattenutträngningen sker. En ännu mer tydlig naturtyp är kalktuffkällor. Om grundvattenutträngning skulle vara en väsentlig del av våtmarksvegetationens vattenbehov under vegetationsperioden borde det gå att finna sådana upprinnor och källmiljöer mot höjdområdet File hajdar där täkten också ligger. Av den anledningen har alla våtmarksmiljöer som vetter åt File hajdar inventerats under 2018, vilket innebär att ett brett stråk med en längd av två kilometer genomströvats.



Figur 30. Översikt över strandvallar och viktiga upprinnor och källmiljöer i norra delen av Hejnum Kallgate. Kalktuffkällorna är de gulmarkerade områdena. På flygfotot syns strandvallarna tydligt och dessa tillsammans med mäktigare jordlager nedströms Orgvätar är förutsättningen för magasinering och utströmning av grundvatten från jord.

Resultaten av Callunas inventering visar att det saknas tydliga upprinnor mot File hajdar, med ett undantag: kalktuffkällorna i nordvästra delen av Hejnum Kallgate. Dessa syns i figur 30 och förekommer, som tidigare konstaterats, i samband med en mäktig strandvall och djupare jordlager uppströms strandvallen mot Orgvätar. Det har gjorts beräkningar av volymen jord samt tagits jordprover för att utröna porositet (Holmén & Eng 2022) och som visar att strandvallen är fullt tillräcklig för att kunna magasinera de volymer vatten som behövs till källmiljöerna.

Uppenbarligen förekommer bara källmiljöer och utvecklade källkärr på de platser där de mäktigaste jordlagren och strandvallarna finns. Att områdena med de mäktigaste jordlagren och strandvallar skulle sammanfalla med oidentifierade sprickzoner kan uteslutas.. Särskilt med tanke på att kalktuffkällorna ligger på den högsta punkten inom hela Hejnum Kallgate och Bojsvätar. Det borde i så fall finnas källkärr och källmiljöer på lägre höjd längs exempelvis den två kilometer långa sträckan med sluttningar från File hajdar. Den enda förklaringsmodell som är applicerbar är att kalktuffkällorna är beroende av magasinerat grundvatten i jord.

8.3 Mossinventering

Ytterligare ett sätt att biologiskt analysera grundvattennivåer och grundvattenutströmning är att studera förekomsten av hydrologiskt känsliga mossor. Mossor är mer utsatta för torka då de saknar rotsystem och är därför mer utelämnade till omgivningens vattennivåer och fuktighet. Rikkärrsmiljöer som ständigt är blöta och därmed ständigt befinner sig nära grundvattennivån har en artsammansättning som skiljer sig från rikkärr som torkar upp. Calluna har genomfört en inventering av norra Hejnum Kallgate under 2018 som visar att det där saknas arter som kräver mer eller mindre kontinuerlig tillgång till vatten. Det stora rikkärret i den norra delen av Hejnum Kallgate uppvisar en likartad mossflora som kommer av stora skiftningar mellan blöta vintrar och torra somrar, vilket är svårt att hantera för många mossor. Artsammansättningen är därför relativt artfattig jämfört med rikkärr som inte torkar ut lika påtagligt. Kalkkammossa *Ctenidium molluscum*, guldspärrmossa *Campylium stellatum* och kärrspärrmossa *Campyliadelphus elodes* utgör karaktärsarter i rikkärret, i synnerhet kalkkammossan som är mest torktålig av de tre arterna.

Figur 31. Från det sandiga-grusiga materialet i strandvallen strömmar grundvatten ut i källmiljöerna.

I de tre kalktuffkällorna och i angränsande axagkärr längst i nordväst inom Hejnum Kallgate är mossfloran frodigare än ute i knappagkärren, vilket tyder på att de inte torkar ut i samma utsträckning under sommaren (figur 31). I alla tre källmiljöer förekommer den specialiserade arten klotuffmossa *Palustriella falcata* tämligen rikligt (figur 33), medan kamtuffmossa *Palustriella commutata* förekommer mer sparsamt i det södra källmiljön (figur 32). Båda arterna är mycket goda indikatorer på rika källor och är karaktärsarter för kalktuffkällor. Mossfloran i kalktuffkällorna utgjordes i övrigt av guldspärrmossa, kalkkammossa, kamtuffmossa, klotuffmossa, kärrbryum, kärrspärrmossa, spjutmossa, späd skorpionmossa och stor fickmossa.

Figur 32. Den specialiserade arten kamtuffmossa förekommer i den södra kalktuffkällan.

Figur 33. Klotuffmossa, som också är en typisk art för kalktuffkällor, förekommer i alla tre källmiljöer.

Resultaten av mossinventeringen visar att kalktuffkällorna i princip är ständigt vattenförande, annars skulle inte de mycket krävande arterna klotuffmossa och kamtuffmossa förekomma. Vattenförsörjningen till dessa källmiljöer måste komma någonstans ifrån, även vid mycket torra somrar. Under 2018, den värsta torrsommaren sedan mätningarna av nederbörd började på 1860-talet på Gotland, rann det fortfarande vatten i källmiljöerna. Mängden vatten var mycket liten, men ändå skedde det fortfarande grundvattenutträngning. Torråret inföll tidigare än när de närliggande borrhålen i berg tillkom. Det saknas därför uppgifter om var grundvattennivån i berg befann sig, men det är högst sannolikt att den befann sig ännu djupare än vad de senaste årens mätningar – vid mer normala förhållanden – visat. Eftersom det har varit mer än 20 meter ner till grundvattnet under de sommar som mätningar har utförts, var grundvattennivån under sommaren 2018 säkerligen minst 20–25 meter under källmiljöerna. Det är tämligen orimligt att tänka sig någon annan vattenförsörjning till källmiljöerna än från det magasinerade vattnet i jord.

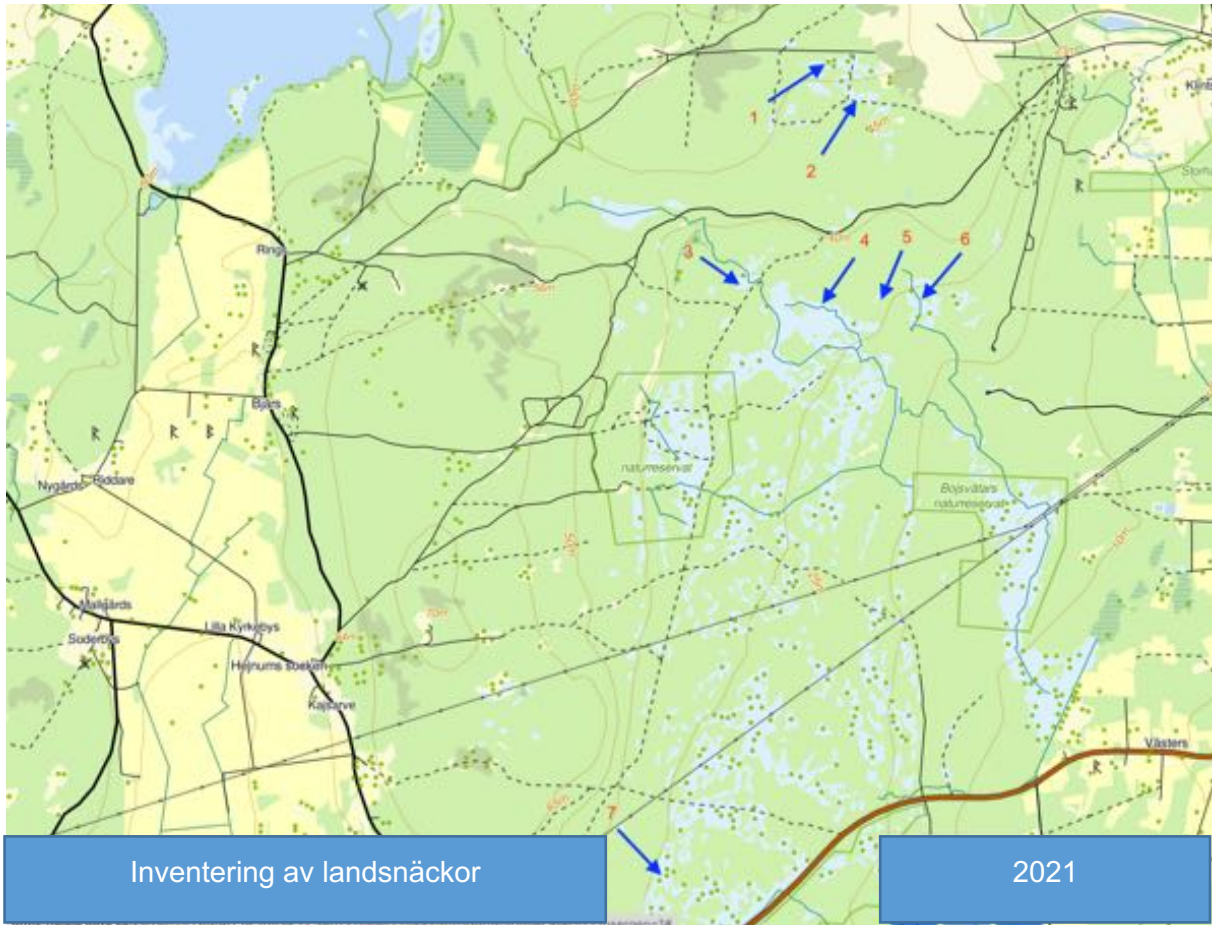
När det kommer till mossinventeringen vid Hejnum Kallgate i övrigt, är slutsatsen att kärret vanligtvis torkar upp under vegetationsperioden. Avsaknaden av hydrologiskt krävande mossor talar för det. Det är därför helt osannolikt att det skulle finnas kontinuerlig grundvattenutträngning från berggrunden inom Hejnum Kallgate och Bojsvätar.

8.4 Landsnäckeinventering

Landmollusker är karaktäristiska för rikkärrsmiljöer, då de i grunden är beroende av god tillgång till kalciumkarbonat för att bygga upp sina skal. Flera av arterna är dessutom mer eller mindre kopplade till god vattentillgång i form av källmiljöer och upprinnor. Av den anledningen har en landsnäckeinventering utförts under 2021 som en del i ett kontrollprogram, se bilaga 1 för fullständig rapport. Tre av de totalt åtta undersökta lokalerna ligger inom Hejnum Kallgate Natura 2000-område (figur 34). Resterande lokaler ligger nära File hajdar-täkten och i sluttningarna söderut på File hajdar. Inventeringarna har utförts av Ted von Proschwitz som är Sveriges främsta expert på landmollusker och arbetar på Göteborgs naturhistoriska museum.

Samtliga undersökta objekt utgörs av rikkärr där den hydrologiska miljön inte är optimal och påverkan på molluskfaunan därför är påtaglig. Två för rikkärren på Gotland karakteristiska arter – *Quickella arenaria* (rödskalig bärnstenssnäcka) och *Pupilla pratensis* (kärrpuppsnäcka) – anträffades i nästan samtliga av de undersökta kärren, men ingen av dessa arter är beroende av kontinuerlig hydrologi. Nästan samtliga objekt var torra till mycket torra vid undersökningstillfället och visade tecken på att långa torrperioder varit vanligt förekommande också under tidigare år. Följande punkter bör framhållas: 1) Flera arter (även på Gotland vanliga hygrofila snäckarter) saknades i flera av kärren. 2) När dessa arter påträffades var det nästan enbart som tomskal. 3) Trots att tomma snäckskal normalt bevaras länge efter att djuret dött i den kalkrika miljön på Gotland, saknades det på flera av lokalerna sådana belägg för att arterna tidigare förekommit där. 4) Artantalet är, trots att biotoperna kunde förväntas hysa fler arter, lågt till mycket lågt.

Påfallande är också att den på Gotland tämligen allmänna *Vertigo angustior* (smalgrynsnäcka) endast kunde påvisas på en lokal nära File hajdar-täkten, men saknades inom Natura 2000-området. Karakteristiskt är också att en av de känsligaste arterna, som också är vanligt förekommande i rikkärr med kontinuerligt god och stabil hydrologi – *Vertigo geyeri* (kalkkärrsgrynsnäcka) – saknas helt i området. Arten är, trots den goda tillgången på kalk, ovanlig på Gotland – p.g.a. att de flesta kärrbiotoper inte når upp till artens hydrologiska krav. Biotoperna i det nu undersökta området liknar därmed rikkärren på många håll på ön. Troligen beror den relativt dåliga situationen i området på att redan tidigare, för landsnäckor ej optimala hydrologiska förhållanden, försämrats genom olika dikningsföretag. Slitage genom tramp av betesdjur och körning med skogsmaskiner, vilket också är negativt för landmollusker, märks även på en del av lokalerna.

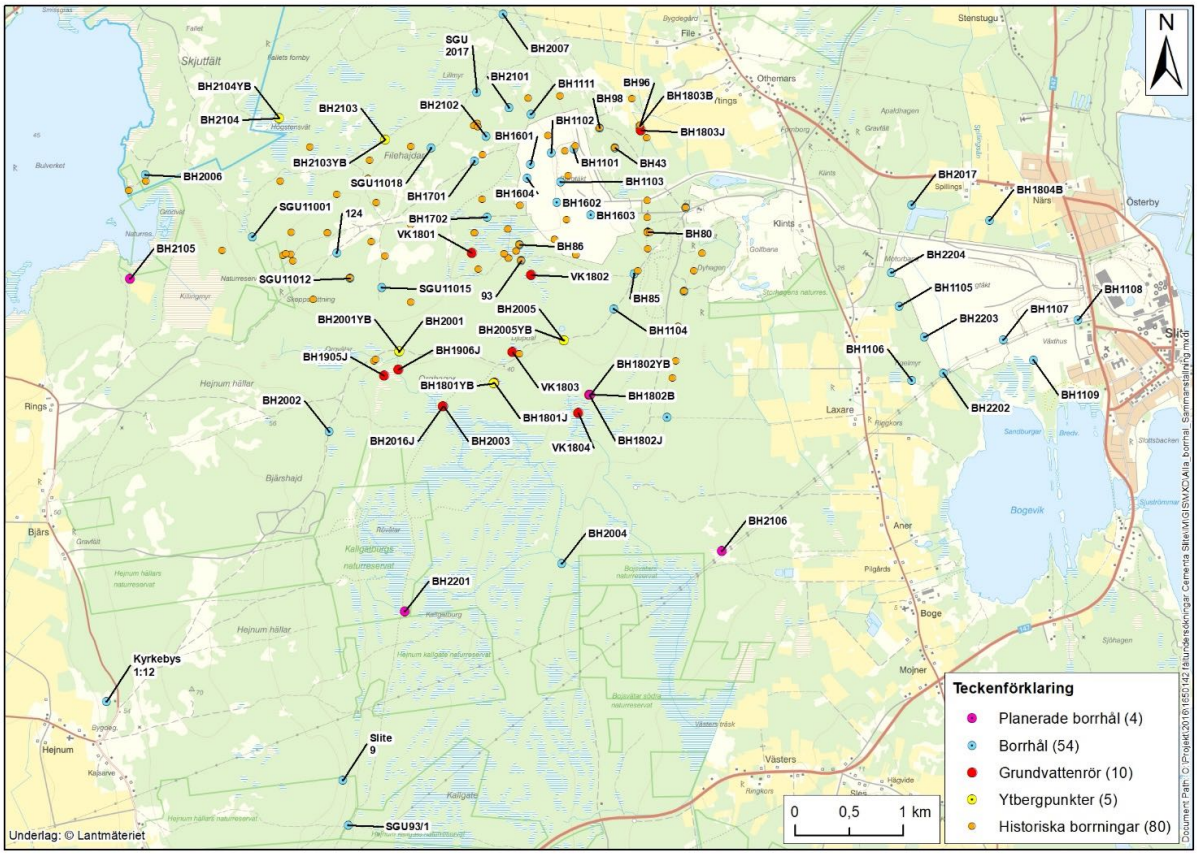


Figur 34. Översikt av inventeringslokaler för landsnäckor 2021. Lokal nummer 3, 4 och 7 ligger inom Hejnum Kallgate Natura 2000-område. Resterande ligger utanför.

8.5 Analyser av vattenkemi

Den kemiska sammansättningen av utströmmande vatten säger något om dess ursprung. Det är stor skillnad på ytvatten och djupare liggande grundvatten. Beroende på vad vattnet passerar under sin färd och hur länge det exponeras för olika mineral, vegetation och luft förändras de kemiska egenskaperna. Generellt har Gotland med sin kalkberggrund höga pH-värden, hög alkalinitet, höga koncentrationer av Ca^{2+} och hög konduktivitet. Regnvatten som saknar dessa egenskaper erhåller successivt dem efter att ha nått markytan. Grundvatten som varit i marken under en längre tid kommer att ha ytterligare högre halter av Ca^{2+} samt högre alkalinitet och konduktivitet.

Sedan 2018 finns fyra ytvattenrör placerade i våtmarkerna uppe på File hajdar, väster om täkten (VK1801 och VK1801) samt i källkärr i sluttningen mot Hejnum Kallgate (BH1803 och BH1804). I dessa har vattenstånd och vattenkemi mätts. Samtliga rör torkar ut helt och hållet under sommaren vilket överensstämmer med resultaten från närliggande grundvattenrör. Utöver dessa rör har provtagning skett i direkt ytvatten (Orgbäcken), i ytvatten vid källkärren vid kalktuffkällorna (BH 1905J och BH 1906J) och Kallgatburg i källmiljöer samt i berggrundvattnet i ett par djupare borrhål (BH93, BH2003).



Figur 35. Samtliga borrhål och grundvattenrör inom File hajdar-området (Källa: Holmén & Eng 2022).

En viktig del i dessa provtagningar har varit att fastställa i vilken grad vattnet i källmiljöer härrör från djupt liggande grundbergvatten och då särskilt sådant grundbergvatten som färdats långt och som fått kemiska egenskaper i form av övermättnad av löst kalciumkarbonat, dvs. den form som ger tuffbildning och särskilda kemiska egenskaper typiska för kalktuffkällor. I tabell 4 redovisas provtagningsresultaten från dessa olika provtagningspunkter.

Tabell 4. Resultat av kemiska provtagningar i ett antal olika borrhål, källmiljöer och ytvatten.

