

Tingstäde träska – en grund kalksjö på norra Gotland

En populärvetenskaplig beskrivning av hur träsket hydrologiskt och ekologiskt fungerar

OM RAPPORTEN:

Titel: Tingstäde träsk – en grund kalksjö på Gotland. En populärvetenskaplig beskrivning av hur träsket hydrologiskt och ekologiskt fungerar

Version/datum: 2023-12-12

Rapporten bör citeras enligt följande: Askling Drotz J., Bohman A. & Birgersson A. (2023). *Tingstäde – en grund kalksjö på Gotland. En populärvetenskaplig beskrivning av hur träsket hydrologiskt och ekologiskt fungerar*. Calluna AB.

Foton i rapporten: © Calluna AB där inget annat anges

Omslag: bilden föreställer en djupkarta från Lundqvists undersökningar på 1920-30-talet, ett sedimentprov från provtagningarna som genomfördes under 2023 samt en kransalgsäng längs en av blekebankarna i Tingstäde träsk.

OM UPPDRAGET:

På uppdrag av: Heidelberg Materials Cement Sverige AB

Uppdragsgivarens kontaktperson: Jon Hallgren

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

Projektledare: John Askling Drotz (Calluna AB)

Rapportförfattare: John Askling Drotz och (Calluna AB)

Fältarbete: Annelie Bohman, Eva Amnéus Mattisson, Rozemarijn Keuning, Sara Andersson, Håkan Sandsten (Calluna AB)

GIS/kartor: Martin Andersson Li, Pavlos Aslanis, Patrick Gant, Samuel Holdar, Axel Linder (Calluna AB)

Mall versionsdatum: 2023-12-12

Callunas interna projektkod: JAG0096d

Innehåll

1	Sammanfattning	4
2	Inledning	5
2.1	Uppdraget	5
2.2	Bakgrund.....	5
2.3	Tidigare kunskap.....	7
3	Utförda undersökningar	7
3.1	Vegetationsinventering	7
3.2	Sedimentkartering.....	10
3.3	Hydrogeologiska undersökningar	14
4	Förutsättningar	16
4.1	Utvecklingshistoria	16
4.2	Förhållanden i sjön.....	18
4.3	Förhållanden i berggrunden.....	20
4.4	Sjöns vegetation	20
4.5	Klimat	21
4.6	Avrinningsområde	22
4.7	Vattentäkt.....	26
4.8	Miljötilståndet i sjön	26
5	Vattenbalans och vattennivåer	26
5.1	Vattenbalans	26
6	Slutsatser	28
6.1	Vattenutbytet mellan Tingstäde träsk och berggrunden	28
6.2	Grundvattenutströmning och förekomsten av källmiljöer	30
6.3	Blekebildning.....	30
7	Källförteckning	32
	Bilagor	33

1 Sammanfattning

Denna rapport har tagits fram av Calluna AB på uppdrag av Heidelberg Materials Cement Sverige AB (Heidelberg Materials) i syfte att på ett populärvetenskapligt vis redovisa och förklara hur Tingstäde träsk fungerar ekologiskt och hydrologiskt. Rapporten är en fristående bilaga till miljökonsekvensbeskrivningen (MKB) för Heidelberg Materials ansökan om tillstånd till fortsatt och utökad täktverksamhet i Slite på Gotland. För konsekvenser för Tingstäde träsk hänvisas istället till bilaga B3 till ansökan.

Det har vid samrådet inför förevarande tillståndsansökan uttryckts en oro för att den planerade utökningen av File hajdar-täkten kommer ha en negativ påverkan på Tingstäde träsk. Syftet med denna rapport är att beskriva vilka faktorer som har betydelse för vattenbalansen i Tingstäde träsk samt hur sjön hänger samman med det omgivande grundvattnet i kalkberg och jord. I rapporten belyses också ursprung och förekomst av de omfattande blekebankar som finns i sjön.

Inför denna rapport och MKB har omfattande studier genomförts av Tingstäde träsk och dess omgivningar. Det handlar om sedimentstudier för att studera genomsläppligheten av lösa sediment i sjön, borrhål i berg för att mäta vattennivåer och vattenkemi nära träsket, studier av karst, inventering av källmiljöer, temperaturmätningar i källor, vegetationsinventeringar av sjöns vattenvegetation och många fler undersökningar.

Beräkningen av vattenbalansen för Tingstäde träsk har uppdaterats med ny data från SMHI och visar att en utökad täkt har en helt försumbar inverkan och den slutsatsen kan dras utifrån hur Tingstäde träsk fungerar rent hydrologiskt.

All insamlad data och uppgifter från exempelvis SGU talar för att berggrunden under Tingstäde träsk är mycket tät. Det faktum att Tingstäde träsk underlagras av ett tätt berg med revartad kalksten är en av två anledningar till att träsket har kunnat bildas på just denna plats från början. Den andra anledningen är de tätande lagren i Tingstädeåsen som SGU beskriver. Dessa medför att Tingstäde träsk däms upp trots att åsens tröskel ligger 5 m under träskets vattennivå. Den revartade kalkstenen fortsätter österut in i höjdområdet vid File hajdar och utgör tillsammans med revkalksten en skyddande barriär mot File hajdar-täkten. Mätningar visar att berget är mycket tätt i riktning mot täkten.

Studier av vattnets ursprung i källmiljöer vid File hajdar visar att vattnet härstammar från ytligt grundvatten, antingen från omfattande svallsediment som fungerar som vattenmagasin, eller att vattnet transporteras från våtmarker högre upp i terrängen genom slukhål och uppsprucket, karstifierat och ytligt berg.

