



Ekohydrologisk PM Hoburgsmyr Natura 2000

Underlagsrapport för miljökonsekvens-
beskrivningen av Klinthagen expansion III
2023-06-15

OM RAPPORTEN:

Titel: Ekohydrologisk PM Hoburgsmyr Natura 2000 – Underlagsrapport för miljökonsekvensbeskrivningen av Klinthagen expansion III .

Version/datum: 2023-06-15

Rapporten bör citeras: Askling, J. (2023). Ekohydrologisk PM Hoburgsmyr Natura 2000 – Underlagsrapport för miljökonsekvensbeskrivningen av Klinthagen expansion III. Calluna AB.

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

Illustrationer i rapporten: © 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: Nordkalk AB

Beställarens kontaktperson: Ola Thuresson

Projektledare: John Askling (Calluna AB)

Rapportförfattare: John Askling (Calluna AB)

Ansvarig utredare: John Askling (Calluna AB)

Intern kvalitetsgranskning utförd av: Eva Amnéus Mattisson (Calluna AB)

Kartor: Axel Linder och Patrick Gant (Calluna AB)

GIS-ansvarig: Axel Linder (Calluna AB)

Innehåll

Sammanfattning	4
1. Inledning och syfte	6
2. Något om Natura 2000 i allmänhet	6
2.1. Lagstiftning	6
2.2. Bedömningsgrunder och bevarandestatus	6
3. Beskrivning av Hoburgsmyr	8
3.1. Översiktlig beskrivning	8
3.2. Natura 2000-naturtyper	10
3.3. Natura 2000-arter	14
4. Preliminära resultat av vegetationskartering	15
4.1. Metodik	15
4.2. Resultat	15
5. Allmänt om ekohydrologi	21
5.1. Vattenstånd och vegetationszoner	21
5.2. Topogena och ekologiska kärr	23
5.3. Varaktighet av svämn	23
5.4. Goda och torra somrar	24
5.5. Betydelsen av sådant återkommande händelser	24
5.6. Betydelsen av kalciumhaltigt vatten och pH	24
5.7. Goda och den vattenkemiska sammansättningen	25
5.8. Bekedning	26
5.9. Vattenhushållning och torkkänslighet	28
5.10. Betydelsen av torvbedning	29
5.11. Betydelsen av frost och snö	30
5.12. Vegetationsstypernas koppning till vattenstånd och andra ekohydrologiska faktorer	30
5.13. Koppningen mellan naturtyper och övrig fauna och flora	34
5.14. Två sammanfattande perspektiv på kalkrika våtmarker	35
6. Ekohydrologiska förutsättningar för Hoburgsmyr	36
6.1. Grundvatten, jord och berg	36
6.2. Avränningsområde och topografiska förhållanden	37
6.3. Markhastighet och hydrologisk påverkan	38
7. Slutsatser kring utökningen av Klinthagen och Hoburgsmyr	41
7.1. Inledning	41
7.2. Påverkan av riskbedömning	42
7.3. Riskbedömning	43
Referenser	47

Sammanfattning

Nordkalk AB ansöker om tillstånd till utökad täktverksamhet vid Klinthagentäkten på Gotland. En av de miljöaspekter som behöver belysas är möjlig påverkan på Natura 2000-området och tillika naturreservatet Hoburgsmyr. Klinthagentäkten ligger i direkt närhet till Natura 2000-området och det finns en risk för miljöpåverkan genom förändrad hydrologi i själva myren. Denna ekohydrologiska PM syftar till att ge underlag till hur våtmarkens ekosystem fungerar i förhållande till hydrologin och hur de kan förväntas förändras vid en utökad täkt i Klinthagen. Ekohydrologi är ett tvärvetenskapligt område där ekologisk kunskap förenas med såväl hydrologisk som hydrogeologisk kunskap.

Hoburgsmyr Natura 2000-område (SE0340082) omfattar ett av Gotlands största agmyr- och rikkärrsområden med utpekade naturtyper som rikkärr och agmyr. I rikkärren finns en av Nordens största populationer av den rödlistade orkidén kärrnycklar. I bevarandeplanen framgår tydligt att bevarandemålen förutsätter intakt hydrologi och opåverkad vattenkemi. Vidare anges att påverkan på hydrologi och hydrokemi är sådant som kan påverka negativt. Täktverksamheten pekas i sammanhanget ut som riskfaktor för påverkan.

Hoburgsmyr Natura 2000-område består av en större sammanhållen våtmark med agmyr och rikkärr som avvattnas genom ett slukhål i dess norra ände. Söder om den stora våtmarken finns flera mindre kärrmiljöer med varierande sammansättning av agmyr och rikkärr. Vid den vegetationskartering som utfördes våren 2022 kunde inga upprinnor eller källmiljöer konstateras kring den stora myren och med ett undantag inte heller i de mindre kärren söderut. Den enda källmiljö som identifierats ligger i sydost och vetter inte åt Klinthagentäkten. De olika utredningar, inventeringar och studier som gjorts av såväl vegetation, jordprofiler, hydrologi och hydrogeologi pekar starkt mot att agmyrens- och rikkärrens utbredning och kvaliteter upprätthålls av den hydrologi som slukhålet medför.

De identifierade effekterna som en utvidgning av Klinthagentäkten kan medföra är:

- Sänkning av grundvattennivåer genom ökad dränering av grundvatten i berg
- Minskad grundvattenutströmning från berg genom ökad dränering av grundvatten i berg
- Minskad ytvattentillströmning genom minskat avrinningsområde
- Minskad dränknings- eller svämningsvaraktighet/förändrad vattenregim genom en kombination av dränering av grundvatten i berg och minskat avrinningsområde
- Minskad tuff- eller blekebildning genom förändrade jämviktsförhållanden för kalciumkarbonat i fast och löst form
- Förändrad vattenkemisk sammansättning genom förändrad andel utströmmande grundvatten som härstammar från ytliga respektive djupare förhållanden

De upprepade studier som gjorts av det ytligare och det djupare grundvattnet har visat att de sänkta trycknivåerna som uppkommit i de djupare och mer genomsläppliga lagren i berg inte följts av en motsvarande sänkning i de ytliga berglagren kring Hoburgsmyr. Detta talar för att Hoburgsmyr ska ses som ett eget grundvattenmagasin som i huvudsak är tätt mot det underliggande berget men genom slukhålet sker en transport av vatten till ytliga lager i berget och en trögare transport till ännu djupare berglager. Denna transport rymmer dock, enligt SGU, en tröskel vilket gör att borttransporten upphör vid en viss nivå. Denna tröskel kommer inte att förändras vid en utökning av täkten vilket även gäller jordskiktens tätande förmåga. De ytliga vattenstånd som följts upp under ett antal år visar hittills inte på några skillnader mellan Hoburgsmyr och referensområden vilket ligger i linje med de slutsatser som dragits kring att Hoburgsmyr ska ses som ett eget grundvattenmagasin.

Bedömningen är att en utökning av täkten innebär en liten risk för sänkta grundvattennivåer i Hoburgsmyr.

Någon sänkning av ytliga grundvattenstånd är inte aktuella då täktens utökningsområden inte berör avrinningsområdet för Hoburgsmyr. Det innebär att grundvattenströmmar som eventuellt mynnar i Hoburgsmyr saknar hydraulisk kontakt med utökningsområdena.

Vegetationskarteringen av Hoburgsmyr visar att det inte existerar några uppenbara källflöden längs myrkanterna eller ute i myren. Det enda källflödet inom avrinningsområdet som identifierats ligger i sydostlig riktning och vetter inte åt täkten. Rikkärren och dess förekomst av den rödlistade och ovanliga orkidén kärnnycklar upprätthålls hydrologiskt genom avvattningen till slukhålet. Om inte slukhålet funnits hade myren istället upptagits av agmyr. Genom slukhålet upprätthålls en situation där det under vinter och första delen av vegetationsperioden inte blir för omfattande dränkning vilket rikkärren och kärnnycklar inte tål. Därefter sker främst avdunstning vilket särskilt gynnar kärnnycklar.

Sammantaget bedöms risken som obefintlig att den utökade Klinthagentäkten skulle ge en minskad grundvattenutströmning till Hoburgsmyr.

En förutsättning för en minskad ytvattentillrinning är att avrinningsområdet påverkas på något vis så att mindre vatten ytavrinner.

Någon minskning av avrinningsområdet uppstår inte till följd av den planerade täktutökningen varför risken bedöms som obefintlig.

En minskad dränkingsvaraktighet skulle kunna ge förändringar i vegetationszoneringar och därmed förändra arealen rikkärr och agmyr. Som framgått ovan finns det dock ingen risk för en minskad grundvatten- och ytvattentillströmning och att risken för en ökad dränering av grundvatten i berg är liten.

Sammantaget är bedömningen att risken är liten för att dränkingsvaraktigheten skulle förändras i Hoburgsmyr.

En viktig struktur i rikkärr och agmyr är bleke och i sällsynta fall även tuff. I Hoburgsmyr förekommer rikliga blekelager i form av åtminstone kalkgyttja och sjöbleke. För Hoburgsmyr är blekens ursprung mycket tydligt. Redan vad det är för typ av bleke, alltså kalkgyttja och sjöbleke, skvallrar om ett ursprung från en sjö eller vät och att det ansamlats naturligt genom sedimentation främst på de djupare bottarna. Läget i terrängen för bleket är också viktigt för denna slutsats. De mäktigaste lagren tycks befinna sig i de lägst liggande delarna och inte längs eventuella källflöden i kanterna av myren eller i samband med rikkärret som tvärrar Hoburgsmyr.

Sammantaget bedöms risken som obefintlig för att utökningen av Klinthagentäkten skulle kunna minska eller negativt påverka blekebildningen i Hoburgsmyr.

Rikkärr och agmyr är beroende av ett högt pH och kalkinnehåll. De generellt kalkrika förhållandena på Gotland ger snabbt rätt kvalitet åt vattnet efter att nederbörd fallit. Detta skiljer Gotland från många andra platser i Sverige.

Sammantaget bedöms risken som obefintlig att vattenkemin i Hoburgsmyr eller i tillrinnande vatten till Hoburgsmyr skulle förändras till följd av utökningen av Klinthagentäkten.

1. Inledning och syfte

Nordkalk AB ansöker om tillstånd till utökad täktverksamhet vid Klinthagentäkten på Gotland. En av de miljöaspekter som behöver belysas är möjlig påverkan på Natura 2000-området och tillika naturreservatet Hoburgsmyr. Klinthagentäkten ligger i direkt närhet till Natura 2000-området och det finns en risk för miljöpåverkan genom förändrad hydrologi i själva myren. Denna ekohydrologiska PM syftar till att ge underlag till hur våtmarkens ekosystem fungerar i förhållande till hydrologin och hur de kan förväntas förändras vid en utökad täkt i Klinthagen. Ekohydrologi är ett tvärvetenskapligt område där ekologisk kunskap förenas med såväl hydrologisk som hydrogeologisk kunskap.

Hoburgsmyr Natura 2000-område (SE0340082) omfattar ett av Gotlands största agmyr- och rikkärrsområden med utpekade naturtyper som rikkärr och agmyr. I rikkärren finns en av Nordens största populationer av den rödlistade orkidén kärrnycklar. I bevarandepLANEN framgår tydligt att bevarandemålen förutsätter intakt hydrologi och opåverkad vattenkemi. Vidare anges att påverkan på hydrologi och hydrokemi är sådant som kan påverka negativt. Täktverksamheten pekas i sammanhanget ut som riskfaktor för påverkan.

Denna PM ska läsas tillsammans med de hydrogeologiska och hydrologiska utredningar som mer detaljerat beskriver hur hydrologin fungerar och som redovisar samtliga resultat av de mätningar och beräkningar som gjorts (Bilaga 6 i ansökan och även Bilaga 3, 4, 5, 7 och 8). När det gäller konsekvensbedömningen hänvisas till miljökonsekvensbeskrivningen, MKB (Lindblom et al 2023).

2. Något om Natura 2000 i allmänhet

2.1. Lagstiftning

Sverige omfattas av EU-lagstiftningen kring Natura 2000 och 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 fågeldirektivet¹ och art- och habitatdirektivet². 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

Bedömningen av påverkan på ett Natura 2000-område utgår från bevarandepLANENS bevarandemål och om bevarandestatusen riskerar att förändras för någon av de arter eller naturtyper som ska skyddas i ett Natura 2000-område, d.v.s. de utpekade arterna och naturtyperna (livsmiljöer).

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

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

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. 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 hävdbevingade 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 hävdbevingade 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 95% sannolikhet ska överleva åtminstone 100 år framåt i tiden (Gärdenfors 2018).

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.

3. Beskrivning av Hoburgsmyr

3.1. Översiktlig beskrivning

Den översiktliga beskrivningen är i all väsentlighet hämtade ur Hoburgsmyrs bevarandeplan (Länsstyrelsen Gotlands län 2018). Hoburgsmyr innehåller en av Gotlands största komplex med agmyrar och rikkärr. Hela Natura 2000-området är på knappt 170 ha varav våtmarkerna utgör knappt 50 ha. Myren har inga synliga tillflöden av vatten. Kantzonerna mellan agmyren och rikkärret är breda och innehåller stora bestånd av knappag. Mellan tuvorna av knappag växer andra våtmarksväxter som hirs- och ängstarr, agn- och tagelsäv, ängsull, kärrspira, kärrsälting och blodrot. I bottenskiktet växer rikligt med skorpionmossor. I knappagzonen finns en av Nordens största populationer av den sällsynta orkidén kärrnycklar, vilket var en av de ursprungliga anledningarna till att området skyddades som naturreservat 1997.