	Datum	Ca^{2+} (mg/l)	Alkalinitet (mg HCO_3/l)	Konduktivitet (mS/m)	pH
VK1803	2018-11-08	90	250	45	8
(källkärr)	2019-04-25	80	230	40	8
	2019-09-25	73	210	41	8,1
	2020-03-28	71	220	36	8,1
	2020-09-10	100	310	52	7,8
VK1804	2018-11-08	89	240	42	8
(källkärr)	2019-04-25	67	200	35	8,1
	2019-09-25	73	200	38	8,1

	2020-03-28	71	210	35	8
	2020-09-10	85	260	43	7,7
VK1801	2018-11-08	83	240	39	8,2
(File hajdar, ytvatten)	2019-09-25	82	250	44	8
	2020-03-28	71	210	35	8
VK1802	2018-11-08	87	220	38	8
(File hajdar, ytvatten)	2019-09-25	73	240	40	8
	2020-03-28	63	200	32	8
	2020-09-10	91	280	47	8
Borrhål 30 m djup:					
BH93	2020-09-10	80	280	47	7,7
BH2003	2020-09-10	55	290	56	7,9
BH1801B	2020-09-10	77	300	52	7,9
BH1802B	2020-09-10	49	280	51	8,1
BH1905J	2019-09-25	86	-	47	8
(Kalktuffkällor)	2020-03-27	79	240	38	8
	2020-09-10	93	280	46	7,9
BH1906J	2019-09-25	100	450	50	7,9
(Kalktuffkällor)	2020-03-27	98	300	48	8
	2020-09-10	97	310	50	7,8
SMHI Orgvätar	2019-09-25	75	240	41	8,1
	2020-03-27	81	240	39	7,9
VF1 (Orgbäcken)	2019-09-25	69	220	38	7,9
	2020-03-27	79	240	40	7,6
	2020-09-10	86	260	44	8
Källor Kallgatburg:					
Prosthulet	2020-09-10	82	230	39	8,1
Oles änge	2020-09-10	90	260	42	8,1

Resultaten av de kemiska analyserna visar på små skillnader mellan källmiljöer och berggrundvatten jämfört med grundvatten i jord, ytvatten och vatten från vattendrag. Den kemiska sammansättningen är alltså likartad oavsett vattnets ursprung. Det finns därmed inget berggrundvatten med särskilda egenskaper som tillförs Natura 2000-områdena. Vidare har det också förekommit uppgifter om att den stora blekeförekomsten i jordprofilen är ett bevis för att grundvattenutströmning med ”övermättat” berggrundvatten sker under hela året. Resultaten visar att det inte stämmer. Den omfattande blekebildningen är inget annat än resultat av en sannolikt flera tusen år lång ackumulering av bleke i rikkärren. Det är inte konstigt att ett ordentligt blekelager byggs upp över tid med tanke på att det, främst under vinterhalvårets högvattensituation, strömmar ut grundvatten från såväl berg som jord samt att våtmarkerna tillförs en stor mängd kalkhaltigt ytvatten från flera vattendrag. Som tidigare konstaterats är det ofta förekomsten av vegetation och blågröna bakterier som bidrar till att bleke fälls ut i rikkärrsmiljöer istället för ett ”övermättat” berggrundvatten. Detta förhållande gäller åtminstone under vegetationsperioden. Mätningarna från november visar dock också på små skillnader vilket tyder på att tryckgradienten som uppstår mellan det artesiska berggrundvattnet och grundvattnet i jord inte är tillräckligt för att i verkligheten åstadkomma skillnader. Det skulle innebära att den huvudsakliga ackumuleringen av bleke sker vintertid i en mycket långsam takt och att tryckgradienten inte är tillräckligt stor för att skynda på bildningen.

Resultatet av de kemiska mätningarna är inte oväntade då de hydrogeologiska mätningarna har visat att det vatten som strömmar ut i Hejnum Kallgate och Bojsvätar till stor del härrör från ytligt grundvatten i jord samt att berggrundvattnet dessutom responderar snabbt vid nederbörd och ger utströmning kort efter infiltration. Det gör att rikkärren i Natura 2000-områdena förses med likvärdig vattenkemisk kvalitet oavsett om ursprunget av vatten är från ytvatten, grundvatten i jord eller berggrundvatten.

Resultaten är inte förvånande med tanke på att kalkrika förhållanden ständigt är närvarande och påtagliga nästan överallt på Gotland. Jämvikten med löst kalciumkarbonat inställer sig därmed relativt snabbt och koncentrationerna blir höga redan kort efter att ett regn når markytan. Det innebär att regnvatten erhåller ”rätt” kemiska sammansättning mycket snabbt efter nederbörd. För axagkärr och de andra rikkärrsvegetationstyperna är vattnets ursprung därför av mindre betydelse. Det avgörande är istället att kalkhaltigt vatten tillförs våtmarkerna.

En viktig slutsats av denna undersökning är att Natura 2000-områdena söder om File hajdar under vegetationsperioden inte är beroende av långväga transporterat berggrundvatten. Områdena är istället beroende av ytvatten och utströmmande grundvatten från jord, som erhållit de rätta kemiska förutsättningarna lokalt.

8.6 Förändringsanalys av rikkärrsvegetationen under perioden 2010–2018

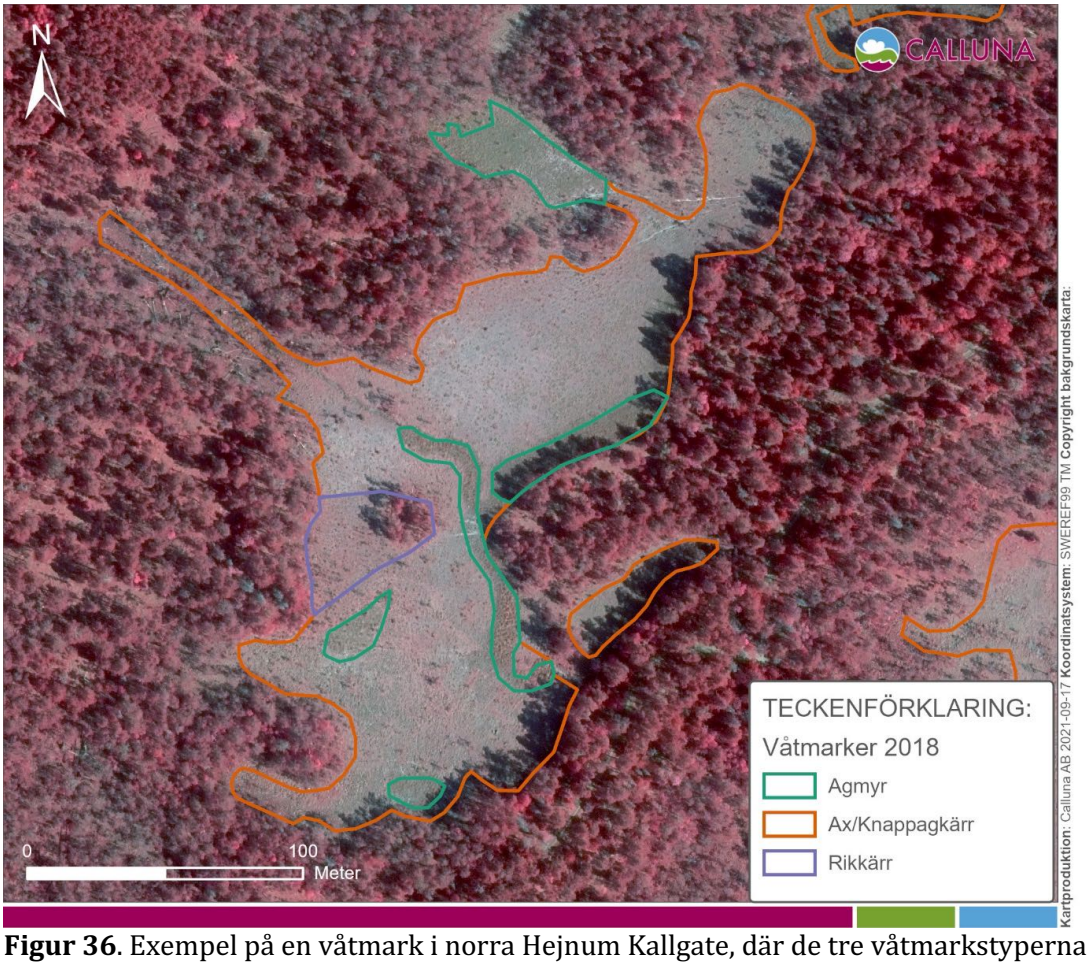
Det saknas historiska inventeringar av vegetation och fauna som skulle kunna svara på om det skett några förändringar i förekomsten av naturtyper och arter i Natura 2000-områdena. Därför är det inte möjligt att studera om de hittillsvarande täkterna haft en negativ påverkan på våtmarkerna. En metod att ändå kunna studera om förändringar skett är att utföra en förändringsanalys. Den består av att använda gamla flygbilder och med hjälp av fjärranalys och flygbildstolkning se om några skillnader uppstått som skulle kunna bero på förändrad hydrologi. Den studie som hittills utförts har gällt förändringar i våtmarksvegetationen under perioden 2010–2018. Under den perioden var File hajdar-täkten föremål för en mycket större utökning än den nu ansökta verksamheten. Förändringsanalysen har sina brister men kan användas för att på ett ytterligare sätt verifiera de hydrologiska förutsättningar som resultaten hittills entydigt har visat. Metoden är vedertagen och handlar om att studera flygbilder och genom dem kartera vegetation. Denna kartering kan sedan jämföras med senare flygbilder och bör då visa på skillnader mellan tillfällena i det fall en påverkan skulle finnas. Vid tolkningen handlar det också

om att ta ställning till vad eventuella skillnader kan bero på då våtmarker kan förändras av många olika orsaker, exempelvis genom utdikning eller avverkning.

Flygbildstolkningen utfördes i stereovy i programvaran Summit Evolution Lite med ArcMap 10.6. Infraröda ortofoton från 2010 (analoga flygbilder med 48 centimeters upplösning) respektive 2018 (digitala flygbilder med 24 centimeters upplösning) användes. 2018 års flygbilder är de senaste som finns att tillgå. IR-bilder är den typ av flygbilder som är bäst lämpade för studier av de flesta vegetationstyper, och synnerligen lämpliga i våtmarksmiljöer. Som underlag och stöd i tolkning användes SLU:s markfuktighetskarta[4], basinventeringen för Natura 2000-områden[5] samt gjorda inventeringar av Calluna vad gäller vegetations- och naturtyper, upprinnor och källmiljöer samt kärrtyper (de flesta under 2018). För kalibreringens skull har också ett fältbesök av tolkande personal utförts under 2021.

Tolkningen innehöll tre kategorier baserade på de vegetationstyper som förekommer i området och möjligheten att flygbildstolka dessa:

- Axag- och knappagkärr
- Agmyr
- Rikkärr, kalkfuktäng och blåtåtelfuktäng



Figur 36. Exempel på en våtmark i norra Hejnum Kallgate, där de tre våtmarkstyperna ingår (2018). Området ifråga är rikkärrsmiljön strax uppströms Ancylusvallen vid Orgbäcken.

[4] SLU Markfuktighetskarta, Institutionen för Skogens Ekologi och Skötsel, SLU

[5] Naturvårdsverket: Basinventering av Natura 2000 och skyddade områden 2004–2008 Beskrivning av genomfört projekt (https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5990-3.pdf).

Området som flygbildstolkades är de norra delarna av Hejnum Kallgate Natura 2000-område, vilket är det mest relevanta området med hänsyn till att det ligger närmast täkten (de närmaste våtmarkerna ligger ca 1 250 meter från File hajdar-täkten). I figur 36 nedan ses ett exempel på tolkningen av 2018 års flygfoton.

Tabell 5. Resultat av förändringsanalys av vegetationstyper mellan år 2010 och 2018.

Vegetationstyp	Areal 2010 (ha)	Areal 2018 (ha)
Agmyr	2,6452	3,0472
Ax/knappagkärr	117,7670	118,6667
Blåtåtelfuktang	11,2574	11,2574
Rikkärr	12,9886	11,8380
Totalsumma	144,6582	144,8093

Under den studerade perioden har metoden för IR-bilder utvecklats och numera används digital teknik med högre upplösning. Den lägre upplösningen i 2010 års bilder ger främst svårigheter i att tolka vegetationstyperna i och kring skogspartier – dels på grund av skuggighet, dels på grund av barr- och lövtäckningen. Det har märkts av på så vis att två mindre områden, för vilka det inte varit möjligt att tolka 2010 års flygbilder, har varit tvungna att uteslutas från studien. Detta illustreras i figur 37 och medför att en viss felmarginal uppstår.

Av tabell 5 framgår resultaten av tolkningen. Inga betydande skillnader kunde ses på flygbilderna, utan den totala våtmarksarealen är i stort sett densamma 2018 som den var 2010 (knappt 145 ha). Skillnaderna som noterades är att betrakta som inom felmarginalen, vilket betyder att det av förändringsanalysen inte går att härleda några effekter av täktverksamheten. En viktig del i förändringsanalysen har varit att studera om gränser för vegetationen har flyttats, och när 2010 respektive 2018 års gränser har jämförts så har inga sådana förändringar kunnat identifieras.

Under perioden 2010–2018 skedde brytning av en mycket större mängd kalksten, inom ett större område, än vad som omfattas av denna ansökan. Det är mot denna bakgrund osannolikt att den ansökta verksamheten skulle kunna ge några mätbara effekter på Natura 2000-områdena då den ansökta brytningen inte innebär någon förändrad typ av påverkan.

Figur 37. Till vänster (2018) syns våtmarksstrukturen tydligt och markeras i gult. Till höger (2010) är strukturen mer svårtolkad och skiljer sig ej nämnvärt från omgivningen. Detta är ett av två områden som uteslutits p.g.a. den sämre upplösningen i 2010 års flygbilder.

8.7 Slutsatser

En springande punkt i denna rapport har varit att ekologiskt kunna förklara hur våtmarkerna vid Hejnum Kallgate m.fl. Natura 2000-områden ekologiskt fungerar. Det har gjorts med hjälp av hydrogeologiska mätningar, kemiska mätningar och biologiska inventeringar. Det handlar om oberoende parametrar som var och en för sig visar en och samma riktning. Det är givetvis ett tungt argument att hitta att en parameter, t.ex. biologin, säger något om hur ett ekosystem fungerar i förhållande till hydrologin. Med det är när man lägger samman olika, oberoende insamlade parametrar som helhetsbilden blir tydlig. I detta fall pekar alla undersökningar, mätningar och inventeringar i samma riktning och därför är det möjligt att med säkerhet uttala sig om hur ekosystemen i Natura 2000-områdena fungerar utifrån ett ekohydrologiskt perspektiv.

Det stora bäckenet där Hejnum Kallgate, delar av Kallgatburg och Bojsvätar ingår består av mycket svagt sluttande våtmarker som endast bryts av strandvallar från Östersjöns tidigare utvecklingsstadier och ibland mycket lokala moränförekomster. Under vinterhalvåret råder högvatten och vattenöverskott. Det innebär att det både rinner ut ytvatten från bäckar, regnar och förekommer grundvattenutträngning i området. Denna period avslutas ganska raskt, oftast under mars, varvid grundvattennivåerna i berg sjunker och istället är det magasin i jord som erbjuder vattentillgång framöver. Det finns gott om strandvallar och andra strukturer som kan magasinera vatten i trakten, men de flesta är för små för att kunna släppa vatten under en hel sommar och de sinar därför normalt under sommaren. Till saken hör också att strandvallar kan bli dämmande strukturer som, om de är täta undertill, kan hysa vatten under en lång period av växtsäsongen. Sådana våtmarker finns det relativt gott om, men de har oftast liten areal.

För merparten av våtmarkerna gäller att det vatten som flöt ut från vattendrag, kom via nederbörd och trycktes ut från grundvattnet sinar under högsommaren. Rikkärren torkar upp, vilket är en naturlig process. Likt vattenhålen i savannen är nu våtmarkerna beroende av den fukt som bundits in i kalkleror och det normala är att det fungerar över hela säsongen fram till höstregnen. Både flora och fauna är anpassade efter dessa torksituationer och

artsammansättningen berättar tydligt att det är så det går till. Resiliensen mot torka är således god.

Det finns några avvikande miljöer inom Hejnum Kallgate Natura 2000-område, men också inom Kallgatburg. Det är förekomsten av källmiljöer, oftast mycket högre upp i terrängen än vad man skulle gissa utifrån det vi vet om var berggrundvattnet befinner sig. Hur kommer det sig att dessa miljöer finns där? Svaret är enkelt: grundvatten på Gotland kan, likväl som i andra landsdelar, ha separata system. På vintern hänger grundvattensystemet i de lösa jordavlagringarna i dalgången vid Orgvätar samman med omgivande grundvatten i berg. Då sker kommunikation. I mars upphör den kommunikationen och berggrundvattnet sjunker medan grundvattnet i jord knappt sjunker alls. Anledningen är att kommunikationen uppenbarligen är liten beroende på tätande skikt av jord och berg. Under sommarhalvåret tillförs nu källmiljöerna vatten från de omfattande jordlagren under hela vegetationssäsongen, vilket är förutsättningen för de hotade och krävande arterna som förekommer där.

Ovanstående beskrivning baseras på alla utförda undersökningar och att säkerheten i vad de säger är stor eftersom alla pekar i samma riktning. Finns det då inga andra förklaringsmodeller till det som syns, t.ex. kalktuffkällorna i Hejnum Kallgate? Problemet är att alternativa förklaringsmodeller kan stämma men när de ska kombineras hamnar de i en återvändsgränd. Ett par sådana ska beröras under denna punkt och den första är frågan om berggrundvattnet kan ha färdats långt i kalkberggrunden och därför erhållit unika egenskaper såsom t.ex. övermättnad av kalciumkarbonat. Calluna har på ett robust sätt kunnat visa att några sådana förhållanden inte existerar. Istället är det så att allt vatten som tillförs våtmarkerna har en likartad sammansättning vilket innebär att det inte spelar någon större roll om vattnet härstammar från ett vattendrag, från nederbörd, från grundvatten i jord eller berggrundvatten.