Utanför bältena av knappag vidtar örtrika kärr dominerade av halvgräset axag. Här återfinns flera typiska källkärrsväxter såsom majviva, tätört, kärrlilja, kustarun, sumpnycklar och storsileshår. Även den för Gotland endemiska och rödlistade arten brun ögontröst växer här. Mot skogskanten övergår vegetationen till fuktäng och domineras då av gräsen blåtåtel och älvväxing. Även här är vegetationen mycket örtrik med rika förekomster av orkidéer som ängsnycklar, luktsporre och kärrknipprot. I myrens nordvästra delar finns några äldre grunda diken. I myrens centrala norra del avvattnas myren genom ett slukhål.



Figur 1. Läget för Hoburgsmyr förhållande till Klintnagentäkten.

3.2. Natura 2000-naturtyper

Avgränsning

Den påverkan som en utökning av Klinthagentakten kan ha är hydrologisk. Det kan handla om att avrinningsområdet minskar, grundvattennivåerna sänks eller grundvattentillrinningen begränsas. Det kan också, till följd av dessa förändringar, uppstå förändringar i vattenkemi som i sin tur kan påverka sammansättningen av arter inom en naturtyp.

Som grund för avgränsning har av ovanstående anledning SGU:s rapport om vilka Natura 2000-habitat som bör prioriteras vad gäller grundvattenberoende ekosystem använts (Werner & Collinder 2015). Utifrån SGU:s rapport är det två naturtyper som bedömts vara hydrologiskt känsliga och dessa är agmyr (7210) samt rikkärr (7230), se Tabell 1. Agmyr är en prioriterad naturtyp inom EU.

Tabell 1. Redovisning av samtliga Natura 2000-naturtyper inom Hoburgsmyrs Natura 2000-område som är känsliga för förändrad hydrologi och hydrokemi. Areaen habitat framgår också av tabellen och är hämtad från bevarandeprogrammen och redovisats tillsammans med den regleringsgodkända areaen inom parentes (Länsstyrelsen Gotlands län 2018). Den regleringsgodkända areaen är den som beslutats och rapporterats till EU medan bevarandeprogrammens area är den som länsstyrelsen reviderat men där regeringen ännu inte tagit något beslut.

Naturtyp (habitatkod EU)	Känslighet**	Prioritet grundvattenberoende ekosystem*	Areal (ha)	Motiv till känslighetsklass
Agmyr*** (7210)	++	I / –	22,5 (22,7)	Primär prioriterad naturtyp för grundvattenhydrologi och grundvattenkemi. Ostörd hydrologi ingår bevarandemålet. För gynnsam bevarandestatus krävs oförändrad hydrologi och hydrokemi.
Rikkärr (7230)	++	II / II	26,7 (15)	Sekundärt prioriterad naturtyp för både grundvattenhydrologi och grundvattenkemi. Ostörd hydrologi ingår bevarandemålet. För gynnsam bevarandestatus krävs oförändrad hydrologi och hydrokemi (baskation rikt vatten).

* Baseras på den prioritering som tagits fram av SGU om vilka Natura 2000-habitat som är mest prioriterade ut från ekosystemens bevarandevärde, känslighet och sårbarhet för förändringar grundvattenhydrologi och vattenkemi (Werner & Collinder 2015). Grundvattenhydrologi och grundvattnets nivå och/eller utströmning respektive grundvattenkemi har bedömts var för sig och båda värdesätts av ett snedstreck nämnt ordning. Endast boreal region redovisas eftersom Gotland tillhör denna. Prioriteringen har följande klassning: – (ej prioriterad naturtyp), I (primär prioriterad naturtyp), II (sekundärt prioriterad naturtyp), ns: uppgift saknas.

** Anger känslighet för hydrologiska förändringar form av ändrat grund- och/eller ytvattentstånd. Känslighetsbedömningen utgår från SGU:s prioritering för grundvattenpåverkade ekosystem samt bevarandeprogrammens beskrivning av vad som krävs för upprätthållande av gynnsam bevarandestatus. Känsligheten bedöms i tre klasser: – (ingen känslighet), + (mögligvis känslighet), ++ (känslig).

*** Primär prioriterad naturtyp – bevarandet av naturtypen bedöms vara av hög prioritet inom EU och framgår av art- och habitatdirektivets bilaga 1.

Agmyr (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.

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 baskatjoner 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 blötagda 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 rikkärrensmiljöerna, exempelvis småfjärilar, jordlöpare och kortvingar. Många av arterna är ovanliga och det gäller i hög grad de gotländska rikkärren som tillhör Sveriges artrikaste.



Figur 2. Norra delen av Hoburgsmyr med rikkärrform av knappagkärr närmast och fonden den mer grovväxta agmyren.

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 trädäckning 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" (Påhlsson 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 kärrtypen 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 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, slätterblomma, 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 3. Axag är en karaktäristisk och ofta dominerande art i axagkärren.

Knappagkärr hör precis som axagkärr till extremrikkärr, men till skillnad från axagkärr så är det halvgräset knappag som dominerar i denna vegetationstyp. Även här är pH högt (>7) och kalciumhalterna höga, men till skillnad från axagkärr tycks knappagkärr 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 knappagkärr intar en mellanposition mellan agmyren och axagkärr. Exakt vad det är för ekologiska faktorer eller mekanismer som avgör denna zonerings 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 knappagkärr om axagkärr 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, våtar 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.

Blåtåtelkärren är den sista vegetationstypen av rikkärren som tas upp i denna PM. Även om blåtåtel kan förekomma vid väsentligt lägre pH och konduktivitet, så menas här de kärren 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).

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 blåtåtelkärren relativt tåliga mot igenväxning och tilltagande krontäckning och utgör därför en vanlig vegetationstyp när krontaket sluter sig. Under naturliga förhållanden torde dock blåtåtelkärren 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 rikkärren 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.

3.3. 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).

Inga utpekade arter har bedömts som känsliga. Den enda utpekade arten för Hoburgsmyr, styv kalkmossa, hör hemma på alvarmark med mycket tunna eller obefintliga jordlager. Alvarmarker generellt är inte beroende av yt- eller grundvattentillförsel, snarare tvärtom.

Att inga utpekade arter förekommer betyder inte att det inte finns skyddsvärda arter i Hoburgsmyr. Rikkärren är exempelvis orkidérika och här finns exempelvis en av Nordens viktigaste växtplatser för den rödlistade arten kärrnycklar som återfinns i hotkategorin sårbar (VU). Även den rödlistade luktsporren (nära hotad, NT) förekommer. Samtliga orkidéer är skyddade genom av artskyddsförordningen. Utöver orkidéerna förekommer också den för Gotland endemiska underarten brun ögontröst som även den är rödlistad och då i kategorin nära hotad (NT). Andra rödlistade kärlväxter som har en hydrologisk koppling är ängsstarr (NT) och majviva (NT).

4. Preliminära resultat av vegetationskartering

4.1. Metodik

Under våren har Calluna utfört en vegetationskartering i syfte att avgränsa främst de olika rikkärrstyperna eftersom deras förekomst är avgörande för att kunna säga något om de hydrologiska förutsättningarna för rikkärrsekosystemen.

Den indelning som användes vid karteringen är den redovisade där rikkärr delas in i typerna axagkärr, knappagkärr, lågstarrkärr och blååtåtelkärr. Blååtåtelkärr förekommer både som öppna kärr och trädbevuxna och har inte separerats. Vid karteringen ägnades särskilt intresse åt att registrera källmiljöer och upprinnor som visar på utströmningsområden för grundvatten. Av intresse var också en enkel kartläggning av blekeförekomst genom att osystematiskt sticka ner en jordsond i sedimenten. Med hänsyn till att karteringen ägde rum utanför vegetationssäsong gjordes ingen artinventering utan en sådan planeras att utföras under sommaren vilket även gäller en del andra karteringar, analyser och inventeringar av exempelvis mossor, landsnäckor, jordprofiler, mätningar av vattenstånd från fler platser med tillhörande vattenkemiprover.

För närvarande pågår mossinventering av området och det som hittills klarats av är den översiktliga inventeringen som främst riktats in på rikkärrsmiljöer. Även här kommer kompletteringar att ske av mer kvantitativ karaktär.

4.2. Resultat

Rikkärrsvegetationen i Hoburgsmyr är relativt homogen ute på själva Hoburgsmyr där det är knappagkärr som dominerar. Ibland har den ett ökat inslag av axag och ibland av ag. Inom knappagkärrret finns alltså en zonerings där inblandning av axag förekommer högst upp i zonerings närmast myrkanten och inblandning av ag bildar övergångszon mot den rena agmyren i de blötare partierna. I huvudsak överensstämmer bevarandeplanens karta med utbredningen av rikkärr i själva Hoburgsmyr med utbredningen av knappagkärr (Figur 4 och 5).

I den norra delen av själva Hoburgsmyr har agmyren ett påtagligt inslag av knappag och agen är också ganska gles och lågvuxen.

Centralt på den norra delen av Hoburgsmyr löper ett stråk av knappagkärr tvärs över myren vilket är en intressant och ovanlig förekomst. Vid jordsonderingen kunde konstateras att jorddjupet är ringa i denna del och ibland bara uppgår till ett par decimeter innan kompaktare jord eller berg nås.

De mindre myrarna söder om Hoburgsmyr domineras av blååtåtelkärr och agmyr eller en blandning av agmyr och knappagkärr. När skog tar över dominerar blååtåtelkärr helt.

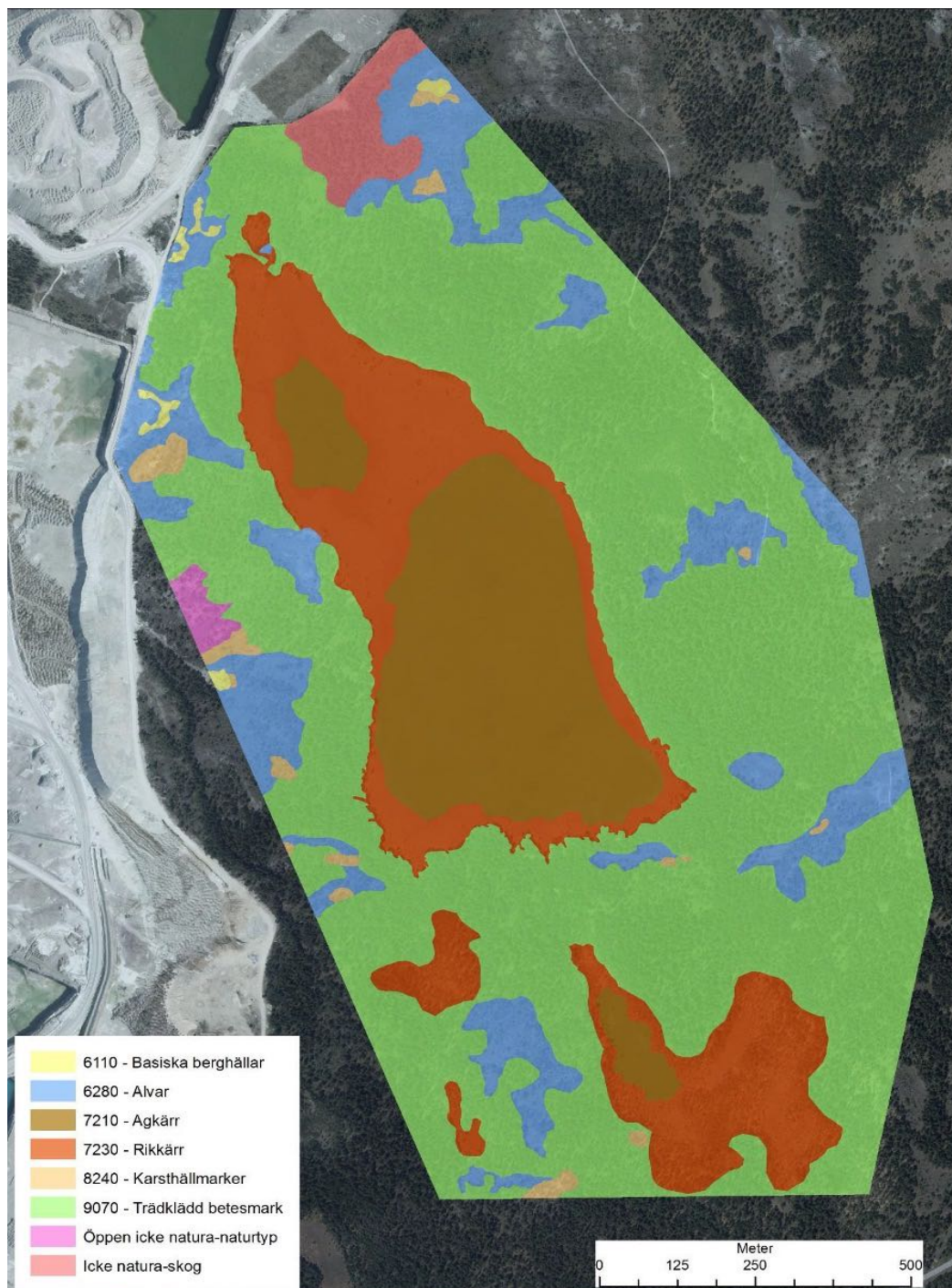
Några renodlade axagkärr med tydliga upprinnor eller källmiljöer har inte kunnat konstateras. Detta gäller både i periferin och bården kring myren och ute i knappagkärren.

Mossinventeringen visar på förekomst av rikkärrsarter såsom guldspärrmossa och kärrspärrmossa och i blötare delar är korvskorpionmossa vanlig. Inga mossarter som är typiska för källmiljöer har registrerats ute i Hoburgsmyr.

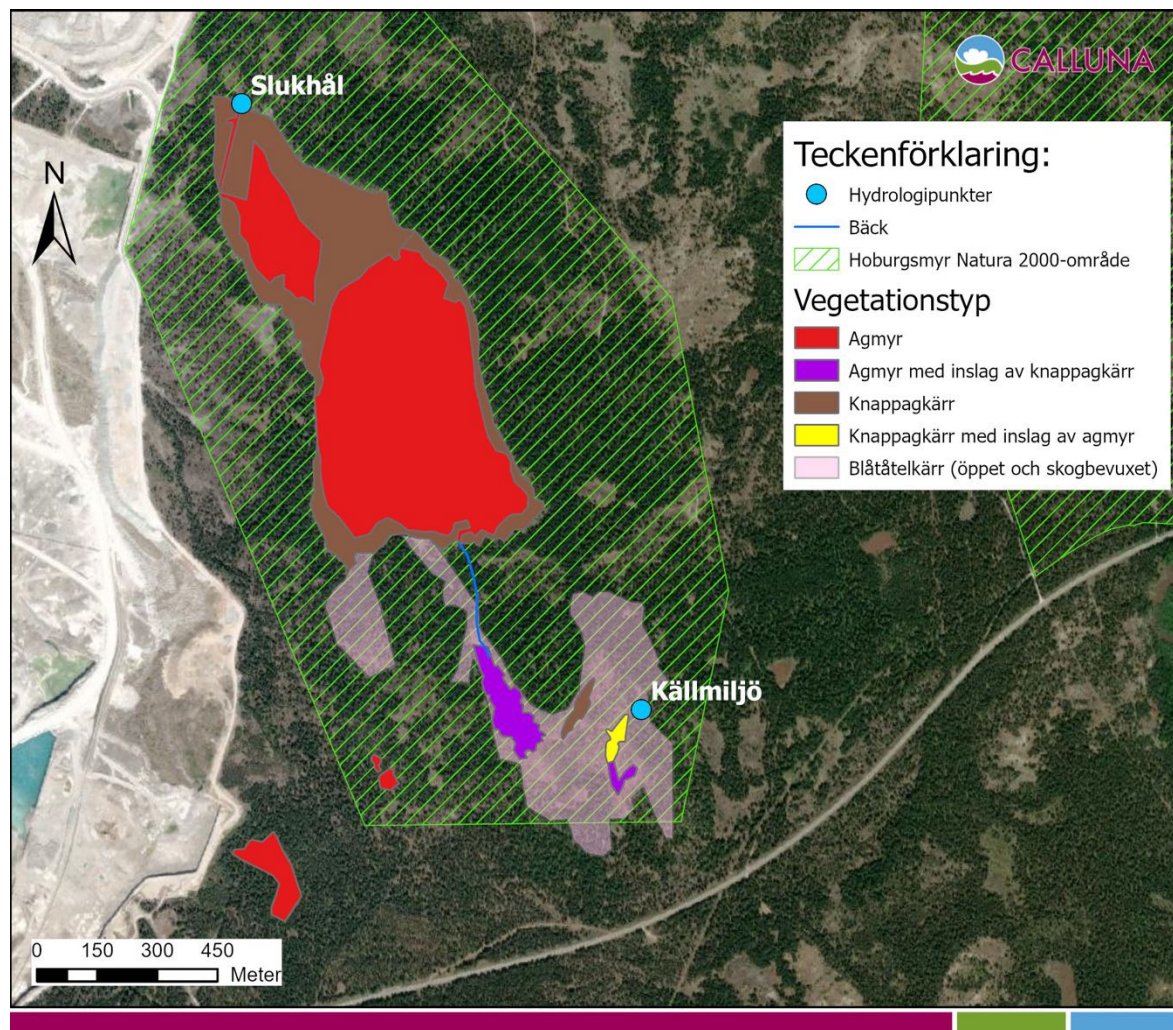
Jordsondmätningar ger vid handen att knappagkärren har ett jorddjup på ca 2-5 dm med varierande mäktighet av bleke. Där axag är vanlig är jorddjupet i allmänhet litet, mellan 0-2 dm och saknar blekeförekomst. I agmyren kan jorddjupet vara mäktigt för gotländska förhållanden. I de norra delarna finns partier som är över en halvmeter med en blekehorisont på 2-3 dm och i de södra delarna kan djupet vara gott och väl över en meter med en blekehorisont på minst en halvmeter.

I bevarandeplanen anges att inga tydliga till- eller frånflöden finns, förutom ett dike som leder fram till ett slukhål allra längst upp i norr (Figur 5 och 8). I huvudsak visade karteringen

detsamma även om det finns en mindre bäckfåra mellan småkärren i söder och Hoburgsmyr (Figur 5 och 7). Denna löper också ut som ett stråk av ag i knappagkärret längst i söder av Hoburgsmyr. Det finns även ett otydligare stråk som leder till slukhålet i norr och som tycks avvattna de nordöstra delarna av myren.



Figur 4. Karta över utbredningen av naturtyper inom Natura 2000-området Hoburgsmyr (ur Länsstyrelsen Gotlands län 2018).



Figur 5. Vegetationskarta från Callunas kartläggning av vegetationsstyper 2023.

I de mindre kärren söder om Hoburgsmyr saknas i huvudsak tydliga upprinnor och källmiljöer och jorddjupet är markant grundare. Bleke förekommer sällsynt och då i liten mäktighet på några centimeter. En förhållandevis stor del av arealen i söder består av sumpskogsartade blåtåtelkärr. Dessa avslutas ofta mycket distinkt mot omgivande terräng och det är inte ovanligt med en direkt övergång mellan blåtåtelkärr och alvar. Vid ett sådant parti långt ner i sydost registrerades den enda källmiljön (Figur 5 och 6). I denna kunde konstateras källkärrmossa och källgräsmossa. Dessutom växte både kransalger och gäddnate i den lilla vattensamlingen vilket antyder blötläggning stora delar av året. Ytterligare åt sydost finns strandvallar och det är tydligt att de har en dämmande och vattenhållande funktion där vatten rinner i stråk över alvarmarkerna ner mot kärrmiljöerna.



Figur 6. I sydost reg strerades den enda kämjön inom Hoburgsmyrs Natura 2000-område.



Figur 7. Ordentligt föröde bäckfåran med en småkärren och Hoburgsmyr ängst söder (mars 2023).



Figur 8. Ännu större födesukhål i ängst norr under mars månad. På bilden syns också det rör med pege som finns installerat vid sukhål.

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 våtmarkerna i Hoburgsmyr. Mycket av bakgrunden fokuserar på de olika Natura 2000-naturtyperna eller snarare vegetationstyperna.

Detta kapitel syftar därmed till att beskriva vilka ekohydrologiska faktorer som är viktiga för Hoburgsmyr och även andra liknande våtmarker på Gotland men 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).

5.1. 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 9). 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 dränkingsvaraktigheten under vegetationsperioden som har betydelse.

Zoneringen i en gotländsk naturlig blöt myr eller sjöstrand ser generellt ut så att där det är som blötest finns agbälten, men agen kan ersättas av bladvass om näringsnivåerna är högre (figur 10). 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

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



Figur 9. Ovan, typisk vegetationszonering för gotländska myrar (illustration av Judith Ask)



Figur 10. Typiskt utseende på vegetationszoner för ostörda (odkade) gotländska myrar. I förgrunden kalkfuktäng som övergår i kärr med knappag och ågpunkten agmyr.

5.2. Topogena och soligena kärr

Den i förra avsnittet beskrivna zoneringsmodellen 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 topografien. 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.

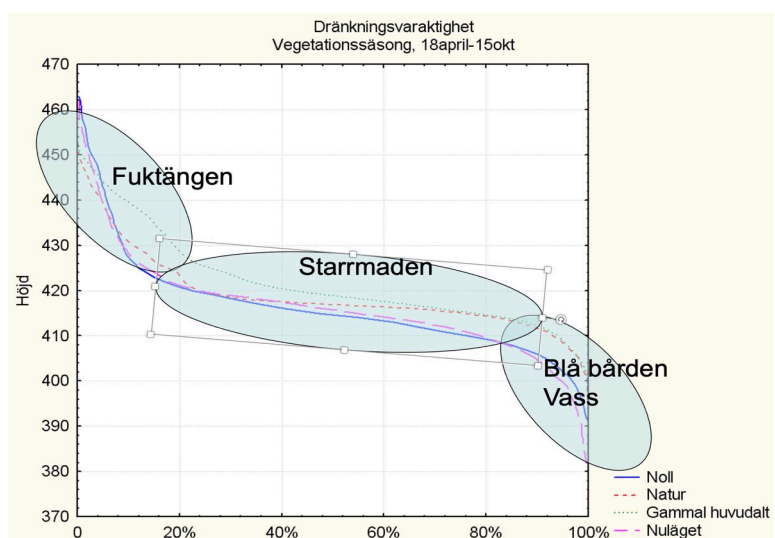
I kontrast till topogena kärr står soligena. De soligena kärren bildas i sluttningar till följd av att vatten tillförs under hela eller delar av vegetationsperioden. Vattnets ursprung kan vara olika och bestå av tillförsel från vattendrag och annan ytavrinning. Det kan också komma från grundvattenrörelser som kan vara ytliga i exempelvis jord och den övre delen av ett uppsprucket berg men kan också härstamma från djupare beläget grundvatten i berg.

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 över tid i topogena kärr vartefter det organiska materialet växer till (se vidare under avsnittet om torvbildning nedan). I de soligena kärren sker däremot en kontinuerlig tillförsel av syre vilket gör att organiskt material i högre grad bryts ner och de mineralrika förhållandena är mer beständiga över tid.

Utöver skillnader i syrehalter finns andra viktiga skillnader mellan soligena och topogena våtmarker. Soligena kärr översvämmas sällan genom sitt läge i landskapet medan topogena kärr kan översvämmas rejält. Ett soligent kärr befinner sig därmed i princip alltid vid eller över medelvattenlinjen (grundvattenytan) vilket kommer att avspeglas i vilken vegetationstyp som utbildas. Det gör att exempelvis ag inte är lika konkurrenskraftigt med sitt aerenkym som i topogena kärr men också att viss vegetation inte riskerar att dö vid extrema översvämningar. Utöver dessa skillnader finns även andra mellan soligena och topogena kärr som i de enskilda fallen kan ha stor betydelse såsom näringstillförsel och deposition och av sediment.

5.3. 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. Svämningens varaktighet 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



Figur 11. Exempel på svämningens varaktighet som varierar med olika vattenstånd och dess koppling till vegetationstyp (Ask och et al. 2011).

svämningsvaraktigheten (Figur 11 och Askling et al 2011). Exempelvis befann sig 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 fanns tuvtätelfuktängen 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 och även visuellt uppenbart att det är en avgörande faktor även här.

5.4. Gotlands torra somrar

Mycket utmärkande för Gotland är att det är nederbördsfattigt under sommaren, d.v.s. under en stor del av vegetationsperioden. Det gör att gotländska soligena kärr men också vissa topogena kärr helt torkar upp under sommaren och att grundvattenytan då ligger under den rotaktiva zonen och därmed inte bidrar med vattentillförsel till växtligheten. Detta är särskilt märkbart under de nederbördsfattiga månaderna maj och juni då det vanligen sker ett snabbt omslag från höga vattenstånd till att grundvattennivån kan ligga tiotals meter under markytan. Detta är en extrem situation på Gotland jämfört med hur det ser ut på fastlandet.

Att det ändå kan utbildas exempelvis soligena rikkärr på Gotland hänger samman med att det under tillräckligt lång tid under vegetationsperioden sker svämning och tillförsel av vatten. Detta sker under våren i början av vegetationsperioden vilket är en viktig del av säsongen eftersom det är då tillväxten ska ske av både rötter och skott. Sker svämning då kommer svämningståliga kärrväxter att gynnas i förhållande till fastmarksväxter. Sent under vegetationsperioden sker nästa period av svämning i samband med att höstregnen kommer och avdunstningen minskar. Denna del av säsongen kan också vara viktig för att strukturera vilka växter som kan leva kvar då detta är en period för frömodnad och lagring av näring till våren.