En annan fråga gäller om tjocka lager med bleke i jordprofilen kan tas för intäkt att en källmiljö är beroende av berggrundvatten. I tidigare kapitel har blekebildning och jämvikten för kalciumkarbonat penetrerats. Det är en ytterst viktig process som både förklarar utbredningen av rikkärr men också spektakulära saker som stalagmiter och stalagtiter. Frågan har gällt i vilken grad bleke i jordprofilen i ett rikkärr är beroende av ett källvatten som under högt tryck och låg temperatur tillförs kärret. De kemiska analyserna talar sitt tydliga språk. Det finns inga vatten i studien som har ett så särpräglat tryck och kemisk sammansättning som skulle kunna förklara jordprofilen. Resultatet är istället det motsatta, det råder ingen stor skillnad på vatten och vatten utifrån härkomst. Istället handlar det om att anrikning av bleke skett över tid och under lång tid. Förmodligen i tusentals år. Det vi lärt oss vetenskapligt om rikkärr de senaste decennierna är att boreala rikkärr oftast regleras av växtlighet. Det är högst sannolikt även här. Kransalger finns, den blågröna bakterien blodkula finns, olika mossor finns. Dessutom finns de fysiska faktorerna såsom avdunstning som förmodligen är mycket viktig. Sammantaget är det inte svårt att tänka sig att jordprofilen byggts upp under kanske tusentals år och att en mäktighet på ett par decimeter med bleke inte är ett bevis för berggrundvatten utan snarare förekomsten av något sorts grundvatten under stora delar av året.

9 Konsekvensbedömning för Natura 2000

9.1 Inledning

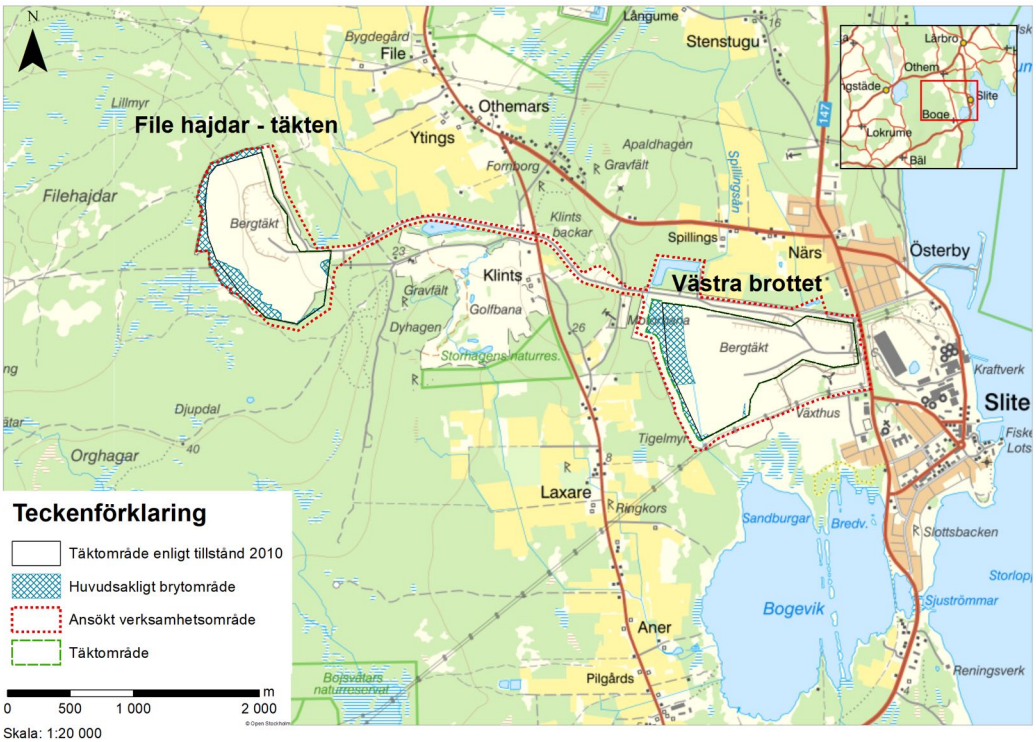
Söder om File hajdar-täkten ligger våtmarksområden med unika kvaliteter vad gäller rikkärrsförekomst i Europa. Det har gjort att de är skyddade som Natura 2000-områden i tre separata objekt: Hejnum Kallgate, Kallgatburg och Bojsvätar. Utöver dessa finns ett rikkärrsområde intill Tingstäde träsk: Grodvät Natura 2000-område.

De senaste åren har området studerats intensivt ur en rad olika perspektiv vilket lett till att hydrologin, kemin och biologin nu är väldokumenterad.

Kapitlet innehåller en beskrivning av den ansökta verksamheten och därefter vilken typ av påverkan verksamheten kan ha på bevarandevärdena i Natura 2000-områden. Därefter beskrivs effekter och konsekvenser för varje påverkansfaktor och sammanfattas i slutet av kapitlet.

9.2 Den ansökta verksamheten

Av figur 38 framgår det ansökta täkt- och verksamhetsområdet vid File hajdar-täkten och Västra brottet. Det är verksamheten vid File hajdar-täkten som har betydelse för Natura 2000-områdena. Ansökan omfattar fyra års brytning vid File hajdar-täkten, inom redan avbanade och påverkade ytor. Brytningen kommer att ske på samma nivå som idag, dvs. +20 m.ö.h.



Figur 38. Översikt över det ansökta verksamhets- och täktområdet vid File hajdar-täkten och Västra brottet (Källa: Bergab 2022)

I nuläget (oktober 2021) är täktytan i File hajdar-täkten ca 76 ha och den ansökta verksamheten innebär att den totala täktytan ökar till ca 87 ha.

I täkten bortleds vatten genom pumpning till Aneråns avrinningsområde och det är denna bortledning som kan påverka Natura 2000-områden genom minskad grundvattenutträngning. Av den ansökta brytningen vid File hajdar-täkten som omfattar brytning från markyta till

täktbotten (ca 10,2 ha), ha ligger ca 3,9 ha inom Vikeåns avrinningsområde. Det är bortfallet av denna del av avrinningsområdet som kan påverka ytvattentillförseln till Bojsvätar Natura 2000-område.

Efter att den ansökta verksamheten har pågått under fyra års tid, upphör både täkt- och vattenverksamheten och efterbehandlingsfasen inleds. Täkterna börjar då långsamt fyllas med vatten. Täkterna förväntas vara maximalt vattenfyllda efter cirka 30 – 40 års tid.

I avsnitten nedan beskrivs den ansökta verksamhetens påverkan på Natura 2000-områdena på *kort sikt* (efter fyra års brytning och länshållning) och på *lång sikt* (när verksamheten har avslutats och täkterna har fyllts med vatten).

9.3 Påverkansfaktorer för Natura 2000-områdena

Som inledningsvis konstaterats, kommer det inte att ske någon direkt påverkan på arter eller habitat i Natura 2000-områden, eftersom det ansökta brytområdet vid File hajdar-täkten ligger mer än en kilometer från det närmaste Natura 2000-området. Arbetet har därför avgränsats till indirekta effekter av möjlig hydrologisk påverkan. Denna hydrologiska påverkan kan bestå av att avrinningsområden till Natura 2000-områden minskar vilket i sin tur kan påverka både ytvattentillgång och grundvattenbildning. Vidare kan bortledning av det grundvatten som läcker in i File hajdar-täkten medföra sänkta grundvattenstånd och mindre grundvattenutträngning inom Natura 2000-områden. Den påverkan som kan ske kan därmed sammanfattas i:

- Minskad ytvattenavrinning till följd av minskat avrinningsområde
- Lägre eller högre grundvattennivåer
- Minskad eller ökad grundvattenutträngning från berg

Effekterna av denna påverkan ska för Natura 2000-områdena också ses i ett kumulativt perspektiv, vilket innebär att effekterna av andra pågående och planerade verksamheter också behöver vägas in i bedömningen.

9.4 Grundvattenutträngning från berg

Effekter

Den absolut mest avgörande tiden för våtmarkerna är under den tid då vegetationen är biologiskt aktiv, vilken för gotländska förhållanden infinner sig under sommarhalvåret från april till slutet av oktober. Det är under denna period det behöver finnas tillräckligt mycket vatten under tillräckligt lång tid för att olika våtmarkstyper ska uppstå och bestå över tid. Det behöver inte ske varje år, men tillräckligt ofta.

Sedan tidigare kan konstateras att effekter av en förändrad utträngning av berggrundvatten i princip bara berör vattenregimen drågtyp vilket i sin tur kan innebära konsekvenser för naturtypen rikkärr. Magasinstypen skulle teoretiskt kunna beröras men av tidigare resonemang har det framgått att berggrundvatten spelar en underordnad roll för vattenregimen i förhållande till magasinerat grundvatten i jord. Därmed kommer inte exempelvis kalktuffkällor och upprinnor av axagtyp (rikkärr) att beröras av den ansökta verksamheten.

Av tidigare kapitel har det framgått att grundvattennivåerna i berg under vegetationsperioden normalt befinner sig långt under markytan och att utströmning av berggrundvatten då inte är möjlig. Det som kan hända är att en grundvattensänkning tidigarelägger perioden för grundvattenavsänkning i berg på våren och senarelägger den på hösten. Det skulle innebära att varaktigheten av höga vattennivåer i drågtypen blir något kortare under vegetationsperioden vilket i sin tur kan ge en förskjutning av vegetationszoner och en möjlig förlust av rikkärr till förmån för kalkfuktäng och andra torrare naturtyper.

De mätningar som har gjorts visar dock att vinterperiodens höga grundvattennivåer vanligen sjunker undan snabbt redan i mars. Det betyder att grundvattenutströmningen från berg i stort sett upphör redan innan vegetationsperioden har tagit sin början. I andra änden av vegetationsperioden visar mätningar att berggrundvattennivåerna börjar öka någon gång under augusti-september för att bli höga igen under oktober. Under oktober, vilket är den sista månaden under vegetationsperioden, skulle en mer regelbunden minskning av grundvattenutträngning därför kunna äga rum. Under övriga delar av vegetationsperioden är det bara vid mycket stora och därmed oregelbundet förekommande tillfällen som effekter på grundvattenutströmning kan äga rum. Dessa tillfällen har sannolikt liten betydelse för våtmarkerna eftersom det handlar om att det kommer så stora nederbördsmängder att det ändå kommer att råda vattenmättnad i dem, oavsett tillförsel av berggrundvatten.

För att bedöma effekterna av en minskad grundvattenutträngning under särskilt hösten har en kvantifiering av grundvattenbortfallet gjorts och som kan ställas i relation till det i övrigt tillgängliga vattnet för växter, den så kallade växttillgängliga nederbörden. Den växttillgängliga nederbörden är möjlig att beräkna utifrån nederbördsmängder och vegetationens sammansättning för de olika lokala delavrinningsområden som identifierats (Holmén 2022). Uppgifter används i sin tur för att beräkna interceptionen. Förändringen av grundvattenutträngning från varje delavrinningsområde har beräknats med hjälp av grundvattenmodellen (Holmén 2022) och används som indata. Förändringarna i grundvattenutträngning sätts slutligen i relation till den totala växttillgängliga nederbörden.

Data för medelnederbördsmängder per månad, grundvattenbortfall per månad och delavrinningsområdenas storlek har hämtats från Holmén (2022). Vegetationens sammansättning har delats upp i två typer utifrån skillnader i interception. Den ena utgörs av skogliga biotoper som har högre interception och den andra är gräsmark/öppen mark som har lägre interception. Interceptionsvärdet för skog har satts utifrån att den i området mestadels utgörs av relativt gles tallskog. Interceptionsvärdet för skog är 20 %, d.v.s. en femtedel av nederbörden når aldrig marken utan stannar i trädkronor och avdunstar. Interception för öppen mark/gräsmark har satts till 5 % vilket innebär att merparten av nederbörden når marken och blir växttillgänglig. Andelen skog respektive öppen mark beräknas utifrån naturtypskoder i Nationella Marktäckedata (NMD)[6].

För interceptionen har litteraturuppgifter använts (Grip & Rodhe 1985) och det är inte säkert att de stämmer med verkligheten. Grundvattenmodellen bygger på oerhört mycket mätdata men det går inte att komma ifrån att den lokalt inte stämmer helt med verkligheten. Användandet av generella och beräknade data istället för faktiskt uppmätta innebär alltid en risk för felaktiga värden. Ett metod för att säkerställa att eventuella felaktigheter i värden inte påverkar de slutsatser som dras är att utföra en känslighetsanalys för de kritiska parametrarna. Känslighetsanalysen går ut på att anta större eller mindre värden än de använda i syfte att studera hur kraftigt resultaten påverkas. Det är viktigt att antagna värden i känslighetsanalysen är realistiska. Tillvägagångssättet ger därmed en bild av osäkerheten och hur man kan tolka resultat utifrån den osäkerheten. I denna känslighetsanalys har interceptionen ökats med 50 % i skog och 100 % i öppen mark. För den modellerade minskningen av grundvattenutträngning har värdet ökats med 50 %. Antagandena görs utifrån att påverkan är större än vad indatat säger.

Resultatet av känslighetsanalysen visar att interceptionen ger ett förhållandevis litet utslag i kalkyleringen och ger upphov till avvikelser på ±10 %. Grundvattenutträngningen har större betydelse och kan ge avvikande värden på ca ±35 %. Kombinationen av de högre antagna värdena ger som mest ±41%. Resultatet av känslighetsanalysen är att de bedömningar som görs inte skulle ha blivit annorlunda även om indatat från interceptionen och grundvattenmodellen

[6] https://www.naturvardsverket.se/verktyg-och-tjanster/kartor-och-karttjanster/nationella-marktackedata/ladda-ner-nationella-marktackedata/

skulle vara felaktiga. Beräkningarna kan därför ses som tillräckligt robusta i den fortsatta bedömningen.

Tabell 6 visar resultaten per delavrinningsområde av utförda effektberäkningar på grundvattenbortfall i det ansökta alternativet jämfört med nuläget. Beräkningen avser påverkan på både kort sikt och lång sikt.

Av figur 39 framgår vilka delavrinningsområden som Natura 2000-områdena befinner sig i. Delavrinningsområde 5 berör den norra delen av Hejnum Kallgate och används för att utvärdera denna del. Kallgatburg och de mellersta delarna av Hejnum Kallgate omfattas av delavrinningsområde 7. Bojsvätar berörs av flera delavrinningsområden, nämligen 2, 5 och 7 eftersom de sammanstrålar i den norra delen av Natura 2000-området. Längre söderut i Bojsvätar tillkommer ytterligare avrinningsområden men eftersom avstånden till den sökta verksamheten här är mycket stora samtidigt som tillkommande avrinningsområden som inte påverkas av den ansökta verksamheten skulle ”spä ut” effekterna av förändrad grundvattenutträngning har en vidare analys av södra Bojsvätar inte bedömts befogad. Det kan noteras att delavrinningsområde 2, som ligger närmast File hajdar-täkten, i princip inte innehåller några Natura 2000-områden. Att delavrinningsområdet redovisas i tabell 6 beror på att det är en delmängd i analysen för Bojsvätar.

Tabell 6. Beräknat grundvattenbortfall under vegetationsperioden genom minskad grundvattenutströmning i förhållande till växttillgänglig nederbörd. Jämförelser gäller ansökt verksamhet i förhållande till nuläget.

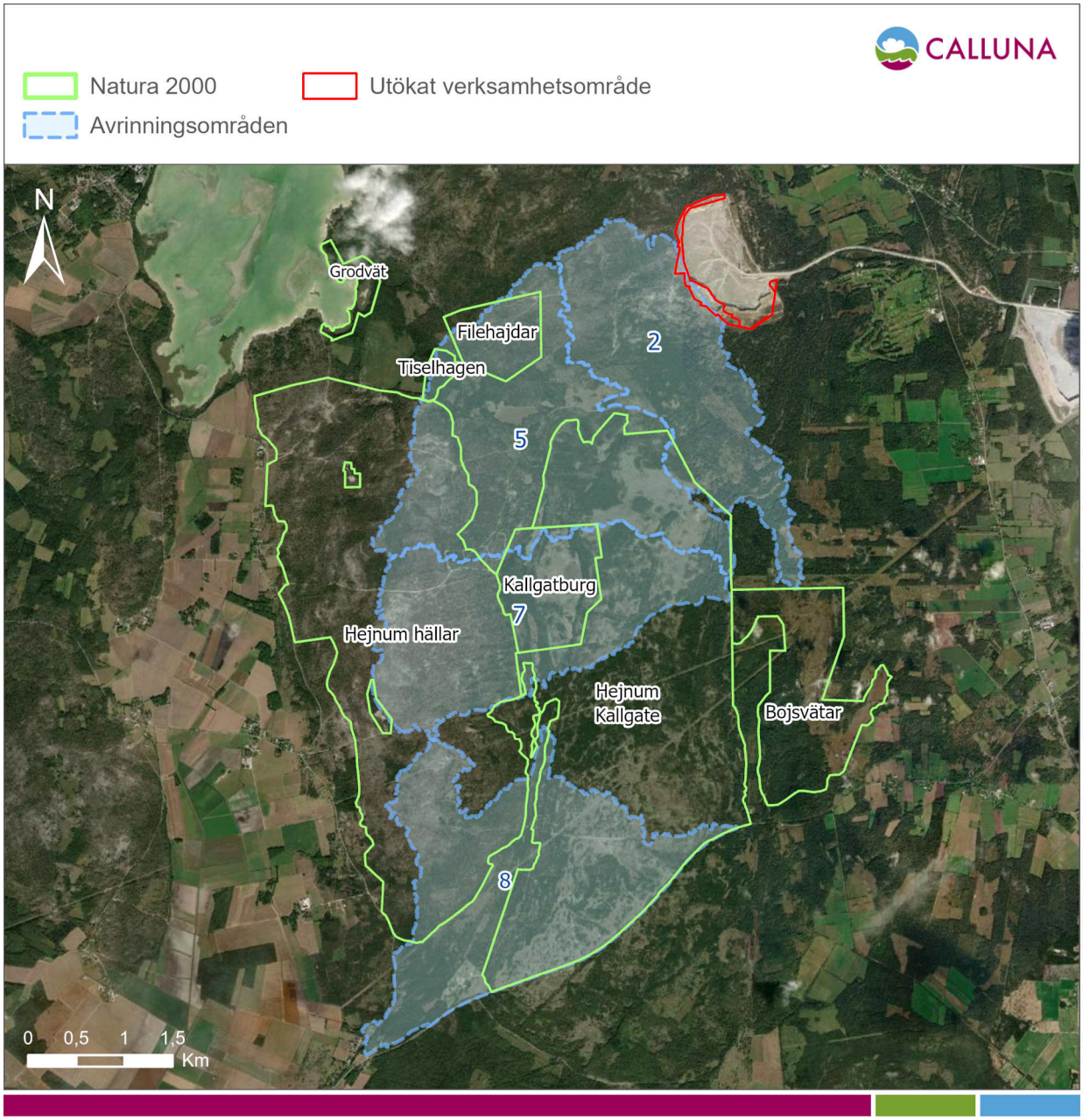
Delavrinnings-område	Grundvattenbortfall på kort sikt (m^3)	Grundvattenbortfall på kort sikt (%)	Grundvattentillskott på lång sikt (m^3)	Grundvattentillskott på lång sikt (%)
2	-2 339	-0,182	17 700	1,477
5	-720	-0,037	6 796	0,348
7	-180	-0,011	1 844	0,115
2+5+7	-3 346	-0,050	27 815	0,413

Konsekvenser på kort sikt

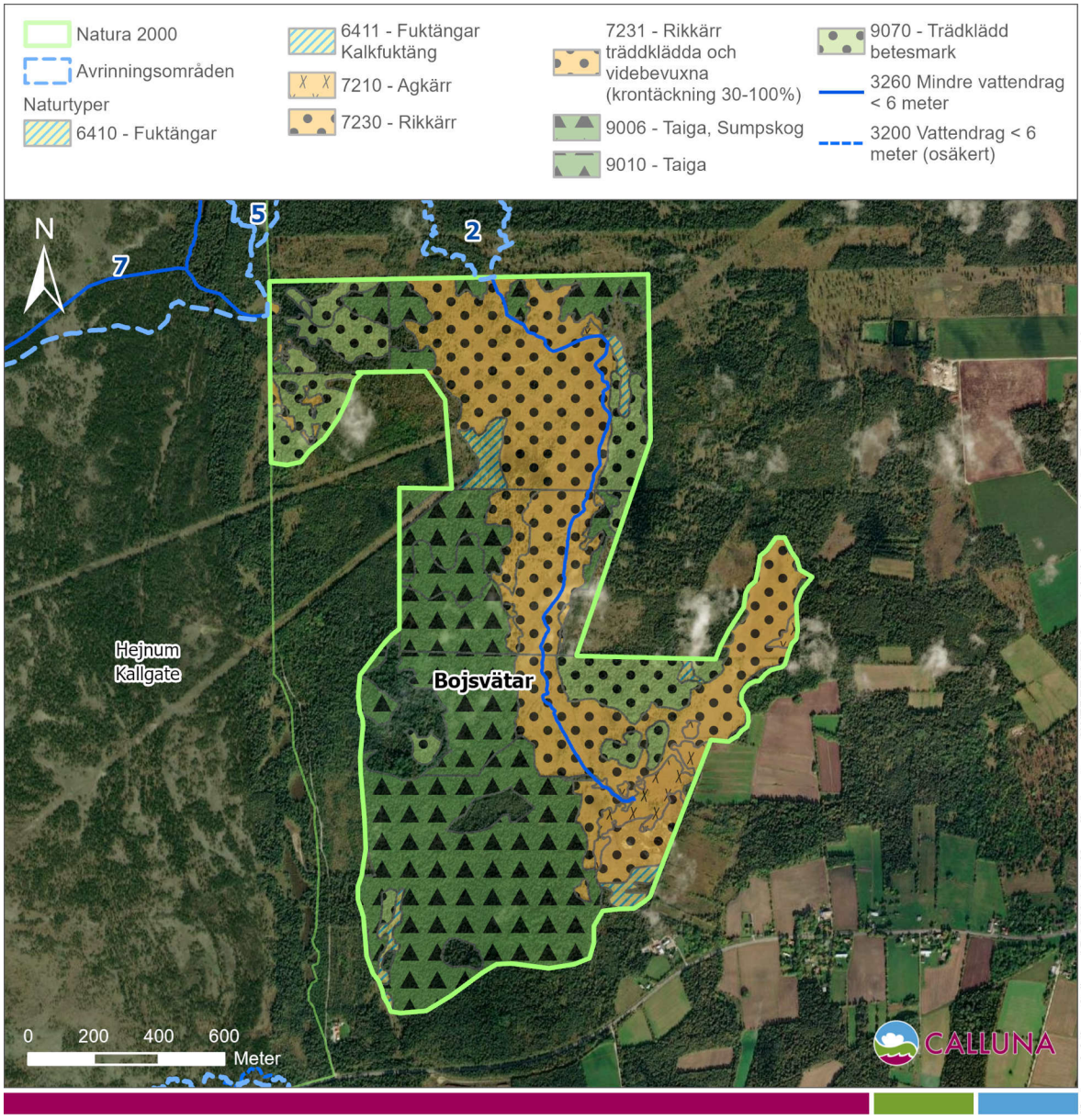
Förlusten av grundvattenutträngning beräknas för Bojsvätar till drygt 3 300 m^3 under vegetationsperioden för den ansökta verksamheten i jämförelse med nuläget. Det motsvarar en förlust på knappt 0,05 % av den växttillgängliga nederbörden (tabell 6). Den naturtyp som främst riskerar att beröras är rikkärr (figur 40). Förändringen är dock obetydlig och riskerar inte att medföra någon försämring av bevarandestatus för rikkärr eller andra hydrologiskt känsliga naturtyper och inte heller för den utpekade arten väddnätfjäril.

Förlusten av grundvattenutträngning i den norra delen av Hejnum Kallgate beräknas till 720 m^3 vilket motsvarar knappt 0,04 % av den växttillgängliga nederbörden. Påverkan gäller även här främst rikkärr. De ringa volymerna och andelen av växttillgängligt vatten innebär obetydlig konsekvens för rikkärr. Inte heller guckusko eller väddnätfjäril påverkas med annat än obetydliga konsekvenser.

För övriga delar av Hejnum Kallgate är grundvattenbortfallet helt negligerbart vilket också gäller Kallgatburg. Den ansökta verksamheten medför i dessa områden inga konsekvenser i jämförelse med nuläget.



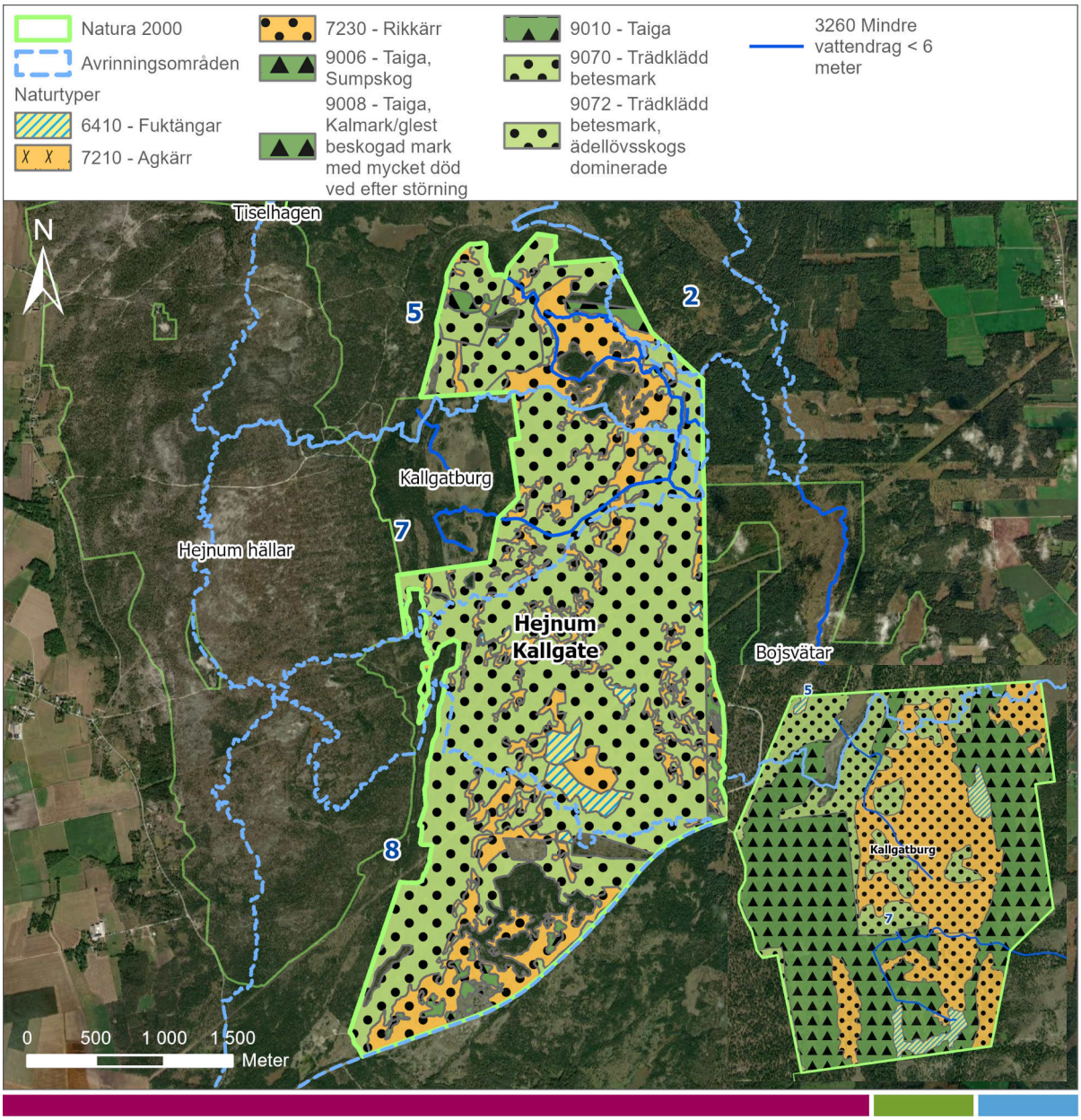
Figur 39. Relevanta delavrinningsområden inom Vikeåns avrinningsområde som berör Natura 2000-områden. I första hand är det uppströms liggande avrinningsområden sett till Bojsvätar Natura 2000-område, d.v.s. område 2, 5 och 7. Delavrinningsområde 2 ligger i mycket liten utsträckning inom Natura 2000, område 5 upptar de norra delarna av Hejnum Kallgate och delavrinningsområde 7 täcker Kallgatburg och mellersta delarna av Hejnum Kallgate. Den norra delen av Bojsvätar berörs av både delavrinningsområde 2, 5 och 7.



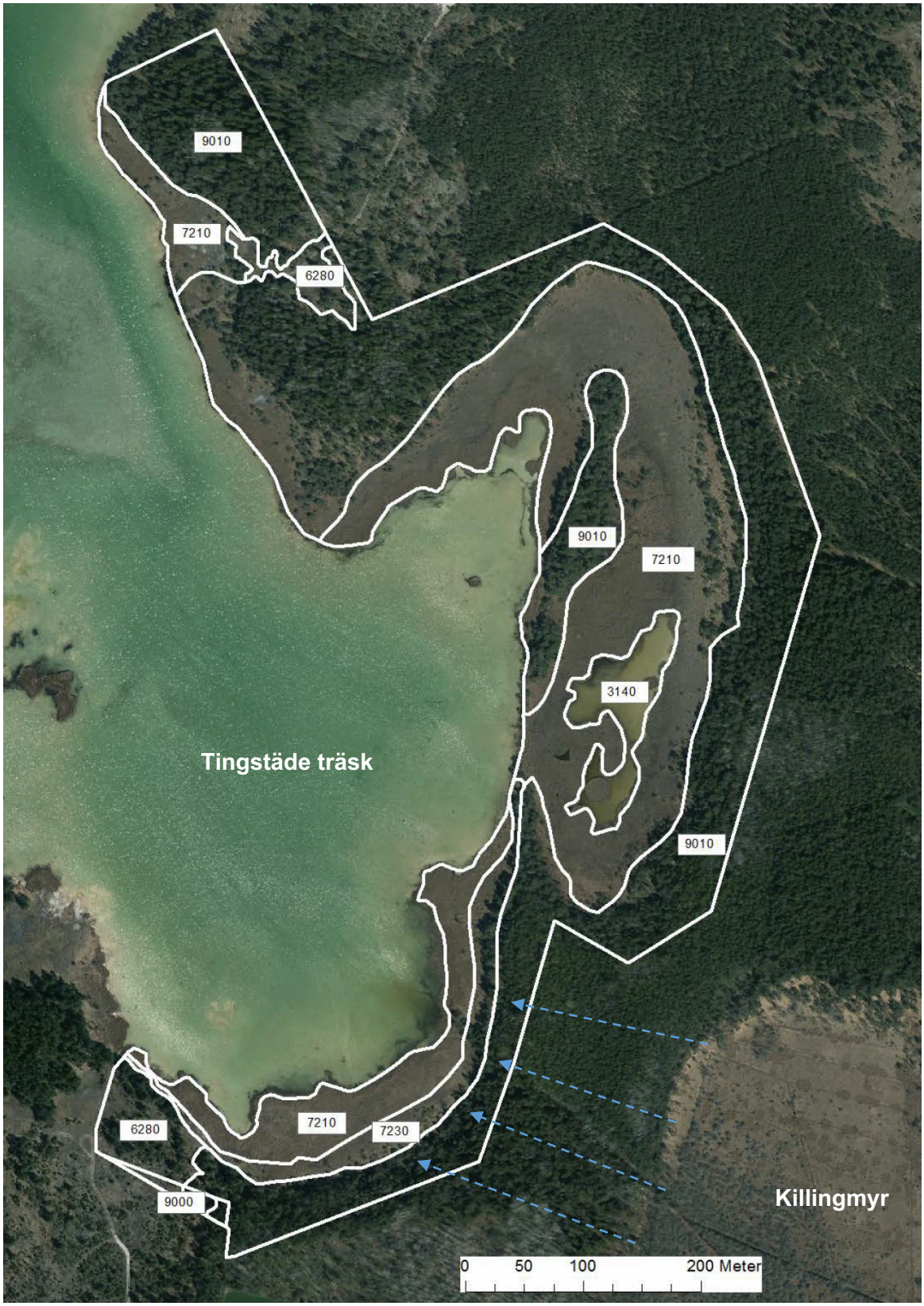
Figur 40. Bojsvätar Natura 2000-område där hydrologiskt känsliga naturtyper, vattendrag och avrinningsområden framgår.

Grodvät påverkas inte alls av förändrad grundvattenutträngning då huvuddelen av de hydrologiskt känsliga naturtyperna hänger samman med vattenståndet i Tingstäde träsk, vilket syns väl på kartan över naturtyper från bevarandeplanen (figur 42). Det finns ett mindre område med rikkärr längst i söder men det hänger hydrologiskt samman med ett avrinningsområde mot Hejnum hällar och förses framför allt av vatten från en närliggande invallad myr, Killingmyr.

Sammantaget medför den ansökta verksamheten på kort sikt obetydliga konsekvenser för Natura 2000-områden och de utpekade arterna och naturtyperna riskerar inte försämrad bevarandestatus.



Figur 41. Hejnum Kallgate samt Kallgatburg (infällt i bild) Natura 2000-område där hydrologiskt känsliga naturtyper, vattendrag och avrinningsområden framgår.



Figur 42. Grodvät Natura 2000-område där naturtyper från bevarandeplanen framgår. 7210 är agmyr och 7230 är beteckningen för rikkärr. Flödesriktningen från den invallade Killingmyr framgår av pilar (Redigerad från källa: Länsstyrelsen 2016a).

Konsekvenser på lång sikt

På lång sikt, när täkterna vattenfylls, uppstår större skillnader, även om de fortfarande är små i relativa termer. Återigen beräknas norra delen av Bojsvätar få störst förändring (tabell 6). Förändringen är positiv och innebär en ökning av grundvattenutträngningen med cirka 27 800 m^3 växttillgängligt vatten under vegetationsperioden jämfört med nuläget. Det motsvarar ett tillskott på knappt 0,4 % av växttillgänglig nederbörd. Det är främst rikkärr som berörs och tillskottet av grundvattenutträngning kommer att innebära att arealen rikkärr ökar med motsvarande areal, d.v.s. 0,4 %, vilket motsvarar 0,3 ha. Det är en positiv men liten förändring och medför små positiva konsekvenser. Väddnätfjäril påverkas inte.

Förändringen för norra Hejnum Kallgate (delavrinningsområde 5) ger ett tillskott på ca 6 800 m^3 vatten från grundvattenutträngning med vattenfylld täkt jämfört med nuläget. Det motsvarar ett tillskott på 0,35 % av växttillgänglig nederbörd. Det är främst rikkärr som berörs och tillskottet av grundvattenutträngning kommer att innebära att arealen rikkärr ökar med motsvarande areal, d.v.s. 0,35 %, vilket motsvarar 0,2 ha. Det är en positiv men liten förändring och medför små positiva konsekvenser. Den utpekade arten guckusko förekommer inom delavrinningsområdet och bedömningen är att en vattenfylld täkt medför små positiva konsekvenser för arten. Väddnätfjäril påverkas inte.

Övriga avrinningsområden förändras högst marginellt. Det förväntas inte ske några mätbara förändringar av naturtypernas areal, struktur och funktion eller för typiska arter. Utpekade arter förväntas inte beröras mer än obetydligt. Grodvät påverkas inte alls.

Det grundvattentillskott som uppstår i det ansökta alternativet på lång sikt jämfört med nuläget bedöms således medföra små positiva konsekvenser för rikkärr i Hejnum Kallgate och Bojsvätar samt små positiva konsekvenser för guckusko i Hejnum Kallgate. För övriga Natura 2000-områden och naturtyper och arter uppstår endast obetydliga konsekvenser. Ansökt verksamhet kommer inte att medföra någon försämring av bevarandestatus för utpekade naturtyper och arter i något Natura 2000-område.

Utvecklingen i nollalternativet

Vattenfyllnaden i nollalternativet innebär i princip samma effekter som det ansökta alternativet på lång sikt, d.v.s. en ökad grundvattenutträngning i jämförelse med nuläget. Detta är positivt för vissa arter och naturtyper, enligt vad som redovisats i föregående stycke. Förändringen är så liten att den inte förväntas vara mätbar i praktiken.