Mossor och landsnäckor är två utmärkande organismgrupper för rikkärr och de påverkas också starkt av den sommartorka som normalt råder på Gotland. Mossor, som saknar eget rotsystem, är helt beroende av att vatten finns i dess direkta närhet för att de ska kunna vara biologiskt aktiva. Bland mossor och landsnäckor, precis som hos kärlväxter, finns det dessutom arter som kräver kontinuerlig svämning eller blöta förhållanden. Extremerna bland vissa mossor kräver dessutom i princip källmiljöer med kontinuerliga källflöden för att kunna existera. Detta gör dessa båda grupper till synnerligen goda indikatorer för hydrologiska förhållanden.

5.5. 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. Exempelvis krympte utbredningen av ag i en del myrar där det helt enkelt blev för torrt i de högre liggande partierna.

5.6. Betydelsen av kalkhaltigt vatten och pH

Ett annat extremt utmärkande drag för Gotland är dess kalkrika förhållanden som givetvis hänger samman med den sedimentära kalkberggrunden. Förekomst av höga halter kalk och högt pH hänger samman vilket beror på att kalciumkarbonat från kalkstenen ger en svag bas när det går i vattenlösning. Både pH och förekomsten av kalcium har betydelse för vegetationen. Kalciumjoner i sig är i högre halter giftigt för de flesta växter och kombinationen högt pH och förekomsten av kalcium medför att tillgängligheten till vissa näringsämnen såsom fosfat och järn i det närmaste försvinner då de kemiskt komplexbinder med kalcium. Inverkan av kalk och därmed högt pH är en så starkt strukturerande faktor för vegetationen i våtmarker att det har kommit att användas som indelningsgrund för olika kärrtyper. 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). Benämningen rikkärr kommer inte av att kärren är särskilt näringsrika eller rika på arter utan det är kalkrikedomen och högt pH som är avgörande.

Samtliga våtmarkstyper i Hoburgsmyr är beroende av kalkhaltigt vatten och högt pH. Det är dock inte det enda som har betydelse när det kommer till vattenkemin. I senare studier har den kemiska grunden för indelningen förtydligats och idag anses parametrarna kalciumhalt, konduktivitet, magnesiumhalt och pH tillsammans ha betydelse för gradienten och därmed indelningen i olika kärrtypen (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 rikkärsmossorna 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (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 blååtelnkärren 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 mossfloran 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.

5.7. Gotland och den vattenkemiska sammansättningen

Att kalkhalten och den övriga vattenkemiska sammansättningen har stor betydelse för rikkärr men också agmyr är uppenbart vilket gör att frågan om ett vattens ursprung är intressant. Inom

ekologin är ett vanligt påstående att extremrikkärr såsom axagkärr eller kalktuffkällor kräver grundvattentillförsel eftersom det endast är det som har de rätta kemiska egenskaperna. Detta är ett riktigt och sant påstående för många rikkärr på fastlandet där de kemiska skillnaderna mellan ytvatten, ytligt grundvatten och djupare grundvatten kan vara mycket stora. På Gotland är förhållandena inte riktigt så utan istället är det tack vare den extrema kalkrikedomen i berggrunden och i princip i alla jordar så erhåller vattnet de kemiska egenskaper som krävs för ett extremrikkärr oavsett om vattnets ursprung är från nederbörden, vattendrag eller grundvatten. Sannolikt tar det inte många timmar efter att nederbörd har fallit förrän den kemiska jämvikten ställt in sig och för rikkärren "rätt" kemisk sammansättning erhållits. Detta har upprepade mätningar i tidsserier i olika typer av vatten visats för exempelvis rikkärren i Gotlands största rikkärrskomplex Hejnum Kallgate (Askling 2022).

5.8. Blekebildning

Bleke är en jordart som bildas genom sedimentation eller utfällning av kalciumkarbonat. Jordartsbildningen kräver kalkrika förhållanden. I Sverige var forskningen kring våtmarker och våtmarkers jordartsbildning tidigt framme och därmed världsunik med pionjärer som von Post, Du Rietz och Sernander och forskningen kring blekebildning var inget undantag. Rutger Sernander tog redan 1941 fram en indelning av gotländska blekejordar utifrån bildningsätt (Sernander 1941). I de topogena myrarna, d.v.s. de igenväxande gotländska träskerna, identifierade han fyra typer, varav följande två är de vanligaste förekommande: 1) Sjöbleke som bildats främst av blågröna bakterier, 2) Kalkgyttja som bildats av att sjöbleke blandats med sedimentation av exempelvis kransalger och musselskal. I de soligena myrarna indelade han bleke i tre typer: 1) Källbleke som kan ha både oorganiskt och organiskt ursprung 2) Källblekelera som är bleke med lerinslag (svämlera) och 3) Källkalkdy som är bleke tillsammans med humusämnen. Merparten av blekeförekomsten på Gotland består av sjöbleke och kalkgyttja och har alltså ett organiskt ursprung med bildning i vattensamlingar och sjöar där bleken vartefter sedimenterat på botten. När vattnet blivit tillräckligt grunt har särskilt ag kunnat etablera sig och därefter börjat bilda ett torvlager ovanpå bleken. Blekebildningen minskar när agen tätnar men upphör inte eftersom det fortfarande sker bildning så länge vattenfasen består. Däremot syns inte bleken längre utan sedimenteras tillsammans med torven.

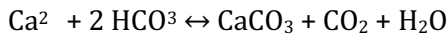
Blekebildningen på Gotland har skiftat över tid. Det hänger samman med landhöjningen och därmed Östersjöns olika vattenstånd från Baltiska issjön och framåt. Detta har påverkat hur vattnen har grundat upp och växt igen och därmed hur snabbt blekelagren vuxit till. Vid sidan av landhöjningen har klimatet spelat stor roll då torrt och varmt klimat ses som faktorer som gynnar utfällning av kalk (Gedda 2001). Under de många tusen år som varmetiden efter istiden varade var förutsättningarna för bildning av bleke särskilt goda. Denna tid sammanfaller med Östersjöstadierna för både Ancylussjön, Littorinahavet och den nuvarande Östersjön och förklarar en stor del av blekeförekomsterna på Gotland och också att man finner dem på olika platser och på olika höjder i landskapet. Detta innebär att blekeförekomster som är topografiskt högre belägna på Gotland i större utsträckning är relikta bildningar som i dagsläget i stort sett kan ha avstannat eller ha en ringa blekebildning. Redan Gösta Lundqvist (1925) använde blekebankarna i Tingstäde träsk för att rekonstruera sjöns utvecklingshistoria. Utifrån pollenanalyser daterade han att blekelagren började bildas under arktisk tid, genom Ancylussjöns och Littorinahavets perioder fram till atlantisk och boreal tid till nutid.

En jordprofil med sjöbleke, kalkgyttja och källbleke är ofta vit-gulaktiga och uppträder som en tydlig horisont i en jordprofil. Många rikkärr och merparten av agmyrar har en sådan blekehorisont.

I de fall det handlar om grundvattenutströmning med av löst kalciumkarbonat övermättat berggrundvatten uppstår mättnaden av att grundvatten transporteras i kalkberg under ett högre tryck än det atmosfäriska trycket vilket ger själva övermättnaden av löst

kalciumkarbonat. När grundvattnet sedan strömmar ut i en kärnmiljö återställs vattnet till det atmosfäriska trycket med följderna att bleke eller kalktuff faller ut.

En fråga som uppstår är hur vanligt och viktigt det är för rikkärren med denna typ av blekebildning i förhållande till alla andra bildningssätt. 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):



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. Det får till följd att bikarbonat och kalciumjoner minskar till vänster i jämviktsformeln samtidigt som kalciumkarbonat faller 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 förstas 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 fallas 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 högre. 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 vittring av kalkberg och mättnaden.

Ovanstående kunskap om vad som påverkar jämviktsförhållandet för kalciumkarbonat leder fram till vilka processerna är som ger idag kan ge blekebildning i källkärr och kalktuffkällor. De listas av Boyer & Wheeler (1989) och består enligt dem 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.

Utfällningen styrs alltså av både kemiska och biologiska processer och relationen mellan dem kan variera, men de biologiska processerna är viktigare än man tidigare trott. I bland annat norra Polen har ekohydrologin studerats noga i samband med restaureringar av kalktuffkällor och rikkärr (Wojewko m.fl. 2019). Slutsatsen är att i boreala förhållanden är temperaturgradienten och i normala fall det atmosfäriska trycket inte av någon stor betydelse, jämfört med varmare klimat där särskilt temperaturen är viktigare. Det är istället växtlighet och blågröna bakterier som står för merparten av bleke- och tuffutfällningar i de polska källkärr- och källmiljöerna. Det är mycket sannolikt att dessa förhållanden också gäller Gotland.

Sammanfattningsvis kan sägas att kalktuff och bleke är viktiga strukturer i rikkärr och har betydelse för exempelvis vissa mossor. Bakgrunden till blekeförekomst och blekebildning kan dock ha många orsaker. Slutsatsen är att blekebildning i rikkärr som kommer av utströmmande berggrundvatten med all sannolikhet är kraftigt överskattad på Gotland och i de flesta fall av en

helt underordnad betydelse. Istället är sannolikt de biologiska processerna viktigare för nybildning samt att en stor del av nuvarande förekomster är relikta.

5.9. Vattenhushållning och torkkänslighet

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 vatten i jordlagren tillsammans med ytvattenavrinningen som försörjer växterna med vatten. Rent berg har i princip ingen vattenhållande förmåga alls och även den vattenhållande förmågan i den sedimentära kalkberggrunden är mindre än vad en jord klarar av.

Vatteninnehållet i jord styrs av porositeten, d.v.s. porutrymmet mellan de aggregat som bygger upp en jord. Allt vatten i porutrymmet kan dock inte avrinna som grundvatten till berg eller till en bäck utan här talar man om den effektiva porositeten. Ett sorterat grusmaterial kan ha en porositet på 28–48% enligt Grip & Rodhe (2016) där i stort sett all porositet utgör effektiv porositet, d.v.s. allt vatten kan avrinna eller infiltrera djupare. Porositeten i lera och silt brukar variera på 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% (Grip & Rodhe 2016). Porositeten i ytliga jordlager är också normalt sett 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 vattenhushållande förmåga vilket jämnar ut flöden och gör vatten tillgängligt för växtligheten under torrare perioder.

Porositeten i torv kan vara så mycket som 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 2016).

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. Vissningsgränsen 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 märegera kan det kapillära växttillgängliga vattnet överstiga det dränerande (fältkapaciteten) med fem-sex gånger. Av det kan man förstå att våtmarksvegetationen kan vara mycket resiliert mot torrsomrar.

Gotlands torra somrar och det faktum att rikkärr under normala förhållanden torkar upp sommartid gör det relevant att undersöka förutsättningar för våtmarksvegetationen att upprätthålla vattenbalans. Under vegetationsperioden regnar det normalt ca 250 mm. Denna nederbörd tillsammans med den lagrade kapaciteten av vatten i jorden behöver räcka till med marginal för att även kunna uthärda torrår. Det saknas tyvärr litteraturuppgifter om hur mycket vatten exempelvis ag, knappag och axag behöver per dag för att klara sig men däremot finns det uppgifter för exempelvis åkergrödor i Mellansverige att tillgå. Dessa borde vara mer

vattenkrävande än nämnda våtmarksarter, inte minst med tanke på att ettåriga åkergrödor och vallar ska tillväxa snabbt och därmed behöver mer vatten.

Berglund (1981) uppger att grovt räknat behöver åkergrödor ett vattenförråd på ca 3 mm per dag kring rotzonen vilket ger ca 100 mm åtkomligt vatten per månad. För hela vegetationsperioden blir detta ca 300-400 mm. I jämförelse med att det i medeltal regnar i genomsnitt 250 mm under vegetationsperioden ställer detta krav på markens magasinering förmåga. Det som gör Karin Berglunds (1982) studier intressanta är att de är utförda på åkerjordar på tidigare utdikade myrar på Gotland. I flera fall har det tidigare torvlagret nästan oxiderats eller odlats bort vilket gör att blekelager i form av sjöbleke och kalkgyttja ligger ytligt. Dessa jordar har bland annat studerats med avseende på just vattenhållande kapacitet. Slutsatsen av den studien är att blekejordarna liknar mycket organiska jordar vilket betyder att den vattenhållande förmågan är mycket stor.

Det behöver heller inte vara rena blekejordar för att den vattenhållande förmågan ska vara god utan även minerogena jordar med inslag av torv har en god hushållande förmåga. Det är först när det blir mycket kompakta och lerhaltiga jordar utan organiskt inslag som den vattenhållande förmågan drastiskt minskar. Å andra sidan verkar dessa jordar som tätande skikt om de ligger under en organogen jord och därmed kan hindra dränering av vatten till berggrunden.

Om man tillämpar Berglunds studie på Hoburgsmyr så är det en jord med stora organogena inslag i form av torv, sjöbleke, kalkgyttja och mot kanterna med ökande minerogent inslag. Detta skulle innebära att det inom rotzonen för knappagkärr åtminstone borde finnas en kapacitet på minst 150 mm och i agmyren så mycket som 200-250 mm. Detta är en hög andel av sommarens nederbörd och jämförs den med vad växtligheten behöver är det sannolikt att ag kräver en stor vattentillgång eftersom växten är kraftig, högväxt och med förhållandevis mycket bladtytor. För knappag kan man anta att det reella behovet av vatten är avsevärt lägre med tanke på att arten är relativt låg, utan bladskivor och med rundade strån. Med tanke på att knappag klarade sig väl under torråret 2018 kan man sluta sig till att en kapacitet på 150 mm räcker länge.