Jämförelser mellan ansökt alternativ och nollalternativet

Vid en jämförelse på *kort sikt*, d.v.s. cirka fyra år efter att det ansökta tillståndet tagits i anspråk respektive ca fyra år efter att länshållningen upphört i nollalternativet, kan grundvattenutträngningen i främst den norra delen av Bojsvätar och norra delen av Hejnum Kallgate förväntas vara marginellt större i nollalternativet än i det ansökta alternativet. Det kommer dock inte ha någon mätbar effekt på utpekade naturtyper eller arter.

Vid en jämförelse på *lång sikt*, d.v.s. vid en tidpunkt då täkterna är maximalt vattenfyllda i såväl det ansökta alternativet som i nollalternativet, finns det ingen skillnad – då medför de båda alternativen samma effekter på Natura 2000-områdena.

Vid en jämförelse mellan *ansökt alternativ på kort sikt och nollalternativet på lång sikt*, beräknas Bojsvätar ha en halv procent lägre vattentillgång genom minskad grundvattenutträngning i ansökt alternativ jämfört med nollalternativet (tabell 7). Motsvarande för norra delen av Hejnum Kallgate är 0,4 %. Förändringarna i övriga delavrinningsområden inom Natura 2000-områden är obetydliga. Ansökt alternativ medför på kort sikt obetydliga konsekvenser för de skyddade värdena i Natura 2000-områdena. Inte heller i nollalternativet på lång sikt bedöms några märkbara konsekvenser uppstå.

Tabell 7. Beräknat grundvattenbortfall under vegetationsperioden genom minskad grundvattenutströmning i förhållande till växttillgänglig nederbörd, vid en jämförelse mellan ansökt alternativ på kort sikt och nollalternativet på lång sikt.

Delavrinningsområde	Grundvattenbortfall (m^3)	Grundvattenbortfall (%)
2	-21 124	-1,641
5	-7 849	-0,401
7	-2 107	-0,132
2+5+7	-32 714	-0,485

9.5 Ytvattenavrinning

Effekter

Det är endast Natura 2000-området Bojsvätar som direkt kan påverkas av den ansökta verksamheten i form av minskad ytavrinning till följd av minskat avrinningsområde, se delavrinningsområde 2 i figur 39. Av den ansökta verksamheten vid File hajdar-täkten ligger ca 3,9 ha inom Vikeåns avrinningsområde (Bergab 2022). Den ansökta brytningen medför ingen förändring av flödesriktningen för ytvattnet i någon kvarvarande del i avrinningsområdet. Om endast direkt ytvattenpåverkan studeras, resulterar detta i att påverkan på Vikeåns avrinningsområde i princip motsvarar täktens utvidgning inom avrinningsområdet (3,9 ha) eftersom det utbrutna området kommer att tillhöra Aneråns avrinningsområde. Den procentuella minskningen av avrinningsområde för Vikeåns inflöde i Bojsvätar Natura 2000-område är 0,38 %.

Teoretiskt sett kan alla vattenregimer och därmed naturtyper påverkas av en minskad ytvattenavrinning. I Bojsvätar förekommer magasinstypen, drågtypen och grundvattentypen. Att också ta hänsyn till vad gäller känsligheten är att Bojsvätar har tillrinning från fler bäckar och avrinningsområden än från delavrinningsområde 2 mot File hajdar och det är en aspekt som minskar känsligheten.

I och med att File hajdar-täkten utvidgas kommer inläckaget av grundvatten till täkten att öka. Det ökade inläckaget kan bidra till att minska ytvattentillgången nedströms, så kallad indirekt ytvattenpåverkan. Den naturtyp som kan påverkas av den indirekta ytvattenpåverkan är naturtypen *mindre vattendrag*. Naturtypen förekommer i Bojsvätar, Hejnum Kallgate och Kallgatburg (figur 40 och 41). Effekten består av att flöden i bäckmiljöer kan öka eller minska.

Bergab (2022) har gjort beräkningar på den sammanlagda påverkan på uppåt- och nedåtriktade grundvattenflöden i den övre delen av bergmassan vid punktvisa in- och utflöden från olika delavrinningsområden (figur 43). Som grund för beräkningarna har den upprättade grundvattenmodellen använts (Holmén 2022).

Figur 43. Beräkningspunkter för direkt och indirekt ytvattenpåverkan inom Aneråns och Vikeåns avrinningsområde.

Konsekvenser på kort sikt

Med hänsyn till att avståndet mellan File hajdar-täkten och Bojsvätar Natura 2000-område är stort och att det saknas direkt anknytning med vattendrag från täkten till Bojsvätar hinner det mesta av ytvattnet under vegetationsperioden upptas av vegetation eller infiltreras till grundvatten långt innan det når Bojsvätar. En liten förändring med ett bortfall av 0,38 % av avrinningsområdet ändrar inte det förhållandet. Det kan också konstateras att den dikning och avvattning genom körskador och skogsbilväg som finns norr om och i Bojsvätar har en långt

större negativ inverkan på Bojsvätars vattenbalans. Bedömningen är därför att den ansökta verksamheten inte kommer att påverka direkta ytvattenflöden till Bojsvätar i förhållande till nuläget.

När det gäller konsekvenser av indirekt ytvattenpåverkan som gäller naturtypen *mindre vattendrag* har minskningar i månadsmedelvärden beräknats för flera flödespunkter i Bojsvätar, Hejnum Kallgate och Kallgatburgs Natura 2000-områden.

Störst påverkan är det vid inflödet till Bojsvätar. Här visar beräkningarna att månadsmedelflödet minskar i bäcken med ca 0–0,9 l/s, eller 0,4–0,9 %, för den ansökta verksamheten jämfört med nuläget (Bergab 2022). Grundvattenbortfallet varierar under året och angivna intervall avser månader med minst respektive störst bortfall. Konsekvenserna av minskningen bedöms som små eftersom bortfallet i vattenföring är mycket liten i faktiskt flöde med som mest knappt en liter per sekund. Det faktiska flödesbortfallet är som störst under vintermånaderna när det råder höga flöden överlag. På samma sätt sker det minsta flödesbortfallet under sommarmånaderna då flödet är lågt eller obefintligt. Den procentuella flödespåverkan är störst under sommarmånaderna då flödena är låga. I konsekvensbedömningen tas hänsyn till att bäcken redan i nuläget torkar upp under sommaren. Den flora och fauna som är knuten till *mindre vattendrag* är därför redan anpassad till återkommande uttorkning och saknar således arter som kräver kontinuerlig vattenföring. Av den anledningen kommer den något mindre vattenföringen i Bojsvätar inte orsaka något annat än små till obetydliga konsekvenser för den ansökta verksamheten i jämförelse med nuläget.

Hejnum Kallgate omfattas inte av någon direkt ytvattenpåverkan från den ansökta verksamheten men däremot finns en indirekt ytvattenpåverkan. Hejnum Kallgate är ett geografiskt stort område och den indirekta ytvattenpåverkan skiljer sig åt mellan olika delar av området. Vissa delar i söder påverkas exempelvis inte alls. För att ge en överskådlig beskrivning av indirekt ytvattenpåverkan har beräkning av vattenföring utförts av Bergab (2022) i fem punkter vid vattendrag inom Hejnum Kallgate, se punkterna 4–8 i figur 43. Beräkningarna av grundvattenbortfall av den ansökta verksamheten på kort sikt uppgår till som högst 0,2 l/s i månadsmedelvattenföring, jämfört med nuläget. För punkterna 4, 6, 7 och 8 är det beräknade grundvattenbortfallet i praktiken noll som månadsmedel för samtliga månader. Vid beräkning av flödespåverkan i beräkningspunkterna med den upprättade vattenbalansmodellen blir den procentuella påverkan i praktiken noll som månadsmedel för samtliga månader i alla punkter. Detta beror på att grundvattenbortfallen är betydligt mindre än ytvattenflödena.

Inte heller Kallgatburg omfattas av någon direkt ytvattenpåverkan från den ansökta verksamheten. Beräkningarna av indirekt ytvattenpåverkan visar att den ansökta verksamheten på kort sikt inte medför något grundvattenbortfall jämfört med nuläget.

Inga utpekade arter är särskilt beroende av *mindre vattendrag* i något av Natura 2000-områdena.

Sammantaget medför den ansökta verksamheten på kort sikt små till obetydliga konsekvenser för Bojsvätar och Hejnum Kallgate och obetydliga konsekvenser för Kallgatburg. Bevarandestatusen riskerar inte att försämras för några utpekade arter och naturtyper.

Konsekvenser på lång sikt

I ansökt alternativ på lång sikt, när täkterna i efterbehandlingsskedet har vattenfyllts, kvarstår bortfallet av 3,9 ha av Vikeåns avrinningsområde vilket ger samma konsekvenser som på kort sikt.

När det kommer till effekter av indirekt ytvattenpåverkan efter avslutad täktverksamhet beräknas den vattenfyllda täkten ge upphov till ett grundvattentillskott och detta är i grunden positivt för naturtypen *mindre vattendrag*.

Vid inflödet till Bojsvätar uppgår flödesökningen till ca 0,1–1,8 l/s vilket är en marginell ökning jämfört med nuläget. Trots flödesökningen kommer det vara vanligt att bäcken i Bojsvätar torkar ut under sommaren. Den ansökta verksamheten medför på sikt små positiva konsekvenser för naturtypen mindre vattendrag i Bojsvätar jämfört med nuläget.

Beräkningarna av grundvattentillskott i Hejnum Kallgate uppgår till som högst 0,8 l/s som månadsmedelvattenföring. För punkterna 6 och 8 är det beräknade grundvattentillskottet i praktiken noll som månadsmedel för samtliga månader.

Beräknade månadsmedelvattenföringar och flödesdifferenser för Kallgatburg kommer att öka med ca 0–0,05 l/s, eller 0–1,8 %, beroende på månad som studeras.

Varken Kallgatburg eller Hejnum Kallgate tillförs några betydande mängder vatten på lång sikt vilket medför att konsekvenserna är obetydliga i jämförelse med nuläget.

Sammanfattningsvis medför den ansökta verksamheten på lång sikt, genom flödesökningar i naturtypen *mindre vattendrag,* små positiva konsekvenser i Bojsvätar medan de är obetydliga i Hejnum Kallgate och Kallgatburg i jämförelse med nuläget. Någon förändring av bevarandestatus för utpekade arter och naturtyper sker inte i något av Natura 2000-områdena.

Utvecklingen i nollalternativet

Vattenfyllnaden i nollalternativet innebär i princip samma effekter som det ansökta alternativet på lång sikt, d.v.s. en successiv ökning av indirekt ytvattenflöde i jämförelse med nuläget, vilket inte förväntas leda till någon mätbar förändring vad gäller utpekade arter eller naturtyper.

Jämförelser mellan ansökt alternativ och nollalternativet

Vid en jämförelse på *kort sikt*, d.v.s. cirka fyra år efter att det ansökta tillståndet tagits i anspråk respektive ca fyra år efter att länshållningen upphört i nollalternativet, är Vikeåns avrinningsområde 3,9 ha mindre i det ansöka alternativet jämfört med nollalternativet. Vidare ger den ansökta verksamheten upphov till en viss indirekt, negativ ytvattenpåverkan på Natura 2000-områdena i det ansökta alternativet, samtidigt som nollalternativet istället ger upphov till en viss indirekt, positiv ytvattenpåverkan på Natura 2000-områdena. Ytvattenpåverkan kommer varken i det ansökta alternativet eller nollalternativet ha någon mätbar betydelse för utpekade arter eller naturtyper.

Vid en jämförelse på *lång sikt*, d.v.s. vid en tidpunkt då täkterna är maximalt vattenfyllda i såväl det ansökta alternativet som i nollalternativet, är Vikeåns avrinningsområde fortfarande 3,9 ha mindre i det ansöka alternativet jämfört med nollalternativet. De vattenfyllda täkterna kommer ge upphov till en viss indirekt, positiv ytvattenpåverkan på Natura 2000-områdena. Det kommer dock inte ha någon mätbar betydelse för utpekade arter eller naturtyper.

Vid en jämförelse mellan *ansökt alternativ på kort sikt och nollalternativet på lång sikt*, är Vikeåns avrinningsområde 3,9 ha mindre i det ansöka alternativet jämfört med nollalternativet. Som framgår ovan, har inte detta någon betydelse för utpekade arter eller naturtyper.

Vid en jämförelse mellan *ansökt alternativ på kort sikt* och *nollalternativet på lång sikt*, beräknas indirekt ytvattenflöde att vara marginellt mindre på sommaren och 1-2 % lägre vintertid i det ansökta alternativet jämfört med nollalternativet. I det ansökta alternativet uppstår på kort sikt viss indirekt, negativ ytvattenpåverkan på Natura 2000-områdena. I nollalternativet på lång sikt uppstår en viss positiv påverkan. Inte i något fall bedöms förändringarna ha någon betydelse för utpekade arter eller naturtyper.

9.6 Förändrade grundvattennivåer

Effekter

I Hejnum Kallgate och Kallgatburg ligger grundvattennivåerna under vegetationsperioden långt under den biologiskt aktiva rotzonen, vilket också visats genom mätningar i grundvattenrör i berg (t.ex. borrhålen BH 2001 och BH 1801 i figur 22 och 23). I Bojsvätar är skillnaden mindre – i borrhål 2004 ligger grundvattenytan ungefär 5 m under marknivå under lågvattenperioden i juli.

Ekosystemen har anpassat sig till den rådande hydrologiska situationen och därför utgörs huvuddelen av våtmarkerna inom de studerade Natura 2000-områdena av vegetation som inte är beroende av ett högt grundvattenstånd. Våtmarkerna domineras av rikkärrstyper med knapp- och axagkärr och dessa vegetationstyper är typiska för soligena kärr. Både de norra delarna av Hejnum Kallgate och Bojsvätars domineras också av vattenregim av drågtyp som finns utbildad i ett svagt sluttande bäcken med en lutning på 0,25–0,5%. I Bojsvätars södra delar, i den del som kallas Västers träsk och som består av ett sedan tidigare utdikat träsk, finns större partier med agmyr. Denna del ligger också lågt, ca +8 m.ö.h. och här förekommer den enda vattenregimen av grundvattentyp inom undersökta Natura 2000-områden vid Kallgate. Denna del ligger dock på ett så stort avstånd från File hajdar-täkten att den inte påverkas.

Grodvät, som ligger med direkt hydrologisk kontakt med Tingstäde träsk, är per definition en grundvattenberoende vattenregim. Träskets vattenyta reglerar direkt vegetationens svämning och varaktighet av svämning. Tingstäde träsk påverkas dock inte av den ansökta verksamheten och följaktligen inte Grodvät heller.

Konsekvenser på kort sikt

Inga naturtyper som är beroende av vattenregimer med högt grundvattenstånd under vegetationsperioden förekommer inom de delar av Hejnum Kallgate, Kallgatburg och Bojsvätar som kan påverkas. Förändringarna på kort sikt innebär att grundvattennivån kommer att sänkas något men denna sänkning ger ingen effekt på våtmarkerna eftersom sänkningen sker långt under markytan och utanför biologiskt aktiv zon.

Sammantaget medför den ansökta verksamheten på kort sikt obetydliga konsekvenser för Natura 2000-områden, och bevarandestatusen för utpekade arter och naturtyper påverkas inte.

Konsekvenser på lång sikt

Vattenfyllnaden av täkterna innebär höjda grundvattennivåer som därmed kommer att ligga närmare markytan under vegetationsperioden än idag. Nivåerna beräknas dock fortfarande ligga långt under markytan i norra Hejnum Kallgate och Kallgatburg vilket gör att påverkan blir obetydlig.

Norra delen av Bojsvätar är det Natura 2000-område som kan påverkas och som har grundvattennivåer närmast markytan. I dagsläget visar uppmätta värden att grundvattennivån ligger ca 5 m under markytan i lågvattensituationen. I den lokala grundvattenmodell som tagits fram för Bojsvätar kan grundvattennivåerna i berg öka med ett par meter, vilket är mycket men inte tillräckligt för att förändra vegetationen. Det kan dock med tanke på ökad vattenmättnad och i samband med nederbördsrika perioder inte uteslutas att det blir längre perioder med grundvattenstånd som ligger ytnära under vegetationsperioden. Det i sin tur kan innebära en viss risk för att de blötaste partierna av rikkärren övergår i agmyr. Några arealförändringar är dock inte troliga eftersom det bedöms ske en samtidig ökning av rikkärrsarealen till följd av ökad grundvattenutträngning, se avsnitt 9.4. Det som också talar emot en sådan utveckling är att övre delen av Bojsvätar fortfarande är ett soligent kärr och att en förändring av vegetationen därmed skulle begränsas till de lokala lågpunkterna. Flera av dessa har redan idag agmyrinslag vilket gör att det i praktiken troligen kommer att ske mycket små förändringar. Det finns också

möjliga åtgärder att vidta i framtiden om det skulle visa sig att våtmarkerna får ett alltför ytnära berggrundvatten. Sådana åtgärder kan bestå av att fördröja vattnets väg uppströms och att reglera vattennivåer i täkterna.

Sammantaget medför den ansökta verksamheten på lång sikt med vattenfyllda täkter högre berggrundvattennivåer vilket medför små negativa till obetydliga konsekvenser för Natura 2000-områden. De små negativa konsekvenserna uppstår i Bojsvätar till följd av en liten risk att rikkärr kan övergå i agmyr. Om en sådan situation skulle uppstå finns åtgärder att vidta och därför bedöms bevarandestatusen för utpekade arter och naturtyper inte försämras för något Natura 2000-område.

Jämförelser mellan ansökt alternativ och nollalternativet

Vid en jämförelse på *kort sikt*, d.v.s. cirka fyra år efter att det ansökta tillståndet tagits i anspråk respektive ca fyra år efter att länshållningen upphört i nollalternativet, kan grundvattennivåerna i Natura 2000-områdena förväntas vara högre i nollalternativet än i det ansökta alternativet. Det kommer dock inte ha någon mätbar effekt på utpekade naturtyper eller arter.

Vid en jämförelse på *lång sikt*, d.v.s. vid en tidpunkt då täkterna är maximalt vattenfyllda i såväl det ansökta alternativet som i nollalternativet, finns det ingen skillnad – då medför de båda alternativen samma effekter på Natura 2000-områdena vad gäller höjda grundvattennivåer.

Vid en jämförelse mellan *ansökt alternativ på kort sikt och nollalternativet på lång sikt*, kommer grundvattennivåerna i Natura 2000-områdena vara lägre i det ansökta alternativet jämfört med nollalternativet. Denna skillnad spelar i praktiken ingen roll eftersom grundvattennivåerna i berg befinner sig långt under rotzoner och biologiskt aktiv zon.

9.7 Kumulativa effekter

De pågående verksamheter som potentiellt kan ge upphov till kumulativa hydrologiska effekter på de aktuella Natura 2000-områdena är befintliga vattentäkter (privata brunnar och kommunal vattentäkt), effekter av Cementas historiska täktverksamhet samt skogsbruksåtgärder. Vattentäkter och täktverksamhet påverkar främst grundvattennivåer medan skogsbruksåtgärder i form av markavvattning och avverkning främst påverkar ytvattenavrinning. Cementa känner inte till några ytterligare planerade verksamheter som kan bidra med ytterligare kumulativa effekter gällande aktuella Natura 2000-områden. Att konsekvenserna överlag är små och att verksamheten över tid inte har påverkat bevarandestatusen för arter och naturtyper i Natura 2000-områden stämmer med den förändringsanalys som tidigare redovisats. Den uppvisar inga tydliga skillnader som skulle kunna hänföras till hydrologisk påverkan.

Den påverkan på grundvattennivåer som den kommunala grundvattentäkten i Dyhagen ger upphov till ingår i beräkningar och i redovisningar av Cementas påverkan på grundvatten. Detta innebär att det redan tagits hänsyn till de kumulativa effekterna av Cementas och kommunens verksamhet.

Vad gäller ytvattenavrinning bedöms inga kumulativa effekter uppstå på kort sikt.

På lång sikt, när täkterna är vattenfyllda, är det tänkbart att det kan uppstå vissa kumulativa effekter av en ställvis ökad grundvattenutträngning till följd av vattenfyllnaden av täkterna tillsammans med dämmande effekter av skogsbruksåtgärder i form av körskador. Sådana kumulativa effekter skulle alltså innebära att det blir blötare inom vissa områden. Detta kan medföra konsekvenser för exempelvis rikkärr. Sådana kumulativa effekter kan dock enkelt undvikas genom att körskador åtgärdas.

På lång sikt kan det även tillkomma andra faktorer som påverkar bevarandevärdena i Natura 2000-områdena, exempelvis ett ändrat nederbördsmönster till följd av ett ändrat klimat eller

ändrad skötsel av områdena. Sådana faktorer kan antingen förstärka eller motverka effekterna av de vid detta laget vattenfyllda täkterna (vad gäller olika naturtypers utveckling), eller så uppstår inga kumulativa effekter alls.

9.8 Sammanfattande slutsatser kring bevarandestatus

Den ansökta verksamheten medför sammanfattningsvis små till obetydliga konsekvenser oavsett om det handlar om lång eller kort sikt i jämförelse med nuläget. Den ansökta verksamheten medför inte heller att några arter eller naturtyper får försämrad bevarandestatus.

De enda konsekvenser som uppstår på *kort sikt* av den ansökta verksamheten jämfört med nuläget rör ytvattenpåverkan i Bojsvätar och i norra delen av Hejnum Kallgate. Påverkan berör naturtypen *mindre vattendrag* och består av ett något mindre indirekt ytvattenflöde. Konsekvenserna av minskningen är små negativa. Bevarandestatusen för naturtypen försämras inte till följd av ansökt verksamhet.

De konsekvenser som kan uppstå på *lång sikt* av den ansökta verksamheten jämfört med nuläget rör ytvattenpåverkan och grundvattenutträngning i Hejnum Kallgate och Bojsvätar samt grundvattenstånd i enbart Bojsvätar:

- En smärre ökning av indirekt ytvattenflöde i Hejnum Kallgate och Bojsvätar till följd av att täkterna vattenfylls innebär små positiva konsekvenser för naturtypen mindre vattendrag vid en jämförelse mellan ansökt alternativ på sikt och nuläget.
- Ökade grundvattenstånd i Bojsvätar innebär små positiva konsekvenser för naturtypen agmyr samt små negativa konsekvenser för naturtypen rikkärr vid en jämförelse mellan ansökt alternativ på sikt och nuläget.
- Ökad grundvattenutträngning i Bojsvätar och Hejnum Kallgate innebär små positiva konsekvenser för naturtypen rikkärr vid en jämförelse mellan ansökt alternativ på sikt och nuläget.
- Ökad grundvattenutträngning i Hejnum Kallgate innebär små positiva konsekvenser för arten guckusko vid en jämförelse mellan ansökt alternativ på sikt och nuläget.

De risker som kan finnas på sikt med vattenfyllda täkter kan åtgärdas i framtiden om det skulle bli aktuellt.

Ovanstående konsekvenser sammanfattas i tabell 8.

Tabell 8. Sammanfattande konsekvenser för arter och naturtyper i samtliga Natura 2000-områden där den sökta verksamheten på kort sikt (efter fyra års brytning) respektive lång sikt (när täkterna har efterbehandlats och fyllts med vatten) jämförs med nuläget (oktober 2021). Ifyllda celler i tabellen innebär att det finns en positiv eller negativ konsekvens för en naturtyp eller art. Positiv konsekvens framgår med ett ”+” och negativ med ett ”–”. Även typ av påverkan framgår. Samtliga konsekvenser i tabellen är små vilket medför att bevarandestatus inte försämras för någon naturtyp eller art.

Art/naturtyp (EU-kod)	Konsekvenser på bevarandestatus på kort sikt	Konsekvenser på bevarandestatus på lång sikt
Bojsvätar:		
Mindre vattendrag (3260)	– Ytvattenpåverkan	+ Ytvattenpåverkan
Fuktängar (6410)		
Agmyr (7210)		+ Grundvattenstånd
Rikkärr (7230)		– Grundvattenstånd + Grundvattenutträngning
Taiga (9010)		
Väddnätfjäril (1065)		
Hejnum Kallgate:		
Mindre vattendrag (3260)	– Ytvattenpåverkan	+ Ytvattenpåverkan
Fuktängar (6410)		
Agmyr (7210)		
Kalktuffkällor (7220)		
Rikkärr (7230)		+ Grundvattenutträngning
Väddnätfjäril (1065)		
Guckusko (1902)		+ Grundvattenutträngning
Kallgatburg		
Mindre vattendrag (3260)		
Fuktängar (6410)		
Agmyr (7210)		
Kalktuffkällor (7220)		
Rikkärr (7230)		
Grodvät		

Referenser

Skriftliga

Antonson, H., Blomqvist, G. & Gustafsson, M. 2002. *Bedömning av skada på bevarandeintressen*. VTI meddelande 937.

Askling, J., Koffman, A. Lundkvist, E. & Sandsten, H. 2011. *Projekt slussen – Ny reglering av Mälaren – Konsekvensbedömning av strandnära naturmiljön*. Calluna AB, Stockholm.

Askling, J., Franzén, M., Kindvall, O. & Svahn, K. (2017). *Väddnätfjäril på File hajdar –Artskyddsutredning inför utökad kalkbrytning*. Calluna AB.

Askling, J. 2017. *PM indirekt påverkan på naturvärden i utökningsområden för Natura 2000*. Calluna AB.

ArtDatabanken 2015. *Rödlistade arter i Sverige 2015*. ArtDatabanken SLU, Uppsala.

ArtDatabanken 2020. *Rödlistade arter i Sverige 2205*. ArtDatabanken SLU, Uppsala.

Bergab 2022. *Cementa AB, Slite - PM ytvatten för ansökan om tillstånd för fortsatt täktverksamhet och vattenbortledning m.m. i Slite, Region Gotland.* Bergab.

Boyer M.L.H., Wheeler B.D. 1989. *Vegetation patterns in spring-fed calcareous fens: calcite* precipitation *and constrains on fertility*. J. Ecol. 77: 597-609.

Buczek, A. 2005. *Siedliskowe uwarunkowania, ekologia, zasoby i ochrona kloci wiechowatej Cladium mariscus (L.) POHL. W makroregionie Lubelskim*. Acta Agrophysica 2005 (9).

Conradi, T. & Friedmann, A. 2013. *Plant communities and environmental gradients in mires of the Ammergauer Alps (Bavaria, Germany)*. Tuexenia 33: 133–163.

Curtis, T., Downes, S. & Chatain, B. N. 2009. *The ecological requirements of water-dependent habitats and species designated under the habitats directive*. Proceeding of the Royal Irish Academy. 109:261-319.

de Jong, J., Oscarsson, A. & Lundmark, G. 2004. *Hur behandlas biologisk mångfald i MKB?* CBM – Centrum för biologisk mångfald, SLU, Uppsala.

Du Rietz, G.E. 1949: *Huvudenheter och huvudgränser i svensk myrvegetation*. Svensk Botanisk Tidskrift 43: 274-309.

Eliasson, C. U. 2008. *Åtgärdsprogram för väddnätfjäril 2008-2012*. Rapport 5920, Naturvårdsverket.

Golder 2017. *Cementa Slite Grundvattenmodell 2017*.

Gustafsson, L. & Ahlén, I (red). 1996. *Växter och djur – Sveriges nationalatlas*. Sveriges Nationalatlas Förlag.

Hájek M. & Hekera P. (2004): *Can seasonal variation in fen water chemistry influence the reliability of vegetation-environment analyses?* – Preslia 76: 1-14.

Hájek, M., Horsak, M., Hájková, P. & Ditě, D. 2006. *Habitat diversity of central European fens in relation to environmental gradients and an effort to standardise fen terminology in ecological studies.* Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst., 8, 97–114.

Holmén J. 2022. *Cementa, Slite – Grundvattenmodell för ansökan om utökade täkter 2022*. WSP-Golder.

Holmén J. & Eng J. 2022. *Hydrogeologisk utredning inför ansökan om tillstånd för täktverksamhet.* WSP-Golder.

Horsak, M. & Hájek, M. 2003. *Composition and species richness of molluscan communities in relation to vegetation and water chemistry in the Western Carpathian spring fens: The poor–rich gradient.* Journal of moll. stud. 69:349-357.

Horsák M. 2006 *Mollusc community patterns and species response curves along a mineral richness gradient: a case study in fens* Journal of Biogeography, Volume 33: sid 98–107.

Ilomets, M. Truus, L. Pajula, R. & Sepp, K. 2009. *Species composition and structure of vascular plants and bryophytes on the water level gradient within a calcareous fen in North Estonia*. Estonian Journal of Ecology, 59:19-38.

Jimenez-Alfaro, B. Hajek, M. Ejrnaes, R. Rodwell, J. Pawlikowski, P. Weeda, E. J. Laitinen, J Moen, A. Bergamini, A. Aunina, L. Sekulova, L. Tahvanainen, T. Gillet, F. Jandt, U. Dıte, D. Hajkova, P Corriol, G. Kondelin H. & E. Dıaz T. E. 2013. *Biogeographic patterns of base-rich fen vegetation across Europe.* Applied Vegetation Science 17:367-380.

Jones, W., K., 2013. *Physical Structure of the epikarst*. Acta Carsologica 42, 311 – 314.

Karlsson, H. 2009. *Förslag till vattenregim för återskapandet av en agdominerad våtmark i Sjöstorps naturreservat, norra Öland*. Examensarbete i biologi. Naturvetenskapliga institutionen, Högskolan i Kalmar.

Keddy, P.A. 2000*. Wetland Ecology. Principles and conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.

Kull, T. (1997) *Population dynamics in Cypripedium calceolus L. Dissertationes Biologicae Universitatis Tartuensis* 24. Tartu University Press, Tartu, Estonia.

Kull, T. (1999). *Cypripedium calceolus L.* Journal of Ecology, 87:913-924.

Kull, T. (2008) *Fruit-set and recruitment in populations of Cypripedium calceolus L. in* Estonia Botanical Journal of the Linnean Society, 126:27–38.

Lundin, L., 1977: *Grundvattnets vägar i moränmark*. Vannet i Norden, Nr 2.

Länsstyrelsen Gotlands län 2016a. *Bevarandeplan för Natura 2000-område Grodvät SE0340141.*

Länsstyrelsen Gotlands län 2016b. *Bevarandeplan för Natura 2000-område Tiselhagen SE0340066.*

Länsstyrelsen Gotlands län 2018a. *Bevarandeplan för Natura 2000-område Kallgatburg SE0340103.*

Länsstyrelsen Gotlands län 2018b. *Bevarandeplan för Natura 2000-område Filehajdar SE0340111.*

Länsstyrelsen Gotlands län 2019a. *Bevarandeplan för Natura 2000-område Bojsvätar SE0340118.*

Länsstyrelsen Gotlands län 2019b. *Bevarandeplan för Natura 2000-område Hejnum Kallgate SE0340147.*

Länsstyrelsen Gotlands län 2017. *Beslut: Miljöpåverkan från planerad täktverksamhet och vattenverksamhet på fastigheten Othem Österby 1:229 i Gotlands kommun.* Dnr 551-2098-2016, Länsstyrelsen Gotlands län.

Löfroth, M. 1991. *Våtmarkerna och deras betydelse*. Naturvårdsverket, Stockholm.

Löfroth, M. 1997. *Svenska naturtyper i det europeiska nätverket Natura 2000*. Naturvårdsverket, Stockholm.

Martinsson, M. 1997. *Våtmarker på Gotland, del 1*. Rapport nr 8-1997, Livsmiljöenheten, Länsstyrelsen Gotlands län.

Martinsson, M. 2008. *Rikkärr på Gotland*. Rapporter om natur och miljö 2008:2, Länsstyrelsen Gotlands län, Visby.

McBride, A., Diack, I., Droy, N., Hamill, B., Jones, P., Schutten, J., Skinner, A. & Street, M. (eds) 2011. The Fen Management Handbook. Scottish Natural Heritage, Perth.

MKB-centrum 2007. *Biologisk mångfald i miljökonsekvensbeskrivningar och strategiska miljöbedömningar*, Rapport 4/2007.

Mälson, K., Backeus, I. & Rydin, H. 2008. *Long-term effects of drainage and initial effects of hydrological restoration on rich fen vegetation*. Appl. Veget. Sci., 11, 99.106.

Naturvårdsverket 2003. *Trana – Natura 2000, Art- och naturtypsvisa vägledningar.* Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket 2007. *Myrskyddsplan för Sverige, delrapport: Objekt i Götaland*. Rapport 5670, Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket 2007. *Hållbar sanering – Modeller för transport och spridning av föroreningar fas 2*. Rapport 5692.

Naturvårdsverket 2017. *Förutsättningar för prövningar och tillsyn i Natura 2000-området*. Handbok 2017:1, utgåva 1, Naturvårdsverket.

Nitare, J. 2009. *Åtgärdsprogram för kalktallskogar 2009-2013*. Rapport 5967, Naturvårdsverket.

Norman, H., Säwenfalk, D.S., Kindvall, O. och Askling, J. (2022). *Artskyddsutredning för apollofjäril, svartfläckig blåvinge och väddnätfjäril vid File hajdar.* Calluna AB.

Påhlsson, L. (red). 1998: *Vegetationstyper i Norden*. TemaNord 1994:665. Nordiska Ministerrådet, Köpenhamn.

Rydin, H., Sjörs, H. & Löfroth, M. 1999. *Mires.* In Rydin, H., Snoeijs, P. & Diekmann, M. 1999 (Eds). *Swedish plant geography.* Acta Phytogeographica Suecica 84:91-112.

Sjörs, H. (1967). *Nordisk växtgeografi*. Scandinavian university books, 99-0103642-9 (2. uppl.). Stockholm: Svenska bokförlaget (Bonnier).

Sjörs H. & Gunnarsson U. (2002): *Calcium and pH in north and central Swedish mire waters.* – J. Ecol. 90: 650-657.

SGI, (2008). *Jords egenskaper*. SGI, Linköping.

SGU 2022. *Karaktärisering av karst på Gotland – en pilotstudie på mellersta Gotland.*

SLU 2020. *Sveriges arter och naturtyper I EU:s art- och habitatdirektiv – Resultat från rapportering 2019 till EU av bevarandestatus 2013-2018*. Naturvårdsverket.

SOU: 2006:94. *Översvämningshot – Risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaren och Vänern.*

Sundberg, S. 2006. *Åtgärdsprogram för bevarande av rikkärr.* Rapport 5601, Naturvårdsverket.

Thorsbrink, M., Dahlqvist, P., Holgersson, B. & McCarthy, J. 2016. *Geologins betydelse för grundvattenberoende ekosystem.* SGU rapport 2016:11, SGU, Uppsala.

Werner, K. & Collinder, P. 2011. *Grundvattenberoende ekosystem – Översiktlig klassificering av känslighet och värde för svenska naturtyper och arter inom nätverket Natura 2000*. SGU.

Werner, K. & Collinder, P. 2014. *Grundvattenkemiberoende ekosystem – Översiktlig klassificering av känslighet för svenska naturtyper inom nätverket Natura 2000.* SGU.

Werner, K. & Collinder, P. 2015. *Grundvattenberoende ekosystem – Förslag på orioritering av svenska naturtyper inom nätverket Natura 2000.* SGU, dnr 423-1298/2015.

Wheeler, B.D., Gowing, D.J.G., Shaw, S.C., Mountford, J.O. and Money, R.P. 2004. In A.W. Brooks, P.V. José and M.I. Whiteman (eds), *Ecohydrological guidelines for lowland wetland plant communities. Final report*. Peterborough. Environment Agency.

Wheeler, B.D. & Proctor, M. C. F. 2000. *Ecological gradients, subdivisions and terminology of north-west European mires.* Journal of Ecology 88:187-203.

Whiteman, P. J., Grout, M., Brooks, A., Quinn, S. & Acreman, M. 2004. *Local impact assessment of wetlands – from hydrological impact to ecological effects.* Hydrology: Science and practice for the 21 century, vol 2.

Williams, P., W., 2008. *The role of epikarst and cave hydrogeology – a review*. International journal of speleology 37, 1 – 10.

Wołejko L., Stańko R., Ruta R., Horabik D., Gawroński D., Gawrońska A., Kwaśny Ł. 2015. D*okumentacja i plan ochrony rezerwatu "Bukowskie Bagno". Klub Przyrodnik.w, Świebodzin (Ms.)*. Access on 15.12.2018. [http://alkfens.kp.org.pl/wp-content/uploads/2018/09/ Bukowskie-Bagno_Plan-Ochrony-projekt.pdf].