Ovanstående resonemang är förstås inga exakta beräkningar utan en teoretisk bedömning för att illustrera rikkärrens och agmyrens resiliens mot uttorkning under enstaka år. Oavsett hur den i verkligheten ser ut går det att konstatera att den inte är sämre utan snarare mycket bättre jämfört med vanliga åkerjordar vilket talar för en mycket god vattenhushållande förmåga.

5.10. 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. Kärrret blir då mer utsatt för regnvatten och snabbt tillrinnande ytvatten vilket åtminstone tillfälligt kan sänka både pH och konduktivitet. Vid torvbildning 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 gödslings effekter 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.

5.11. 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 uppfrysningmarker såsom blekevåtar 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 frostskaas och plantorna dör.

5.12. 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 dränkingsvaraktighet, årsamplitud och lägsta vattenstånd under sommaren och vintern.

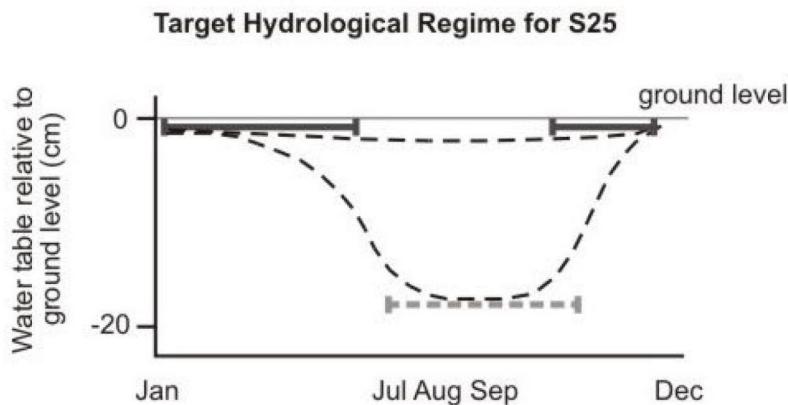
Agmyr

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 12) 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 12. Förslag till vattenregim för enge ska agmyrar enligt Wheeler et al. (2004).

Knappagkärr

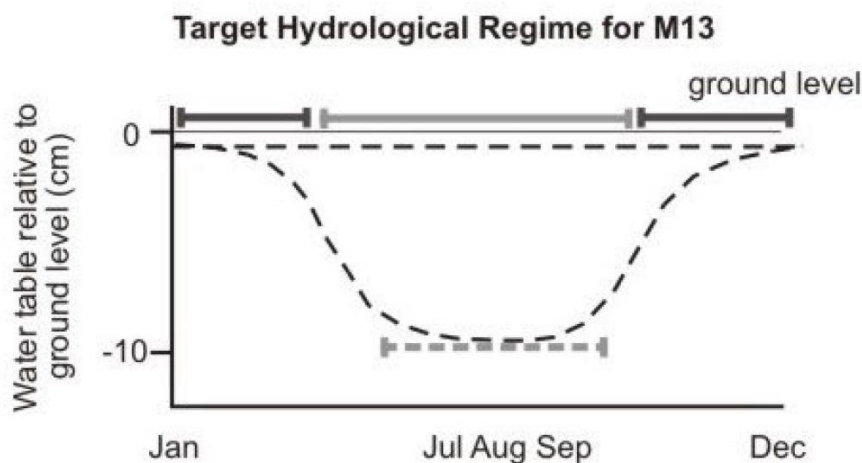
Knappagkärren domineras av en art, knappag, även om vegetationstypen som helhet är rikare på både rikkärrsmossor och andra rikkärrskärlväxter jämfört med agmyren. Vegetationstypen har som tidigare nämnts en mer västlig utbredning och betecknas som mer atlantisk och därför finns en hel del forskning gjord 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 knappagkarr en snävare amplitud för vattennivåer och begränsas nedåt i topografien av översvämningrisker 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 strandzoner 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 13).

Översätts ovanstående ekologiska data till gotländska förhållanden så finner man knappagkarr 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 13. Föreslåg vattenregim för engelska knappagkarr enligt Whiteman et al. (2004)

Axagkarr

Axagkärren påminner ekologiskt mycket om knappagkärren även om det finns vissa skillnader. Den viktigaste skillnaden tycks vara att axagkarr är än mer kopplade till utströmmande grundvatten och ytvatten än vad knappagkarr 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 under 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 sommarlågvattnet på ca 5 cm jämfört med marknivån. Mossornas större känslighet kan visserligen förklaras mer av vattenkemins sammansättning kontra kärleväxternas 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 vegetationsssäsongen (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.

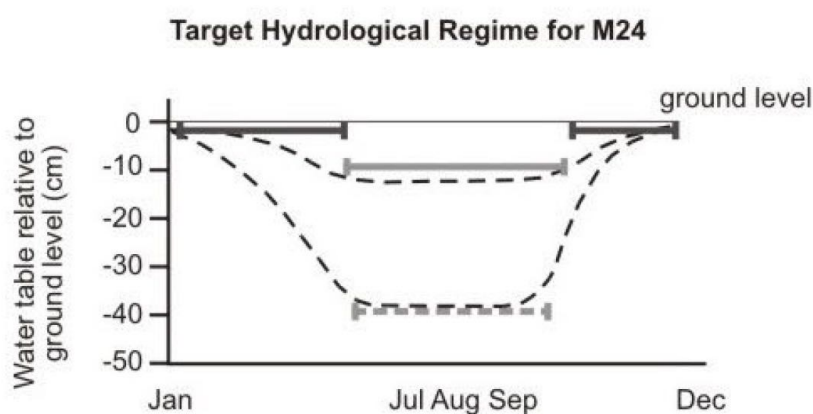
Under sommaren ligger grundvattennivåerna ofta så lågt att grundvattenutträngning till många kärr inte är möjlig utan dessa är då helt beroende av ytvattentillförsel från ett relativt begränsat avrinningsområde som innefattar själva våtmarken och dess närmaste omgivning. Förutsättningarna liknar då de för knappagkärr, 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.

Blåtåtelkärr (blåtåtel-fuktäng)

Blåtåtelkärr och dess torrare variant blåtåtel-fuktäng 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 nämnas 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 (Målson 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 sommarlågvattnen 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 14 (Whiteman et al. 2004). Om blåtåtel-fuktängen torkar ut för mycket ersätts den av torrare vegetationstyper med exempelvis älvväxing.



Figur 14. Förslag till vattenregim för engeska blåtåtelkärr enligt Whiteman et al. (2004)

5.13. 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).

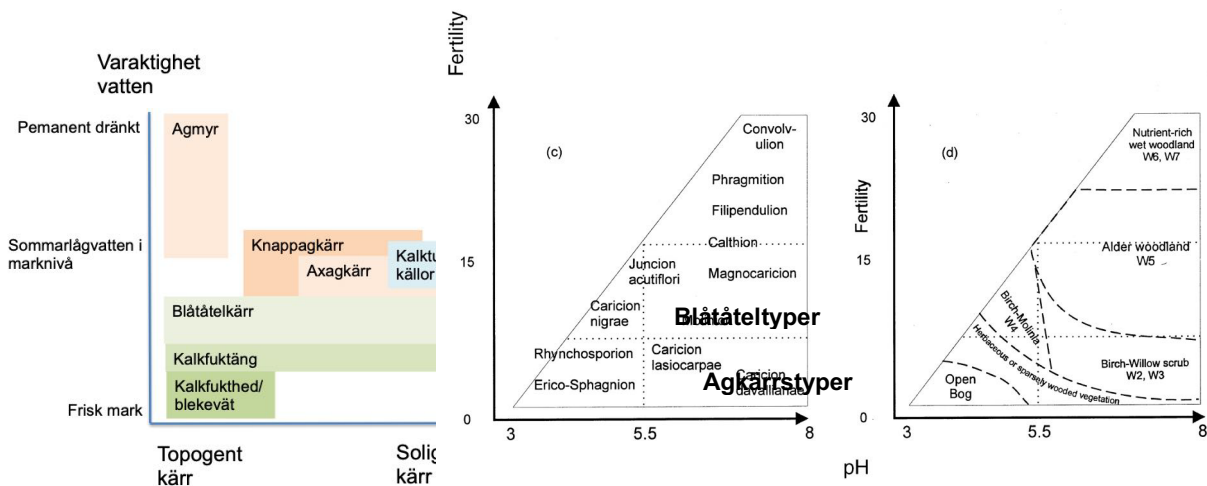
Det har gjorts en hel del studier om hur alger, kransalger, svampar och snäckor förhåller sig till vattenkemiska parametrar i rikkärr (se Hájek et al. 2006). Den bästa förklaringsgraden för förekomsten av arter i alla dessa grupper har dock vegetationsammansättningen i form av olika vegetationstyper. 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 vegetationsammansättningen 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.

5.14. 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 15 illustrerar de två gradienter som är viktiga när det gäller vattenregimen. På X-axeln 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 figur 15 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.

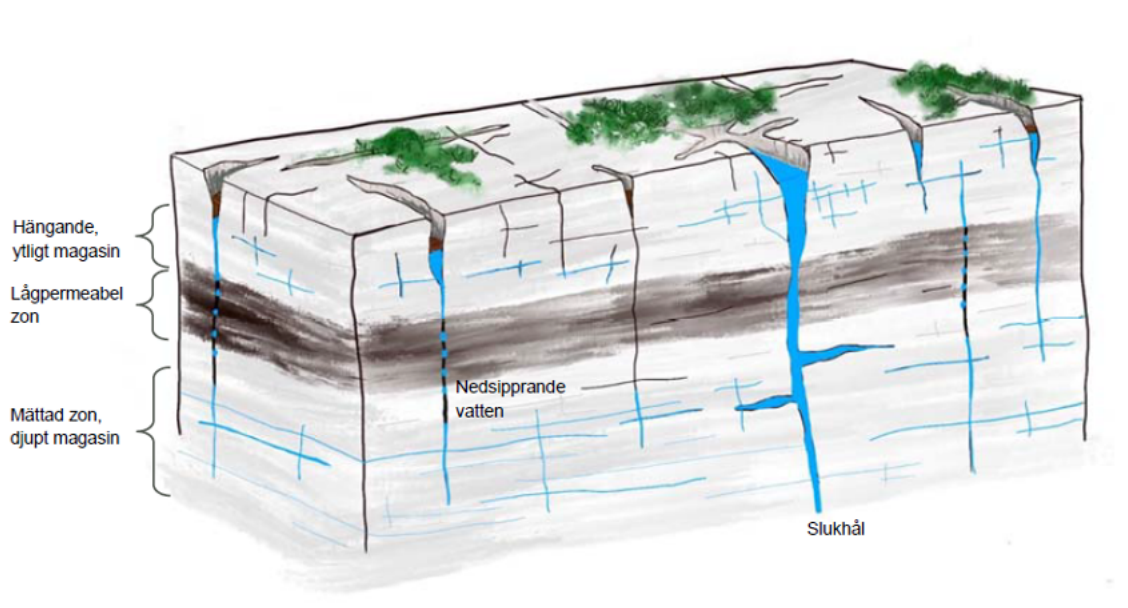


Figur 15. Två figurer som sammanfattar de olika vegetationstypernas beroende av parametrar knutna till vattenregim respektive vattenkem. Den senare är tagen ur Wheeler & Proctor (2000). För ytterligare förklaring, se öfvertexten.

6. Ekohydrologiska förutsättningar för Hoburgsmyr

6.1. Grundvatten i jord och berg

Som på andra platser på Gotland består området av sedimentär berggrund i form av kalksten. I den ytliga kalkstenen förekommer det flera så kallade hängande grundvattenmagasin och i den djupare kalkstenen finns det ett mer sammanhängande grundvattenmagasin. Den konceptuella bilden är framtagen genom mångåriga observationer i och omkring befintlig täkt i samband med långtidsobservationer samt med utförda tester och geotekniska undersökningar och sammanfattas i Figur 16.



Figur 16. Schematisk bild över berggrunden, där tätare lager skapar olika grundvattenmagasin i kalkstensstruktur.

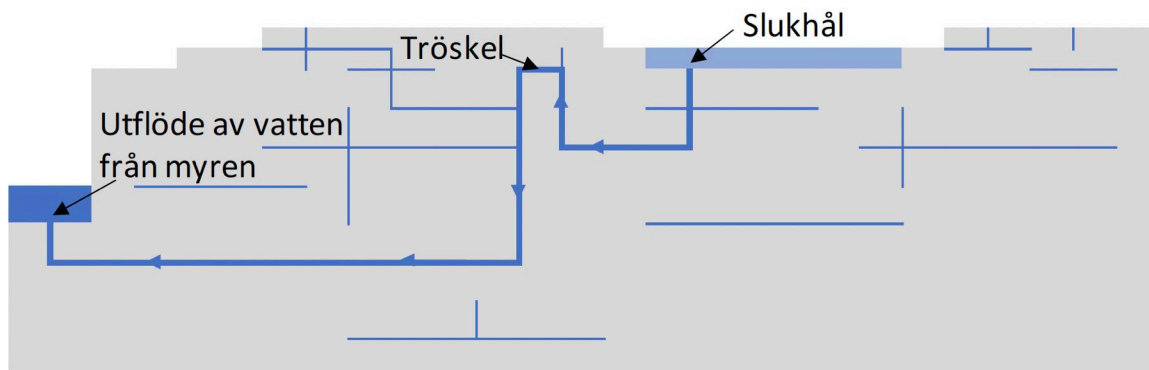
Förklaringen till bildandet av dessa hängande grundvattenmagasin är hur vattnet rör sig genom berggrunden. I kalkstenen kommunicerar grundvattnet i huvudsak i horisontella sprickplan och kontakt mellan olika sprickplan sker via öppna brantstående eller vertikala sprickor. De vertikala sprickorna har dålig hydraulisk kommunikation med varandra till följd av deras begränsade utbredning samt av den i övrigt mycket täta kalkstenen. Däremot har de horisontella sprickorna generellt sett större areell utbredning. De horisontella sprickorna har generellt låga magasinhalter (innehåller en liten vattenvolym) och en lägre vattengenomsläpplighet än de brantstående sprickorna.

Det leder till att det generellt finns lägre vattentrycknivåer i det djupare berget jämfört med det ytligare berget. Den stora trycknivåskillnaden visar på att den hydrauliska kontakten mellan det ytliga berget och det djupa berget är mycket dålig i vertikalled. Det innebär att det finns ytliga hängande lokala magasin, där grundvatten från de ytliga magasinerna långsamt läcker ner genom en lågpermeabel zon av tätare kalksten, till ett djupare grundvattenmagasin.

Det djupa berget uppvisar en bättre hydraulisk kontakt i horisontalled med större areell utbredning än det ytliga. Det ytliga kalkberget uppvisar flera olika mindre magasin med sämre hydraulisk kontakt i horisontalled. Lokalt kan även god hydraulisk kontakt förekomma mellan

det djupa och det ytliga kalkberget, vilket tex finns dokumenterad vid Hoburgsmyr som dräneras genom ett slukhål.

Avvattning av myren sker via ett s.k. slukhål, dvs en karststruktur, i nordvästra hörnet. Vatten leds till slukhålet via dikning. Kartsstrukturen har en hydraulisk kontakt med det gamla stenbrottet Storugnsdagbrottet ca 200 m NNV om Hoburgsmyr (SGU 2002). Avvattningen från Hoburgsmyr styrs av en tröskelnivå i det (karst)system som slukhålet ansluter till (SGU 2020). Då avvattning sker till ett grundvattenmagasin med lägre nivåer än myrens markyta avgränsas avvattningen dels genom tröskeln, dels genom mängden vatten som kan flöda genom systemet (Figur 17)



Figur 17. Princip över hur avvattning via slukhål med en tröske kan se ut. Tröskeln tillsammans med hur mycket vatten som kan flöda genom systemet styr avvattningen. Nivån på vilket utfödet sker saknar betydelse för avvattningen.

I Hoburgsmyr utgörs de övre jordlagren av torv och kalkgyttja i ytan, som sannolikt underlagras av av moränlera (SGU 2002). Jordlagren bedöms som täta enligt SGU. Myrens existens bygger på förekomsten av tätande jordarter som underlag i ett bäcken till vilket det rinner vatten från ett tillrinningsområde. På myrens västra sida finns ställvis berg i dagen (SGU 2002).

De små och preliminära undersökningar som hittills utförts med hjälp av jordsond av Calluna bekräftar egentligen den bild SGU har av jordlagren. Det som kan tilläggas är att i det större bäckenet i söder som innehåller den stora agmyren sannolikt underlagets av sjöbleke under kalkgyttjan innan moränlera tar vid. Sedimenten har för rikkärr i gotländsk kontext en betydande tjocklek vilket ytterligare stärker bilden av att Hoburgsmyr bildar ett eget bäcken som är tätt ned mot berggrunden vilket i sin tur betyder att det vid sidan av det avvattande slukhålet inte är särskilt sannolikt att exempelvis underliggande karststrukturer skulle innebära någon hög grad av vattenbyte. Vid jordsonderingen hittades för övrigt en karstspricka under myren i den norra delen i övergången mellan knappagkärr och agmyr på ett sedimentdjup på ca 0,5 meter. Ett sådant lager av bland annat bleke innebär ett gediget tätskikt. Om det hade varit så att det skulle ske en dränering eller omvänt en källmiljö vid denna karstspricka hade det synts på vegetationen men platsen avvek inte det minsta från det omgivande kärret.

6.2. Avrinningsområde och topografiska förhållanden

Hoburgsmyr ligger i ett avrinningsområde som sträcker sig framför allt norr och söder om myren. I öster finns en vattendelare mot Mölnersmyr och mot väster Klinthagentäkten. I avrinningsområdet finns det förutom Hoburgsmyr vissa vattenmagasin i form av mindre kärr och strandvallar. Strandvallen längst i sydost har också en dämmande effekt med ett par uppströms liggande kärr som sakta infiltrerar genom vallen. Nedströms denna finns den enda

registrerade källmiljön och det måste röra sig om ett i berggrunden ytligt flöde eftersom det inte är långt till de topografiska höjdlägena i denna del av avrinningsområdet. Någon tillförsel av grundvatten från större djup bedöms inte ske enligt SGU (2002). Vid en äldre täkt nära Lillmyr i sydväst finns glacifluviala sediment av lite större mäktighet som omfattar sandigt-grusigt material med en tjocklek på några meter. En stor del av sedimenten är dock utbrutna och den magasinerande kapaciteten sannolikt liten. Den slutsatsen kan dras av att Lillmyr är den enda myren i avrinningsområdet som påvisar en tydlig igenväxning och degenerering som våtmark.

Som tidigare nämnts saknas känt utlopp från Hoburgsmyr vid sidan av slukhålet längst upp i norr. Topografiskt består Hoburgsmyr sannolikt av två bäcken åtskilda av något som möjligen kan vara en moränrygg som tvärrar i öst-västlig riktning genom den norra delen av myren. Den ryggen bör vara även den vara tät eftersom den överlagras av knappagkärr och det är endast i de absoluta höjdlägena någon tallholme finns. Knappagkärrret följer överlag den höjdsträckning som den eventuella moränryggen har genom myren. Vid högvatten hänger hela Hoburgsmyr samman hydrologiskt medan den kopplingen upphör vid någon punkt vid övergången mot lågvatten och bildar då två separata bäcken. Dessa separata bäcken får vid lågvatten en oerhörd skillnad vad gäller vattenregim. Det norra bäckenet kommer att styras av den fortsatta avrinningen och dräneringen till slukhålet vilket innebär att vattnet kommer att vara i rörelse och avsänkas snabbare än om det bara varit frågan om avdunstning. Det södra bäckenet däremot kommer att styras av avdunstning och eventuella kvarvarande flöden i bäcken från kärren i söder.

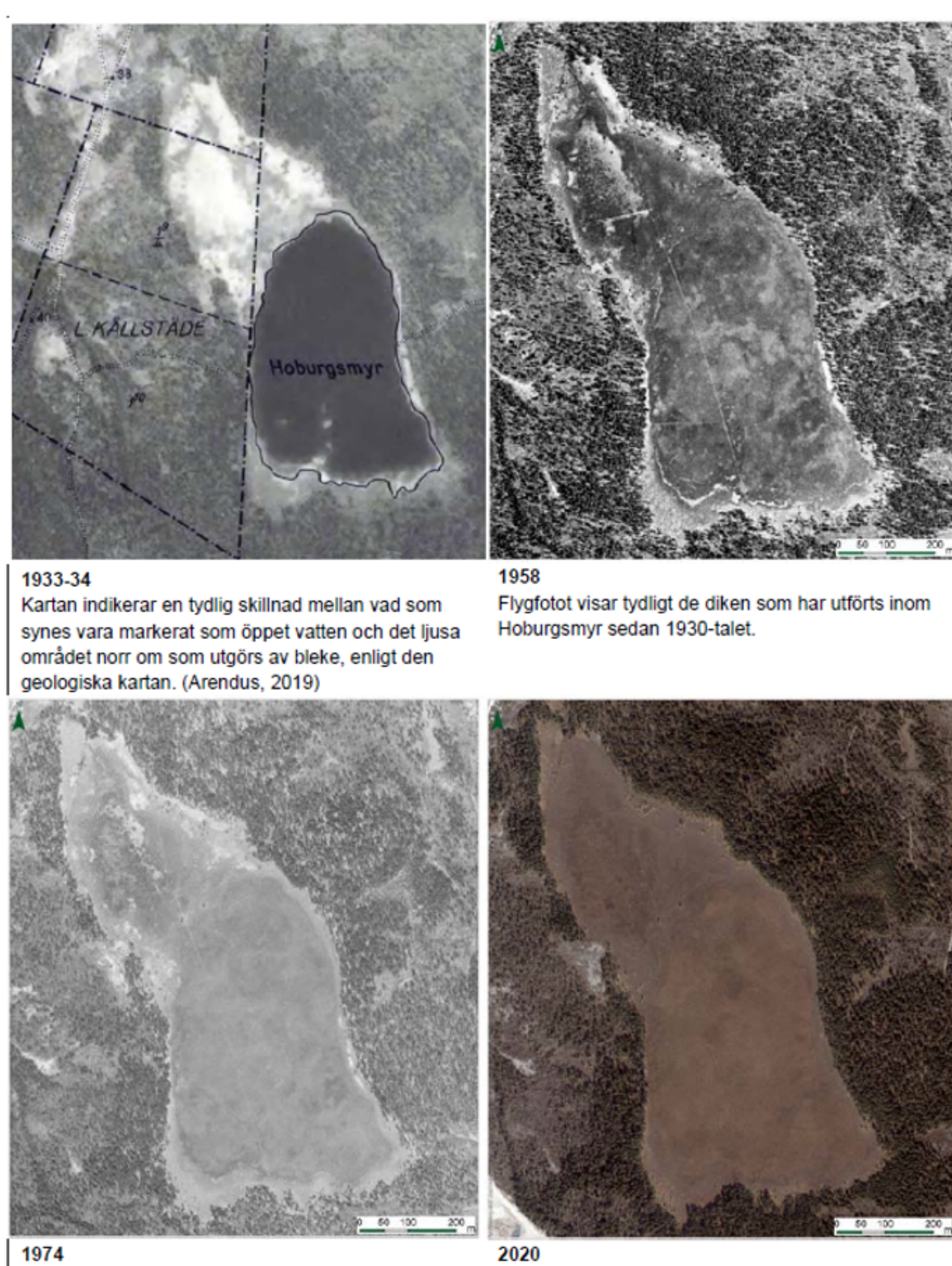
När det kommer till tillflöden finns det endast en tydlig bäckfåra i området och det är den agbeväxta bäcken som löper från det närmaste kärret i söder och ut en bit i knappagkärrret i Hoburgsmyrs sydligaste delar. Även ett stråk ner till slukhålet från sydost har karaktären av flödesriktning. I övrigt är det existerande diket till slukhålet ett tydligt utflöde om än konstgjort sådant.

6.3. Markhistoria och hydrologisk påverkan

Arendus har genomfört en historisk utredning om Hoburgsmyr och där framgår en hel del intressanta uppgifter (Carlsson 2019). Det kan konstateras att myren tycks ha haft samma ungefärliga utbredning sedan åtminstone 1600-talet som den har idag. Generalsstabskartan från 1890 visar också på det och historiska dokument antyder också att myren åtminstone bitvis har varit bevuxen av ag, d.v.s. den har varit blöt under lång tid. Det som sedan är lite märkligt är 1930-talets flygbilder som visar en radikalt annorlunda situation (Figur 18). Här består det norra bäckenet av frilagda blekeområden medan det i södra bäckenet finns öppna vattenytor. Vidare konstaterar Arendus att det på 50-talet sedan var nästan helt igenväxt med vegetation i både den öppna vattenytan i södra bäckenet och i blekefältet i norr. Mellan dessa flygbilder har det förflutit 27 år vilket är en extremt kort period för en sådan kraftig förändring om den inte har orsakats av att något radikalt skett vad gäller vattenregimen.

Studerar effekterna av flera myrutdikningar på Gotland så uppvisar dessa likheter med hur det såg ut i Hoburgsmyr på 1930- respektive 1950-talet. Vid myrutdikningar uppkommer ofta blekefält som antingen är befintliga blekeytor som tidigare utgjorde botten på myrar och träsk med öppet vatten eller att blekeytorna uppkommit som en följd av att den organiska torven helt enkelt oxiderat eller eroderat och därmed frilagt bleken. I vissa fall har uppodlingar skyndat på denna process och det finns uppgifter från tiden kring 1920-30-talet om att marker med mycket torv sjunkit med tre decimeter på tio år vilket motsvarar tre centimeter om året. Sernander (1941) tar också upp problemet med att vid friläggning av sediment kan vinderrosion vara ett problem som snabbt ger stora blottor med bleke. Den snabba igenväxningen av det södra bäckenet antyder alltså att någonting hänt med vattenregimen. En sänkning av Hoburgsmyr

innan 1930 skulle kunna vara orsaken till det som syns på 1930-talets flygbild samt också förklara den snabba igenväxningen fram till 1950-talet.