Andra källor

Artdatabanken (2017). *Artfakta*. [online] Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Var-natur/Skyddad-natur/Natura-2000/> [2018-08-21]

Bilaga 1. Inventering av landsnäckor

Undersökning av landmolluskfaunan i rikkärr i området File hajdar – Hejnum Kallgate på norra Gotland 2021

Ted von Proschwitz
Göteborgs Naturhistoriska Museum, 2021

Inledning

På uppdrag av Calluna AB undersöktes under juli 2021 landmolluskfaunan på åtta rikkärrslokaler (varav två referenslokaler) i området File hajdar – Hejnum Kallgate. Inventeringarna 2021 är en del av ett kontrollprogram i området. Administrerat av Calluna för Cementa AB.

Gotlands landmolluskfauna

För en översikt av Gotlands landsnäcksfauna, med information om arternas ekolog hänvisas till von Proschwitz (2014a), för sötvattenssnäckorna till von Proschwitz (2014b). För vissa speciella arter, främst rikkärrsarter på Gotland se von Proschwitz (1988, 2010).

Metodik

Provtagningen genomfördes med kvantitativ sållningsmetodik. En 40 m lång provtagningslinje (transekt) lades ut i biotopen så att den väl täckte in dennas karaktär. Kompassriktningen för transekten från utgångspunkten bestämdes för att provtagningen ska bli exakt identisk vid nästa provtagningstillfälle. På linjen väljs slumpmässigt 10 rutor om 2,5 x 2,5 m ut. Inom varje sådan ruta väljs sedan en småruta om 25 x 25 cm ut, och i den sållas all markförna genom ett förnasåll med maskvidd 1-0,5 cm. Det sammanslagna sållgodset från smårutorna tas in på laboratoriet för torkning. Varefter det fraktioneras och snäckorna plockas ut manuellt med pincett under förstoringsglas. Sållprovstagningen kompletteras i fält med bankning av förna i metallbunke och direktinsamling i biotopen. Snäckorna artbestäms och klassificeras i levande/tomskal. Arternas förekomst anges med relativa abundansvärden enligt nedan:

\+ = endast tomskal
1 = 1
2 = 2-9
3 = 10-99
4 = 100-999

En enkel kolorimetisk pH-mätning med universalindikatorvätska gjordes på det våta sållprovet. Värdena redovisas nedan i kvartssteg (eg. 6; >6; 6,5; >7; 7 etc.).

Undersökta lokaler

Provyta: 1
Undersökningsdatum: 2021-07-13
Läge: Othem s:n, File hajdar, ca 2,06 km VSV om p.23 [Kontrollyta]
Koordinater: RT90 6402971 / 1672367
Metodik: Kvantitativ sållning på transekt
Transektens riktning: 60˚
Provtagna kvadrater: 3, 5, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 22, 32
pH: 7
Biotop: Flackt rikkärr med talrika martallar, enbuskar, brakved. Hård kalklerbotten. Spridda låga tallar. Blåtåtel, lågstarrarter, blodrot, ängsvädd, talrika orkidéer. Ställvis helt öppna kalkblekeytor med alger, kalklerslam. I övrigt brunmossor. God hydrologi, på flera ställen stående vatten.

Art	Relativ frekvens	Anmärkning
Quickella arenaria [rödskalig bärnstenssnäcka]	+	
Cochlicopa lubricella [mindre agatsnäcka]	1	
Vertigo pygmaea [ängsgrynsnäcka]	1	
Vertigo substriata [strimgrynsnäcka]	+	
Pupilla pratensis [kärrpuppsnäcka]	2	
Vallonia pulchella [ängsgrässnäcka]	2	
Punctum pygmaeum [punktsnäcka]	+	
Nesovitrea hammonis [strimglanssnäcka]	2	
Fruticicola fruticum [busksnäcka]	+	
Cepaea hortensis [trädgårdssnäcka]	+	

Antal funna arter: 10
Antal levande funna arter: 5

Kommentarer till faunan och biotopen: Exklusiva rikkärrsarter är *Quickella arenaria* (rödskalig bärnstenssnäcka) och *Pupilla pratensis* (kärrpuppsnäcka). Till hygrofilerna får även *Vallonia pulchella* (ängsgrässnäcka) räknas. Övriga är arter med vidare ekologi. Det är påfallande att en på Gotland vanlig rikkärrsart som *Euconulus alderi* (kärrkonsnäcka) inte kunde påvisas. Det är också påfallande att flera arter endast påträffades som tomskal eller i låg numerär. Saknas gör också rikkärrsarter som kräver kontinuerligt god hydrologi. Sammantaget visar faunan att kärret kontinuerligt torkar ut under en del av året (eller varit utsatt för en lång sådan torrperiod) – även om hydrologin vid undersökningstillfället var god. De finaste förekommande rikkärrsarterna (*Q. arenaria* och *P. pratensis*) är sådana som kan leva i temporärt uttorkade kärrmiljöer.

Provyta: 2
Undersökningsdatum: 2021-07-13
Läge: Othem s:n, File hajdar, ca 1,9 km VSV om p.23
Koordinater: RT90 6402891 / 1672576
Metodik: Kvantitativ sållning på transekt
Transektens riktning: 70˚
Provtagna kvadrater: 1, 3, 5, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 26
pH: 6,5
Biotop: Flackt botten, föga tuvat rikkärr på hård kalklerbotten, Kärrytan och omgivningen avröjda. Minst 10 stora rishögar ligger kvar i kärrytan. Perifert stubbar. Körspår i hela ytan, ställvis djupa. Enstaka martallar och enbuskar. Uppslag av viden, brakved. Dominerande, lågvuxen blåtåtel-lågstarrvegetation. Inslag av blodrot, ängsvädd, orkidéer. Lokalt krissla. Botten av brunmossor. Vid undersökningstillfället mycket torrt.

Art	Relativ frekvens	Anmärkning
Cochlicopa lubricella [mindre agatsnäcka]	2	
Columella aspera [strävskruvsnäcka]	+	
Vertigo substriata [strimgrynsnäcka]	1	
Vertigo pusilla [dvärggrynsnäcka]	2	
Vertigo angustior [smalgrynsnäcka]	1	Natura 2000-art
Pupilla pratensis [kärrpuppsnäcka]	3	
Vallonia pulchella [ängsgrässnäcka]	2	

Punctum pygmaeum [punktsnäcka]	2	
Nesovitrea hammonis [strimglanssnäcka]	+	
Euconulus fulvus [skogskonsnäcka]]	2	

Antal funna arter: 10
Antal levande funna arter: 8

Kommentarer till faunan och biotopen: Förutom rikkärrsarten *Pupilla pratensis* (kärrpuppsnäcka) påträffades också Natura 2000-arten *Vertigo angustior* (smalgrynsnäcka) – se nedan Till kärrarterna får även *Vallonia pulchella* (ängsgrässnäcka) räknas. Övriga är arter med vidare ekologi, eller skogsarter. Avsaknaden av ytterligare kärr-våtmarksarter är anmärkningsvärd och tyder på att kärret torkar ut under långa perioder. Kärret måste få återhämta sig efter röjningen och de kvarliggande rishögarna avlägsnas försiktigt. Körning i kärrytan måste undvikas.

Provyta: 3
Undersökningsdatum: 2021-07-14
Läge: Othem s:n, Hejnum Kallgate, ca 2,95 km SV om p.23
Koordinater: RT90 6401558 / 1671921
Metodik: Kvantitativ sållning på transekt
Transektens riktning: 90˚
Provtagna kvadrater: 2, 4, 6, 9, 11, 14, 17, 21, 25, 32
pH: <7
Biotop: Rikkärr i U-formad inskärning i omgivande tallskog. Kärret är del av (mynnar i) större rikkärrsyta i N. Spridda martallar, någon låg en. Talrika, tämligen höga axag-tuvor, mellan dessa blåtåtel-lågstarräng. Inslag av blodrot, flockarun, majviva, orkidéer. Botten av brunmossor. Även mindre, öppna ytor med kalkbleke. Vid undersökningstillfället torrt, endast något fuktig kalklera mellan vissa tuvor.

Art	Relativ frekvens	Anmärkning
Oxyloma elegans [mindre bärnstenssnäcka]	+	
Quickella arenaria [rödskalig bärnstenssnäcka]	+	
Cochlicopa lubrica [skogsagatsnäcka]	+	
Columella aspera [strävskruvsnäcka]]	+	

Vertigo pygmaea [ängsgrynsnäcka]	1	
Pupilla pratensis [kärrpuppsnäcka]	2	
Vallonia pulchella [ängsgrässnäcka]	+	
Punctum pygmaeum [punktsnäcka]	+	
Nesovitrea hammonis [strimglanssnäcka]	+	
Zonitoides nitidus [kärrbuksnäcka]]	+	
Carychium minimum [ängsdvärgsnäcka]	+	
Valvata cristata [flat kamgälsnäcka]	+	Sötvattensart

Antal funna arter: 12
Antal levande funna arter: 2

Kommentarer till faunan och biotopen: Lokalen hyser en artrik kärrfauna. Förutom de speciell rikkärrsarterna *Quickella arenaria* (rödskalig bärnstenssnäcka) och *Pupilla pratensis* (kärrpuppsnäcka) påvisades en rad hygrofiler: *Oxyloma elegans* (mindre bärnstenssnäcka), *Vallonia pulchella* (ängsgrässnäcka), *Zonitoides nitidus* (kärrbuksnäcka) och *Carychium minimum* (ängsdvärgsnäcka) – men samtliga dock endast som tomskal. Dessutom anträffades även sötvattenssnäckan *Valvata cristata* (flat kamgälsnäcka), som här torde leva i vattensamlingar mellan tuvorna. Att endast en art anträffandes levande är anmärkningsvärt, och att alla andra arter endast påträffades som tomskal tyder på torka under långa perioder – snäckskal kan bevaras intakta under ganska långa perioder i kalkrika miljöer, skalens ålder kan vara svår att avgöra. Rekommendation: Försök återskapa stabil, kontinuerlig hydrologi på lokalen genom att stänga öppningen i Ancylus-vallen.

Provyta: 4
Undersökningsdatum: 2021-07-15
Läge: Othem s:n, Hejnum Kallgate, ca 2,63 km SV om p.23 [Kontrollyta]
Koordinater: RT90 6401388 / 1672717
Metodik: Kvantitativ sållning på transekt
Transektens riktning: 230˚
Provtagna kvadrater: 2, 5, 8, 11, 14, 16, 19, 22, 25, 33
pH: 7

Biotop: Flackt rikkärr från skogsbryn i N (mycket flackt sluttande mot S). Enstaka spridda martallar. Utåt helt öppet. Spridda stenar. Dominerande tuvad knappag, något axag, blåtåtel, lågstarrarter. Inslag av blodrot, orkidéer, enstaka flockarun. Botten av brunmossor. Mellan tuvorna ställvis starkt trampat av betesdjur. Delvis torrt kalklerslam. Vid undersökningstillfället ställvis mycket torrt.

Art	Relativ frekvens	Anmärkning
Cochlicopa lubrica [skogsagatsnäcka]	1	
Vertigo pygmaea [ängsgrynsnäcka]	+	
Pupilla pratensis [kärrpuppsnäcka]	2	
Vallonia pulchella [ängsgrässnäcka]	1	
Euconulus alderi [kärrkonsnäcka]	+	

Antal funna arter: 5
Antal levande funna arter: 3

Kommentarer till faunan och biotopen: Ett, botaniskt sett, mycket fint rikkärr – men med en anmärkningsvärt artfattig molluskfauna. Enda anmärkningsvärda rikkärrsart är *Pupilla pratensis* (kärrpuppsnäcka). Vanligare kärr-fuktmarksarter är *Vallonia pulchella* (ängsgrässnäcka) och *Euconulus alderi* (kärrkonsnäcka). Biotopen är klart negativt påverkad genom strakt betestramp, vilket i kombination med långa torrperioder troligen utarmat molluskfaunan. Förmodligen kan detta ligga långt tillbaka i tiden eftersom tomskal av ytterligare arter saknas, vilket tyder på att lokalen även tidigare torkat ut årligen. Om möjligt bör betestrycket minskas.

Provyta: 5
Undersökningsdatum: 2021-07-14
Läge: Othem s:n, Hejnum Kallgate, ca 2,07 km SV om p.23 [Kontrollyta]
Koordinater: RT90 6402055 / 1672735
Metodik: Kvantitativ sållning på transekt
Transektens riktning: 60˚
Provtagna kvadrater: 1, 4, 6, 9, 11, 13, 18, 22, 29, 37
pH: >7
Biotop: Öppet, flackt, tuvat rikkärr med spridda martallar, granar, även något getapel. Riklig axag, blåtåtel, insprängda partier med lågstarrarter. Rikligt inslag av orkidéer blodrot, flockarun. Botten av brunmossor. Perifert liten rugge av gotlandsag. Vid undersökningstillfället mycket torrt. Endast på få ställen fuktigt mellan tuvorna.

Art	Relativ frekvens	Anmärkning
Quickella arenaria [rödskalig bärnstenssnäcka]	2	
Cochlicopa lubrica [skogsagatsnäcka]	+	
Columella aspera [strävskruvsnäcka]]	1	
Vertigo pygmaea [ängsgrynsnäcka]	1	
Pupilla pratensis [kärrpuppsnäcka]	2	
Vallonia pulchella [ängsgrässnäcka]	2	
Punctum pygmaeum [punktsnäcka]	+	
Nesovitrea hammonis [strimglanssnäcka]	+	
Euconulus alderi [kärrkonsnäcka]]	+	
Fruticicola fruticum [busksnäcka]	+	
Carychium minimum [ängsdvärgsnäcka]	+	

Antal funna arter: 11
Antal levande funna arter: 5

Kommentarer till faunan och biotopen: Fint rikkärr med karakteristisk fauna. Förutom de speciell rikkärrsarterna *Quickella arenaria* (rödskalig bärnstenssnäcka) och *Pupilla pratensis* (kärrpuppsnäcka) påvisades hygrofilerna: *Vallonia pulchella* (ängsgrässnäcka), *Euconulus alderi* (kärrkonsnäcka) och *Carychium minimum* (ängsdvärgsnäcka) – de två sistnämnda endast som tomskal. Faunasammansättningen tyder på att lokalen torkar ut under längre perioder. Rikkärrsarter som kräver en stabil, kontinuerlig hydrologi saknas. Om möjligt stabilisera hydrologin. Möjligen kan också en viss röjning behövas så att kärret inte växer igen.

Provyta: 6
Undersökningsdatum: 2021-07-15
Läge: Othem s:n, Hejnum Kallgate, ca 2,16 km SSV om p.23 [Kontrollyta]
Koordinater: RT90 6401471 / 1673338
Metodik: Kvantitativ sållning på transekt
Transektens riktning: 220°
Provtagna kvadrater: 1, 4, 7, 9, 11, 14, 16, 21, 27, 33
pH: 6,5
Biotop: Flackt rikkärr med spridda martallar (ställvis mosaikartat med insprängda öar med större tallar), något en, brakved. Vältuvat med axag, blåtåtel, i vissa partier även knappag. Inslag av blodrot, tätört, orkidéer. Även krissla, gruslilja. Kärret genomkorsat av bäck, men stora delar tämligen torra. Mellan tuvor fuktig kalkgyttja.

Art	Relativ frekvens	Anmärkning
Cochlicopa lubrica [skogsagatsnäcka]	2	
Columella aspera [strävskruvsnäcka]]	1	
Vertigo pygmaea [ängsgrynsnäcka]	+	
Pupilla pratensis [kärrpuppsnäcka]	2	
Vallonia pulchella [ängsgrässnäcka]	+	
Vallonia costata [ribbgrässnäcka]	+	
Punctum pygmaeum [punktsnäcka]	+	
Nesovitrea hammonis [strimglanssnäcka]	+	
Euconulus alderi [kärrkonsnäcka]]	+	
Pseudotrichia rubiginosa [hårsnäcka]	+	

Antal funna arter: 10
Antal levande funna arter: 3

Kommentarer till faunan och biotopen: Förutom rikkärrsarten *Pupilla pratensis* (kärrpuppsnäcka) påträffades också de hygrofila arterna *Vallonia pulchella*

(ängsgrässnäcka) och *Euconulus alderi* (kärrkonsnäcka). *Pseudotrichia rubiginosa* (hårsnäcka) lever i öppnare kärrskogar och är snarast ett randelement i kärret. Faunasammansättningen, liksom att hela sju av de anträffade arterna endast påvisades som tomskal. tyder på att lokalen torkar ut under längre perioder. Rikkärrsarter som kräver en stabil, kontinuerlig hydrologi saknas.

Provyta: 7
Undersökningsdatum: 2021-07-16
Läge: Hejnum s:n, Hejnum Kallgate, ca 1,15 km V om p.22,2 [Kontrollyta]
Koordinater: RT90 6397390 / 1671591
Metodik: Kvantitativ sållning på transekt
Transektens riktning: 150˚
Provtagna kvadrater: 4, 6, 8, 11, 13, 19, 21, 23, 25, 32
pH: <7
Biotop: Flackt rikkärr med spridda martallar, låga småtallar, någon en. Rikligt tuvat av axag och knappag, ställvis blåtåtel, lågstarrarter. Mellan tuvorna ställvis öppna blekefläckar med torr kalkgjyttja. Ställvis mycket betestrampat. Inslag av blodrot, orkidéer, flockarun. Enstaka fläckar av brunmossor. Vid undersökningstillfället mycket torrt.

Art	Relativ frekvens	Anmärkning
Quickella arenaria [rödskalig bärnstenssnäcka]	+	
Pupilla pratensis [kärrpuppsnäcka]	+	
Vallonia pulchella [ängsgrässnäcka]	+	
Galba truncatula [amfibisk dammsnäcka]	1	Sötvattensart

Antal funna arter: 4
Antal levande funna arter: 1

Kommentarer till faunan och biotopen: Anmärkningsvärt artfattig molluskfauna med de mera speciella rikkärrsarterna *Quickella arenaria* (rödskalig bärnstenssnäcka) och *Pupilla pratensis* (kärrpuppsnäcka), samt den något mindre speciella *Vallonia pulchella* (ängsgrässnäcka). Dessutom anträffades även sötvattenssnäckan *Galba truncatula* (amfibisk dammsnäcka), som här torde leva i anslutning till vattensamlingar mellan tuvorna. Att de tre landlevande arterna endast påvisades som tomskal tyder på långvariga torrperioder.