Figur 18. Flygfoton över Hoburgsmyr från 1930-talet till 2020-talet (ur Carlsson (2019)).

Enligt Arendus saknas det helt uppgifter om några avsänkingsföretag för Hoburgsmyr men det är ingen garanti för att det inte hänt någonting där. Exempelvis kan det ha räckt med en mindre åtgärd som exempelvis att vidga slukhålet för att få till en större avvattande effekt. Förhoppningsvis kan kommande analyser av jordprofiler ge ett svar på om det skett någon avsänkning under den senare delen av 1800- till 1930-talet.

Hoburgsmyrs tillrinningsområde har enligt SGU minskat med ca 25% sedan 1977 till följd av brytning av Storugnsdagbrottet och Klinthagentäkten (SGU 2020). Denna minskning av tillrinningsområdet har skett utan synbar förändring av Hoburgsmyrs utbredning, se figur 18.

7. Slutsatser kring utökningen av Klinthagen och Hoburgsmyr

7.1. Inledning

Den tidigare gjorda avgränsningen som resulterade i att rikkärr och agmyr identifierades som relevanta att närmare analysera ur ett hydrologiskt perspektiv säger ingenting om hur bevarandestatusen kan förändras eller i juridiska termer om en verksamhet riskerar att skada en livsmiljö eller orsaka en störning som på ett betydande sätt försvårar bevarandet av arten i området. Riskbedömningen syftar till att besvara dessa frågor vilket innebär att mer information om både påverkan och kunskap om naturtyper och arter behövs.

En riskbedömning i samband med Natura 2000-ärenden fyller egentligen två funktioner. Det är en del i den egna avgränsningen och analysarbetet och ingår där som ett steg i att identifiera de relevanta arterna och naturtyperna. I riskanalysen tas därmed större hänsyn till graden av påverkan av en planerad verksamheten i förhållande till de bevarandemål och den påverkan på bevarandestatus som verksamheten kan få på utpekade arter och naturtyper. Den andra funktionen i en riskanalys är att svara upp gentemot prövningsmyndighetens process och där fyller begreppet "risk" en viktig funktion om en verksamhet kräver tillstånd eller inte.

En riskbedömningen utgår från begreppet gynnsam bevarandestatus och resultatet av analysen ger en nettolista över de arter och naturtyper som riskerar försämrad bevarandestatus samt en avgränsning av vad det är för typ av påverkan som ger upphov till denna risk. Det är således en avgränsning av både arter och naturtyper samt relevant påverkan. Av tabell 2 framgår den matris av kriterier för riskbedömning som Calluna använder. Denna matris används för att riskbedöma varje typ av påverkan, d.v.s. att det räcker att en typ av påverkan eller en kombination av flera typer av påverkan ger en risk för försämrad bevarandestatus för att en art eller naturtyp ska tas upp på nettolistan och därmed konsekvensbedömas. De arter och naturtyper som förs till nettolistan är de som hamnar i klass 1 eller 2.

Några kommentarer kan vara på sin plats i förhållande till matrisen i tabell 2. Arealkravet kan upplevas som diffust och vid första anblicken kan det vara svårt att avgöra vad som är en "stor yta som riskerar påverkas/försvinna". En närmare precision är dock inte möjlig att göra eftersom olika naturtyper förekommer i olika mängd och vanlighet. En kalktuffkälla på några kvadratmeter är exempelvis en stor förlust om hela källmiljön skulle försvinna då det är en ovanlig naturtyp med begränsad yta. För exempelvis taiga eller fjällbjörkskog är förhållandet normalt det omvända. Det som ändå kan sägas är att riskbedömningen alltid ska motiveras och vila på försiktighetsprincipen. I detta ingår också att värdera osäkerheter i kunskapsunderlaget.

När det gäller arter finns det en inbyggd svårighet i att riskbedöma en populations utveckling när fakta om populationsstorlek, populationsdynamik, spridningsekologi och kunskap om hur stor en population behöver vara i praktiken etc ofta saknas. I sällsynta fall finns kunskapen med en metod för när den saknas är att använda sig av metodiken för rödlistning. Begreppet "Förekomstarea" ur B-kriteriet för Internationella naturvårdsunionens (IUCN:s) rödlistning kan då användas eftersom det är en approximation av en populations storlek, se vidare Gärdenfors (2018).

Tabell 2. Kriterier som används för riskbedömning av arter och naturtyper.

Risk	Klass	Arealkrav*	Struktur och funktionskrav**	Populationskrav*	Utbredningskrav***
Stor risk	1	Stor yta riskerar att försvinna/påverkas Hög ande (>5%) Natura 2000-habitat riskerar försvinna/påverkas	Stor risk att viktiga strukturer eller funktioner försvinner eller påverkas	Förekomstareal riskerar att ändra "röd status" oaktat naturliga Stor risk att typiska arter minskar	Stor risk för förändrad utbredning
Måttlig risk	2	Liten-medelstor yta riskerar att försvinna/påverkas Liten-medelstor ande (>1%) Natura 2000-habitat riskerar försvinna/påverkas	Viss risk att viktiga strukturer eller funktioner försvinner eller påverkas Stor risk att mindre viktiga strukturer eller funktioner försvinner eller påverkas	Förekomstareal minskar >1% Viss risk att typiska arter minskar eller stor risk att någon enskilda typiska art minskar	Viss risk för förändrad utbredning
Obetydligt risk	3	Obetydligt yta riskerar försvinna/påverkas Obetydligt ande (0-1%) av Natura 2000-habitat riskerar försvinna/påverkas	Liten risk att viktiga strukturer eller funktioner försvinner eller påverkas Viss risk att mindre viktiga strukturer eller funktioner försvinner eller påverkas	Förekomstareal minskar <1% Liten risk att typiska arter minskar eller viss risk att någon enskilda typiska art minskar	Ingen risk
Ingen risk	4	Ingen yta riskerar försvinna/påverkas Ingen ande av Natura 2000-habitat riskerar försvinna/påverkas	Inga strukturer eller funktioner påverkas	Ingen risk för förändring av förekomstareal eller förekomst av typiska arter	Ingen risk

* Går på både naturtyp och arter. För en art behöver "Stor yta" sättas i relation till artens nyttjande.

** Går på endast naturtyp. *** Går på endast arter.

7.2. Påverkan av riskbedömning

I grunden kan en utökning av Klinthagentäkten endast orsaka indirekt hydrologisk påverkan men den kan i sig ge olika effekter. Dessa effekter kan utifrån matrisen verka på olika sätt utifrån om det påverkar en struktur och funktion i en naturtyp eller att den kan ge populationseffekter hos en typisk art. Det finns därför en god anledning till att bryta ner hydrologisk påverkan i ett antal potentiella effekter. Dessa effekter är efter många prövningar av kalktäkter på Gotland och annorstädes tämligen kända och kan listas för Klinthagens del i att bestå av:

- Sänkning av grundvattennivåer genom ökad dränering av grundvatten i berg
- Minskad grundvattenutströmning från berg genom ökad dränering av grundvatten i berg
- Minskad ytvattentillströmning genom minskat avrinningsområde
- Minskad dränknings- eller svämningsvaraktighet/förändrad vattenregim genom en kombination av dränering av grundvatten i berg och minskat avrinningsområde
- Minskad tuff- eller blekebildning genom förändrad förändrade jämviktsförhållanden för kalciumkarbonat i fast och löst form
- Förändrad vattenkemisk sammansättning genom förändrad andel utströmmande grundvatten som härstammar från ytliga respektive djupare förhållanden

7.3. Riskbedömning

Sänkning av grundvattennivåer

Någon sänkning av ytliga grundvattenstånd är inte aktuella då täktens utökningsområden inte berör avrinningsområdet för Hoburgsmyr.

När det gäller det djupare grundvattnet i berg sammanfaller Hoburgsmyr med det område som identifierats kommer att avsänkas. Det innebär inte per automatik att det uppstår en dränering av Hoburgsmyr. För att det ska uppstå sänkta grundvattennivåer som de facto påverkar Hoburgsmyr till följd av inläckage av berggrundvatten i täkten krävs det att berget i utökningsområdena och i Hoburgsmyr fungerar som kommunicerande kärl. De nu upprepade studierna som gjorts av det ytligare och det djupare grundvattnet har visat att de sänkta trycknivåerna som uppkommit i de djupare och mer genomsläppliga lagren i berg inte följts av en motsvarande sänkning i de ytliga berglagren kring Hoburgsmyr. Det innebär att transporten av vatten från ytligare lager begränsas av andra faktorer och överensstämmer med den bild som finns att det ytligare berget består av ett antal lokala grundvattenmagasin med en långsam transport till djupare berglager.

I Hoburgsmyr och i ett par referensområden har ytliga vattenstånd följts upp under några år. Tidsserien är ännu så länge inte lång men visar hittills inga skillnader mellan Hoburgsmyr och referensområdena. Även detta talar för att Hoburgsmyr ska ses som ett eget grundvattenmagasin som i huvudsak är tätt mot det underliggande berget men genom slukhålet sker en transport av vatten till ytliga lager i berget och en trögare transport till ännu djupare berglager. Denna transport rymmer dock enligt SGU en tröskel vilket gör att borttransporten upphör vid en viss nivå. Denna tröskel kommer inte att förändras vid en utökning av täkten vilket även gäller jordskiktens tätande förmåga.

Slutsatsen är att en utökning av täkten innebär en liten risk för sänkta grundvattennivåer i Hoburgsmyr.

Minskad grundvattenutströmning från berg

Någon sänkning av ytliga grundvattenstånd är inte aktuella då täktens utökningsområden inte berör avrinningsområdet för Hoburgsmyr. Det innebär att grundvattenströmmar som eventuellt mynnar i Hoburgsmyr saknar hydraulisk kontakt med utökningsområdena.

Utöver det visar vegetationskarteringen av Hoburgsmyr att det inte existerar några uppenbara källflöden längs myrkanterna eller ute i myren. Att det skulle ske massiva inflöden i de mäktigare kalkgyttje- och sjöblekelagren i agmyren är inte särskilt troligt då bleke har en starkt tätande effekt. Den enda platsen som är logisk som utströmningsområde skulle vara i knappagkärret som löper genom myren och separerar de två större agmyrarna i två bestånd. I

denna del är sedimenten relativt grunda och det kan inte omedelbart förkastas att ett diffust utströmmande grundvatten förekommer här. Det som talar emot är att vegetationen säger någonting annat. Knappagkärret i denna del avviker ingenting från andra motsvarande delar av myren och sådana strukturer som ett ökat inslag av axag eller mossor som visar på källpåverkan saknas helt. Dessutom visar jordsonderingarna på att blekelagret i denna del är nästan obefintligt till tunt i sin omfattning, vilket innebär att det saknas blekebildning som skulle kunna härstamma från berggrundvatten.

Istället har utbredningen av knappagkärret en annan och mycket sannolikare förklaring. Som framgått tidigare delas Hoburgsmyr i två bassänger med varsin lågpunkt. Till följd av att slukhålet ligger i den ena ger det helt olika hydrologiska förutsättningar mellan de två bäckena. Uppkomsten av knappagkärr kräver en viss rörlighet i markvattnet och samt att dräkningsvaraktigheten inte blir för kraftig och för lång. Knappagkärr gynnas därför av vattenstånd som är ganska jämna under vegetationsperioden och håller sig kring marknivån och en bit under. I och med slukhålet sker en borttransport av vatten som hindrar att det blir omfattande svämningar, särskilt under vegetationsperioden. Vidare ger slukhålet upphov till en rörelse i vattnet med en riktning mot slukhålet. Det ger en något syrerikare miljö och andra näringsförhållanden än vad som annars skulle ha varit fallet. Dessa små variationer är sannolikt vad som räcker till för att ett knappagkärr ska utbildas. Att det i de blötare delarna av det norra bäckenet växer en agmyr som inte uppvisar samma vitalitet och täthet som i södra delen av Hoburgsmyr stöder också detta. Hade slukhålet inte funnits hade med all sannolikhet inte heller rikkärret haft samma utbredning som det har utan istället hade agmyr tagit över betydligt större delar av Hoburgsmyr.

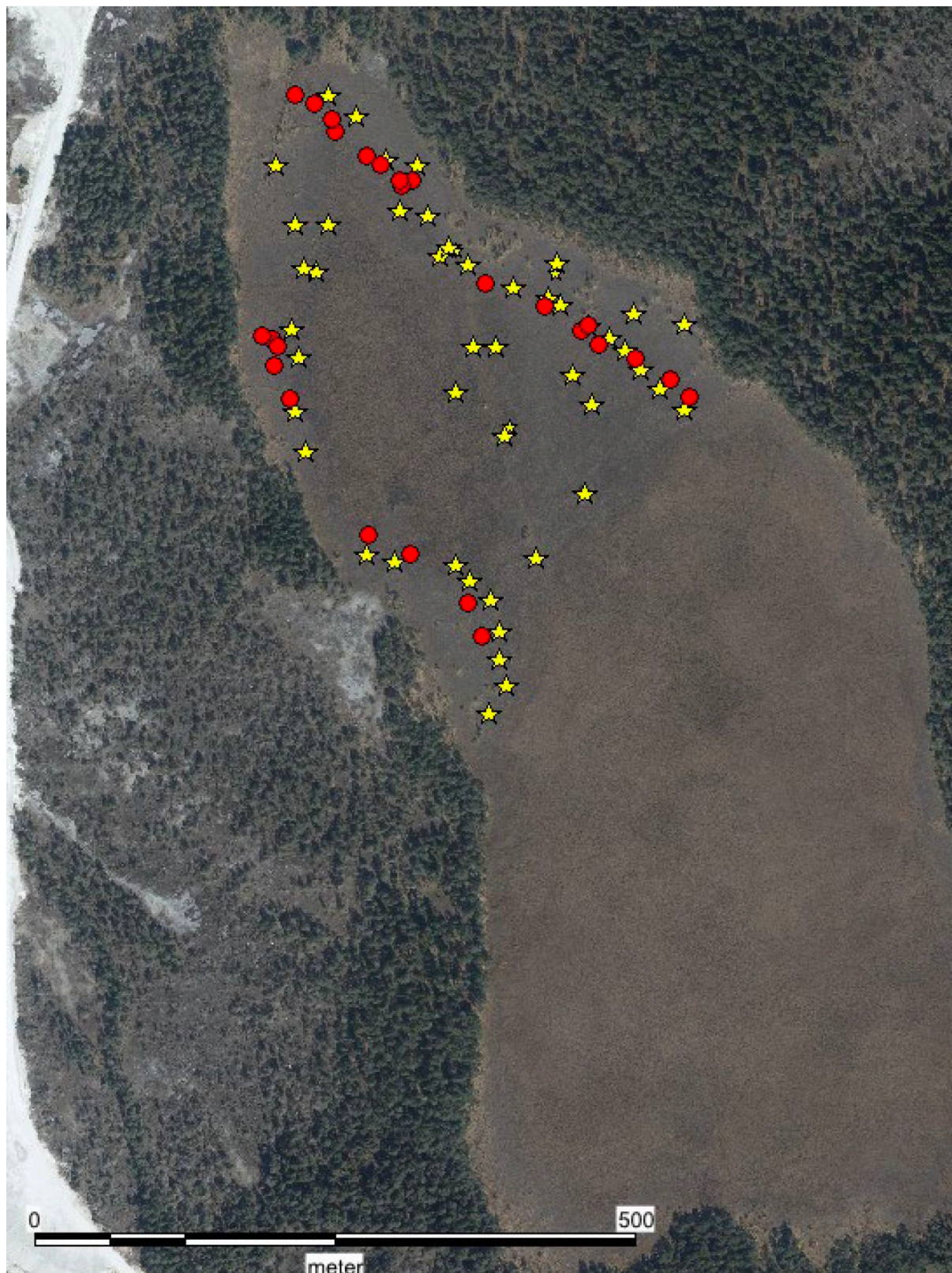
Slutligen, att den mycket krävande orkidén kärnnycklar har en av sina största förekomster i Norden i denna del av Hoburgsmyr kan också förklaras av denna vattenregim som skapats genom slukhålet. I bevarandeplanen för Hoburgsmyr framgår det att förekomsten av kärnnycklar har minskat men vid en inventering under 2022 som utfördes på uppdrag av Länsstyrelsen på Gotland (Ekologigruppen 2023) kunde det återigen konstateras en omfattande förekomst av kärnnycklar (Figur 19). Kärnnycklar har två viktiga krav på sin livsmiljö och det är att den vill ha tillräckligt blött under juni månad samt att den behöver avsevärd upptorkning under juli och augusti. De viktigaste växtplatserna ligger i en zon inom knappagkärret vilket antyder en koppling till dräkningsvaraktighet och ett visst genomsnittligt vattenstånd under vegetationsperioden. Så länge vattenstånden medger flöden på ytan mot slukhålet sker avvattningen relativt snabbt och vattenståndet kommer att påtagligt sjunka till den punkt när det inte längre finns fritt flytande vatten som strömmar in i slukhålet. Därefter sker dräneringen genom jordlager och den kommer att gå betydligt trögare vilket leder till att vattenstånden förblir relativt höga under inledningen av vegetationsperioden. Det är en gynnsam situation för kärnnycklar.

Det andra kravet för kärnnycklar, att det ska torka upp under högsommaren, sker genom naturlig avdunsning när temperaturen ökar under sommaren. Knappagkärr tål som bekant inte för stor svämning under vegetationsperioden och dess nedre gräns för utbredning ligger inom den zon som naturligt också torkar upp under en sommar.

Sammantaget bedöms risken som obefintlig att den utökade Klinthagentäkten skulle ge en minskad grundvattenutströmning till Hoburgsmyr.

Minskad ytvattentillströmning

En förutsättning för en minskad ytvattentillströmning är att avrinningsområdet påverkas på något vis så att mindre vatten ytavrinner. Någon minskning av avrinningsområdet uppstår inte till följd av den planerade täktutökningen varför risken bedöms som obefintlig.



Figur 19. Regstrerade fynd av kärnnycklar 1995-2021 (gulastjärnor) och mätta exemplar 2022 (röda cirklar) (ur Ekogruppen 2023).

Minskad dränkningsvaraktighet

En minskad dränkningsvaraktighet skulle kunna ge förändringar i vegetationszoneringar med följden att agmyren förmodligen skulle minska medan rikkärnsytan inte skulle förändras i motsvarande utsträckning eftersom det för rikkärr både skulle finnas ytförluster och ytvinster vid en minskad dränkningsvaraktighet. Kort sagt skulle rikkärret expandera in i agmyren samtidigt som en del av de torrare ytterkanterna skulle gå förlorade.

Då bedömningen är att det inte finns någon risk för en minskad grundvatten- och ytvattentillströmning och att risken bedöms som liten för en ökad dränering av grundvatten i berg görs bedömningen att risken är liten för att dränkningsvaraktigheten skulle förändras i Hoburgsmyr.

Minskad tuff- eller blekebildning

En viktig struktur i rikkärr och agmyr är bleke och i sällsynta fall även tuff. I Hoburgsmyr förekommer rikliga blekelager i form av åtminstone kalkgyttja och sjöbleke. Mäktigheten kan i de lägre liggande nivåerna i det södra bäckenet vara minst halvmetern mäktiga.

Under vegetationskarteringen och även mossinventeringen har det kunnat konstateras att det saknas tydliga upprinnor kring Hoburgsmyr och det finns heller inga källmiljöer i Klinthagentäktens närhet. En förutsättning för att blekebildning ska uppkomma i utströmmande källvatten är att det förekommer källor. Saknas det källmiljöer får andra förklaringar till blekeförekomster sökas. För Hoburgsmyr är blekens ursprung mycket tydligt. Redan vad det är för typ av bleke, alltså kalkgyttja och sjöbleke, skvallrar om ett ursprung från en sjö eller vät och att det ansamlats naturligt genom sedimentation främst på de djupare bottarna. Läget i terrängen för bleket är också viktigt för denna slutsats. De mäktigaste lagren tycks befinna sig i de lägst liggande delarna och inte längs eventuella källflöden i kanterna av myren eller i samband med knappagkärret som tvärrar Hoburgsmyr. Det är också sannolikt så att en stor del av blekeförekomsten är av relict natur och som kan ligga så långt tillbaka som värmetiden för ett par tusen år sedan och ännu längre tillbaka. Det höjdmässiga läget i terrängen talar för att avsättningen gjordes i huvudsak då men det bör förstås bevisas.

Sammantaget bedöms risken som obefintlig för att utökningen av Klinthagentäkten skulle kunna minska eller negativt påverka blekebildningen i Hoburgsmyr.

Förändrad vattenkemi

Rikkärr och agmyr är som tidigare nämnts helt beroende av ett högt pH och kalkinnehåll. Av tidigare genomgångar över hur vattenkemin förhåller sig mellan ytvatten, grundvatten i jord och annat ytligt grundvatten samt det djupare grundvattnet är slutsatsen att det råder små skillnader oavsett vattnets ursprung på Gotland. De generellt kalkrika förhållandena på Gotland ger helt enkelt snabbt rätt kvalitet åt vattnet efter att nederbörd fallit. Detta skiljer Gotland från många andra platser i Sverige. De små skillnader som ändå kan studeras utifrån härkomsten av vattnet är i sig betydelselösa utom i de sammanhang när det är frågan om riktigt djupt grundvatten som är utströmmande även på sommaren. Det ger förutsättningar för exempelvis tuff- och blekebildning. Vitärtskällan norr om Storugns skulle kunna vara en sådan unik källa med en tillräckligt unik vattenkemisk sammansättning men för Hoburgsmyr saknas helt förutsättningarna.

Sammantaget bedöms risken som obefintlig att vattenkemin i Hoburgsmyr eller i tillrinnande vatten till Hoburgsmyr skulle förändras till följd av utökningen av Klinthagentäkten

Referenser

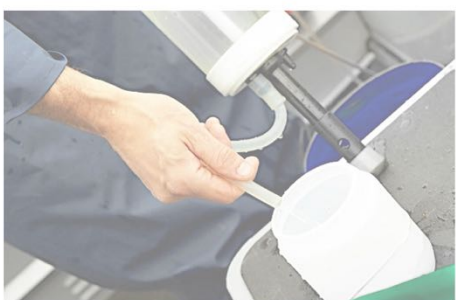
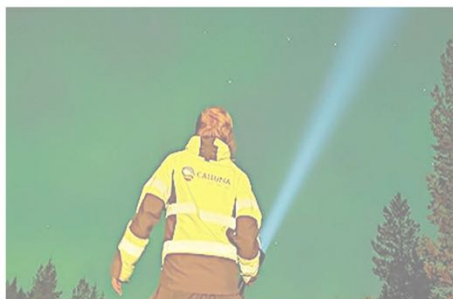
Skriftliga

- Askling, J., Koffman, A. Lundkvist, E. & Sandsten, H. 2011. *Projekt slussen – Ny reglering av Mälaren – Konsekvensbedömning av strandnära naturmiljön*. Calluna AB, Stockholm.
- Askling, J. (2022). *Påverkan på Natura 2000-områden*. Calluna AB.
- Berglund K. 1982. Beskrivning av fem myrjordsprofiler på Gotland. Rapport 125 Institutionen för markvetenskap, SLU Uppsala.
- Buczek, A. 2005. *Siedliskowe uwarunkowania, ekologia, zasoby i ochrona kłoci wiechowatej Cladium mariscus (L.) POHL. W makroregionie Lubelskim*. Acta Agrophysica 2005 (9).
- Carlsson D. 2019. PM Historien om Hoburgsmyr, Lärbro socken, Gotland. Arendus.
- Conradi, T. & Friedmann, A. 2013. *Plant communities and environmental gradients in mires of the Ammergau 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.
- Ekologigruppen 2023. Återställning av naturliga hydrologi i fyra gotländska myrar – Förslag till åtgärder för att gynna kärrnycklar i Krakvät, Sävvät, Hägsarve kärräng och Hoburgsmyr. Ekologigruppen, Stockholm.
- Grip H. och Rohde A., 2016: Vattnets väg från regn till bäck.
- Gustafsson, L. & Ahlén, I (red). 1996. *Växter och djur – Sveriges nationalatlas*. Sveriges Nationalatlas Förlag.
- Gärdenfors U. 2018. Manual och riktlinjer för rödlistning i Sverige. Artdatabanken.
- 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.
- 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.
- 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.
- Keddy, P.A. 2000. *Wetland Ecology. Principles and conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lundin, L., 1977: *Grundvattnets vägar i moränmark*. Vannet i Norden, Nr 2.
- Länsstyrelsen Gotlands län 2018. *Bevarandeplan för Natura 2000-område Hoburgsmyr SE0340082*.
- Löfroth, M. 1991. *Våtmarkerna och deras betydelse*. Naturvårdsverket, Stockholm.
- 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.
- Martinsson, M. 1997. *Våtmarker på Gotland, del 1*. Rapport nr 8-1997, Livsmiljöenheten, Länsstyrelsen Gotlands län.
- 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 2017. *Förutsättningar för provningar och tillsyn i Natura 2000-området*. Handbok 2017:1, utgåva 1, Naturvårdsverket.

- 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.
- Sernander R. 1941. Gotlands kvarlevande myrar och träsk. Almqvist & Wiksell.
- SGU (2002). Partek Nordkalk Storugns AB. Hoburgsmyr. Påverkan på grundvattenförhållandena av kalkstensbrytning. Uppdragsnummer 08-630/2002. 2002- 09-10.
- SGU (2020). *Yttrande över överklagan av tillstånd till befintlig och utökad täktverksamhet på fastigheten Lärbro Stora Vikers 1:94 (Klinthagentäkten) i Gotlands kommun. M 7168-19. Aktilaga 28.*
- Sjörs, H. (1967). *Nordisk växtgeografi*. Scandinavian university books, 99-0103642-9 (2. uppl.). Stockholm: Svenska bokförlaget (Bonnier).
- 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.
- Wołejko L., Stańko R., Ruta R., Horabik D., Gawroński D., Gawrońska A., Kwaśny Ł. 2015. *Dokumentacja 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

Håkan Sandsten, Calluna AB muntligen



Hemsida: www.calluna.se • E-post: info@calluna.se • Telefon växel: 013-12 25 75
Huvudkontor: Calluna AB, Linköpings slott, 582 28 Linköping