Provyta: 8
Undersökningsdatum: 2021-07-17
Läge: Hejnum s:n, File hajdar, ca 1,63 km VSV om p.23
Koordinater: RT90 6403137 / 1672763
Metodik: Kvantitativ sållning på transekt
Transektens riktning: 140°
Provtagna kvadrater: 3, 7, 9, 12, 15, 19, 21, 25, 29, 36
pH: 7
Biotop: Flackt rikkärr med spridda små martallar, enbuskar, mot NV även videsnår. Dominerande delvis tuvad blåtåteläng med inslag av lågstarrarter. Mot SO inslag av tuvad axag. Inslag av blodrot, orkidéer, tätört, ängsvädd. Enstaka bara blekeytor, i övrigt brunmossor. Vid undersökningstillfället god hydrologi med vatten stående mellan tuvorna.

Art	Relativ frekvens	Anmärkning
Quickella arenaria [rödskalig bärnstenssnäcka]	1	
Vertigo pygmaea [ängsgrynsnäcka]	2	
Pupilla pratensis [kärrpuppsnäcka]	3	
Vallonia pulchella [ängsgrässnäcka]	1	
Punctum pygmaea [punktsnäcka]	1	

Antal funna arter: 5
Antal levande funna arter: 5

Kommentarer till faunan och biotopen: Anmärkningsvärt artfattig molluskfauna med de mera speciella rikkärrsarterna *Quickella arenaria* (rödskalig bärnstenssnäcka) och *Pupilla pratensis* (kärrpuppsnäcka), samt den något mindre speciella *Vallonia pulchella* (ängsgrässnäcka). Trots närheten till brottet så var hydrologin god – samtliga fyra arter påträffades levande.

Sammanfattning av landmolluskfaunan i de undersökta kärren

Samtliga undersökta objekt utgörs av rikkärr där miljön inte är optimal och påverkan på molluskfaunan är påtaglig. Två för rikkärren på Gotland karakteristiska arter *Quickella arenaria* (rödskalig bärnstenssnäcka) och *Pupilla pratensis* (kärrpuppsnäcka) anträffades i nästan samtliga de undersökta kärren – men ingen av dessa arter är beroende av kontinuerlig hydrologi (se under arttexterna nedan). Nästan samtliga

objekt var torra till mycket torra vid undersökningstillfället, och visade tecken på att långa torrperioder varit vanligt förekommande också under tidigare år. Följande punkter bör framhållas: 1) Flera arter (även på Gotland vanliga hygrofila snäckarter) saknades i flera av kärren. 2) När dessa arter påträffades var det nästan enbart som tomskal. 3) Trots att tomma snäckskal normalt bevaras länge efter att djuret dött i den kalkrika miljön på Gotland saknades sådana belägg för att arterna tidigare förekommit på flera av lokalerna. 4) Artantalet är, trots att biotoperna kunde förväntas hysa fler arter, lågt-mycket lågt. Påfallande är också att den på Gotland tämligen allmänna *Vertigo angustior* (smalgrynsnäcka) endast kunde påvisas på en lokal. Karakteristiskt är också att en av de känsligaste, och för rikkärr med kontinuerligt god och stabil hydrologi typiska, arterna *Vertigo geyeri* (kalkkärrsgrynsnäcka) saknas helt i området. Arten är, trots den goda tillgången på kalk, ovanlig på Gotland – p.g.a. att de flesta kärrbiotoper inte når upp till artens hydrologiska krav. Biotoperna i det nu undersökta området liknar därmed rikkärren på många håll på ön. Troligen beror den relativt dåliga situationen i området på att redan tidigare, för landsnäckor ej optimala hydrologiska förhållanden, försämrats genom olika dikningsföretag. Slitage genom tramp av betesdjur och körning med skogsmaskiner, vilket också är negativt för landmollusker, märks även på en del av lokalerna.

Åtgärder för att förbättra förhållandena för landmolluskfaunan i området bör i första hand inriktas på att förbättra och stabilisera hydrologin. Eventuellt kan också känsliga områden med upprinnor behöva avstängslas och undantas från bete. Försiktig röjning för att hindra igenväxning kan också behövas i en del fall.

Kommentarer till några speciella arter

Catinella arenaria (gråskalig bärnstenssnäcka). Förekommer i Sverige endast på Öland och Gotland (där den är spridd och tämligen allmän) och på några platser i Norrlands inland-fjällkedjan. Arten är kalkgynnad och hygrofil, men uthärdar relativt långa torrperioder. Den är därför vanlig i anslutning till temporära vätar-kärr på alvarmark. Den har uppenbarligen inga problem att överleva torrperioderna i det nu undersökta området.

Vertigo angustior (smalgrynsnäcka). Klassas som Natura 2000-art i EU, i Sverige har den dock för många kända förekomster för att kunna hamna på rödlistan. Arten har en utpräglad dualitet (eller t.o.m. trialitet). En stor del av förekomsterna på fastlandet är i rikkärr, men den förekommer också i halvöppna blocksluttningar med ädellövskog, samt på öppen kalkpåverkad torrmark. Det sistnämnda förekomstsättet, jämte de båda andra är vanligt på Gotland, och arten måste anses som tämligen allmän på ön. Anmärkningsvärt nog påträffades den endast på en lokal i det nu undersökta området.

Pupilla pratensis (kärrpuppsnäcka). Arten har relativt nyligen skiljts ut från den närstående *Pupilla muscorum* (ängspuppsnäcka) och är en karaktärsart för extremrikkärr. Arten har en speciell fortplantningsstrategi – ovovivipari, vilket innebär att äggen kläcks och utvecklas inne i moderdjuret, som föder fram små snäckor. På det sättet kringgår arten det torkkänsliga äggstadiet och kan då lättare kringgå torkperioder i kärrmiljöer.

Pseudotrichia rubiginosa (hårsnäcka). Förekommer i Sverige endast på Öland och Gotland. Den lever främst i något öppna kärrskogar, i buskage längst bäckar och diken. I rikkärr förekommer den främst perifert.

Mer allmänna hygrofila arter som påträffades i området är *Oxyloma elegans* (mindre bärnstenssnäcka), *Vallona pulchella* (ängsgrässnäcka), *Euconulus alderi* (kärrkonsnäcka), *Zonitoides nitidus* (kärrbuksnäcka) och *Carychium minimum* (ängsgrässnäcka).

Cochlicopa luricella (mindre agatsnäcka) och *Vertigo pygmaea* (ängsgrynsnäcka) är främst torrmarksarter, även om den senare också kan påträffas i kärr. *Fruticicola fruticum* (busksnäcka) anträffas ofta i halvöppna randzoner.

Nesovitrea hammonis (strimglanssnäcka) och *Euconulus fulvus* (skogskonsnäcka) är allmänna arter med brett ekologiskt spektrum. *Columella aspera* (strävskruvsnäcka), *Vertigo substriata* (strimgrynsnäcka) och *Punctum pygmaeum* (punktsnäcka) är huvudsakligen skogsarter, men med relativt bred ekologi.

Litteratur

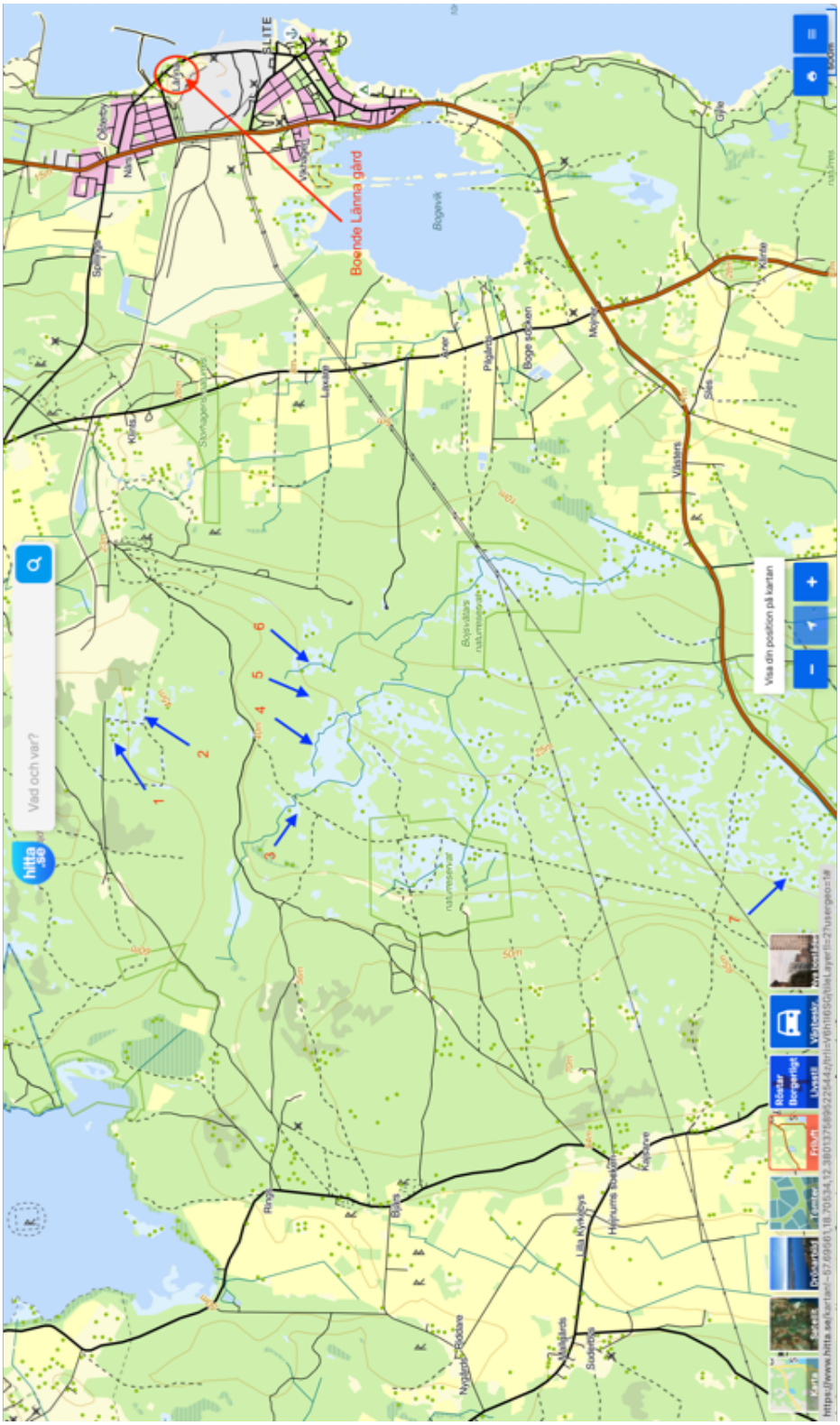
VON PROSCHWITZ, T. 1998. Miljöövervakningsstudier av landlevande snäckor på Gotland. – *Länsstyrelsen i Gotlands län. Livsmiljöenheten - Rapport Nr 6 1998*. 43 sid.

VON PROSCHWITZ, T. 2010. Inventering av snäckor i rikkärr på Gotland 2006. – *Länsstyrelsen i Gotlands län, Rapporter om natur och miljö 2010:2.* 82 sid.

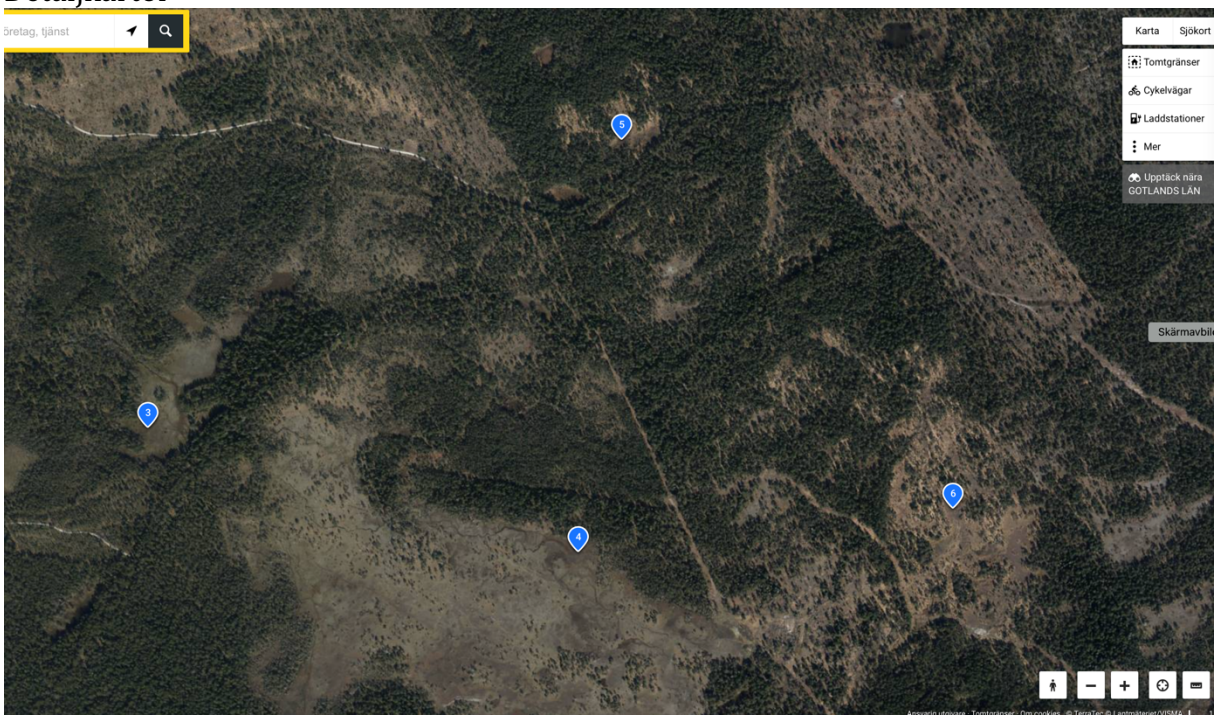
VON PROSCHWITZ, T. 2014a. Landlevande mollusker. Snäckor och sniglar på Gotland. – *Natur på Gotland 30 (2) [2014]:* 6-15.
VON PROSCHWITZ, T. 2014b. Sötvattenslevande mollusker. Snäckor och musslor på Gotland. – *Natur på Gotland 30 (3/4) [2014]:* 34-39.

Kartbilaga

Översiktskarta (punkt 8 saknas men ligger nära kalkstenstäkten vid File hajdar och framgår av detaljkarta nedan).



Detaljkartor

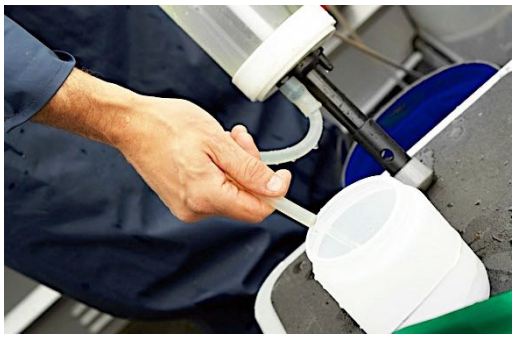


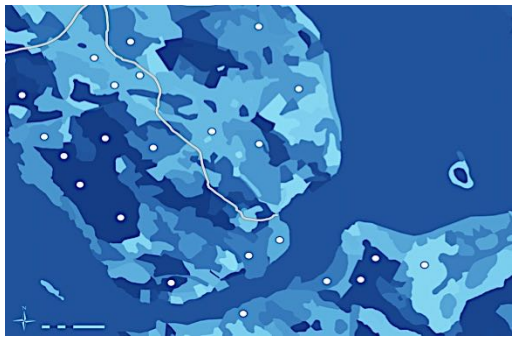
7

Bilaga 2. Exempel på indata och beräkningar av grundvattenutträngning i jämförelse med växttillgängligt vatten

Tabell. Exempel på indata och beräknat grundvattenbortfall genom minskad grundvattenutströmning i förhållande till växttillgänglig nederbörd. För att se läget för delavrinningsområdet hänvisas till figur 27.

Delavrinningsområde 2	jan	feb	mars	apr	maj	juni	juli	aug	sept	okt	nov	dec	S:a år	S:a veg-period
Nederbörd (mm)	59,4	45,3	40,9	34,8	33,9	45	67,3	61	61,1	62,2	70,7	68,9	650,5	365,3
Evapostranspiration (mm)	33,3	27,3	29,6	32	33,9	45	67,3	58,7	51,9	40,9	39,5	37,4	496,8	329,7
Interception skog (andel)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Interception gräs (andel)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Areal skog (ha)	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248
Areal öppen mark (ha)	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162
Totalareal /ha)	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410
Nederbörd/ha (m3)	594	453	409	348	339	450	673	610	611	622	707	689	6505	3653
Växttillgänglig nederbörd/ha (m3) skog	475	362	327	278	271	360	538	488	488	497	565	551	5204	2922
Växttillgänglig nederbörd/ha (m3) öppen mark	56	430	388	330	322	427	639	579	580	590	671	654	6179	3470
Kontroll nettonederbörd/ha (m3)	333	273	296	320	339	450	673	587	519	409	395	374	4968	3297
Summa nederbörd (m3)	243540	185730	167690	142680	138990	184500	275930	250100	250510	255020	289870	282490	2667050	1497730
Summa växttillgänglig nederbörd (m3)	209266	159592	144091	122600	119430	158535	237098	214903	215255	219131	249076	242735	2291712	1286952
Kontroll nettonederbörd (m3)	136530	111930	121360	131200	138990	184500	275930	240670	212790	167690	161950	153340	630170	145960
Grundvattenbortfall andel per månad (%)	0,153	0,106	0,090	0,083	0,013	0,006	0,005	0,082	0,073	0,098	0,145	0,146	1	0,3598
Grundvattenbortfall totalt (m3)	-6500	-6500	-6500	-6500	-6500	-6500	-6500	-6500	-6500	-6500	-6500	-6500	-6500	-6500
Grundvattenbortfall/mån (m3)	-995	-687	-584	-537	-82	-40	-33	-535	-473	-639	-945	-950	-6500	-2339
Andel av växttillgänglig nederbörd (%)	-0,48	-0,43	-0,41	-0,45	-0,07	-0,02	-0,01	-0,25	-0,22	-0,29	-0,38	-0,39	-0,284	-0,182%





CALLUNA

Hemsida: www.calluna.se • E-post: info@calluna.se • Telefon växel: 013-12 25 75

Huvudkontor: Calluna AB, Linköpings slott, 582 28 Linköping