De omfattande blekebankarna i Tingstäde träsk kommer av den rikliga undervattensvegetationen som främst består av kransalger. Kransalger har förmågan att bilda en form av skelett med inlagring av kalciumkarbonat, d.v.s. samma ämne som bleke (kalcit). En av de dominerande arterna är röststräse som i vetenskapliga studier visats ha mycket hög potential att bilda bleke och kan i sin biomassa binda in över ett halvt kilogram kalciumkarbonat per kvadratmeter. Sedimentation under tusentals år har gett upphov till de blekebankar som finns i Tingstäde träsk.

2 Inledning

2.1 Uppdraget

Denna rapport har tagits fram av Calluna AB på uppdrag av Heidelberg Materials Cement Sverige AB (Heidelberg Materials) i syfte att på ett populärvetenskapligt vis redovisa och förklara hur Tingstäde träsk fungerar ekologiskt och hydrologiskt. Rapporten är en fristående bilaga till miljökonsekvensbeskrivningen (MKB) för Heidelberg Materials ansökan om tillstånd till fortsatt och utökad täktverksamhet i Slite på Gotland.

2.2 Bakgrund

Tingstäde träsk är efter Bäste träsk den största sjön på Gotland och utgör bland annat en viktig dricksvattentäkt för Visby. Som sådan är den skyddad som vattenskyddsområde. Sjön är också viktig för rekreation och friluftsliv med badplatser och uthyrning av vattenfarkoster. I Tingstäde träsk finns även mycket höga kulturhistoriska värden i form av det så kallade Bulverket som utgör resterna av ett kvadratisk påbyggnadsverk mitt i sjön. Slutligen har sjön också mycket höga värden för biologisk mångfald i form av en omfattande undervattensvegetation med ett stort inslag av kransalger.

Det har vid samrådet inför förevarande tillståndsansökan uttryckts en oro för att den planerade utökningen av File hajdar-täkten kommer ha en negativ påverkan på Tingstäde träsk. Syftet med denna rapport är att beskriva vilka faktorer som har betydelse för vattenbalansen i Tingstäde träsk samt hur sjön hänger samman med det omgivande grundvattnet i kalkberg och jord. I rapporten belyses också ursprung och förekomst av de omfattande blekebankar som finns i sjön.

För miljökonsekvenser av Heidelberg Materials ansökan om utökad täktverksamhet på Tingstäde träsk hänvisas till den hydrogeologiska rapporten i bilaga B3 till ansökan samt den miljökonsekvensbeskrivning (MKB) som upprättats till ansökan.



Figur 1. Tingstäde träsk i förhållande till File hajdar-täkten.

2.3 Tidigare kunskap

Redan 1922 kartlades bottensedimenten och vattendjupet i Tingstäde träsk av G. Lundkvist (1940) på SGU. Undersökningar som nu delvis har upprepats för att studera förändringar. Förutom att Lundkvist undersökte bottensedimenten och dess makrofossil karakteriserades också sjöns stränder, avrinningsområde, tillrinning, sjövegetation och plankton och detta är idag en värdefull kunskapskälla för jämförelser.

Under 1970-80-talet gjordes en del inventeringar av Tingstäde träsk, bland annat en sjöinventering (Länsstyrelsen Gotlands län 1986). Dessutom gavs skriften "Värdefull natur på Gotland" ut och ett av objekten som behandlades var Tingstäde träsk (Länsstyrelsen Gotlands län 1983).

Länsstyrelsen lät undersöka Tingstäde träsk men också Killingmyr 1985 inför en vattendom om en höjning av träskets dämningnivåer. De inventeringar som då utfördes var relativt omfattande genom en kartläggning av kärlväxter (Högström 1985a-b) och en fågelinventering som omfattade en revirkartering av häckande fåglar (Petersson 1985). I kärlväxtinventeringen ingick också en viss kartering av sjövegetationen.

I samband med införandet av vattendirektivet i Sverige gjordes en del nya inventeringar, sammanställningar av data och mätningar, varav flera för Tingstäde träsk. Exempelvis utfördes en makrofytinventering 2006 i Tingstäde träsk där tre transekter dykinventerades i östra halvan av sjön (Pettersson 2006). Samtliga tre dominerades av kransalger av olika arter. Även bottenfaunaprovtagning längs stränder och i sjön samt provfisken har utförts och finns registrerade på VISS-portalen (www.viss.lansstyrelsen.se). Flodpärlmussla har inventerats och visade på några enstaka fynd av individer. Även fiskfaunan har provfiskats vid flera tillfällen.

Vattenkemiprovtagning sker årligen i sjön inom ramen för den regionala miljöövervakningen med SLU som datavärd. Utöver det sker också provtagning av bakterier i syfte att övervaka badkvalitet vid den offentliga badplatsen vid Tingstäde träsk.

När det kommer till geologi och hydrogeologi har det sedan slutet av 1930- och 50-talen borrats ett antal borrhål på File hajdar och i träskets omgivning, främst i prospekterings syfte för mineral och vattentäkt. SGU har genomfört två undersökningar i trakten; berggrundsgeologisk kartläggning med hjälp av skyTEM (Dahlqvist et al. 2015 och 2017) samt en jordartskartering vilket lett till att jordartskartan kunnat uppdateras under 2022 med mer högupplöst och exaktare information.

SMHI har uppdaterat beräkningen för nederbörd och evapotranspiration (avdunstning) för nordöstra Gotland vilket ger ny data för att beräkna Tingstäde träsk vattenbalans (SMHI 2023)

Tingstäde träsk har också sjömätts på uppdrag av Region Gotland (Rådén 2019).

3 Utförda undersökningar

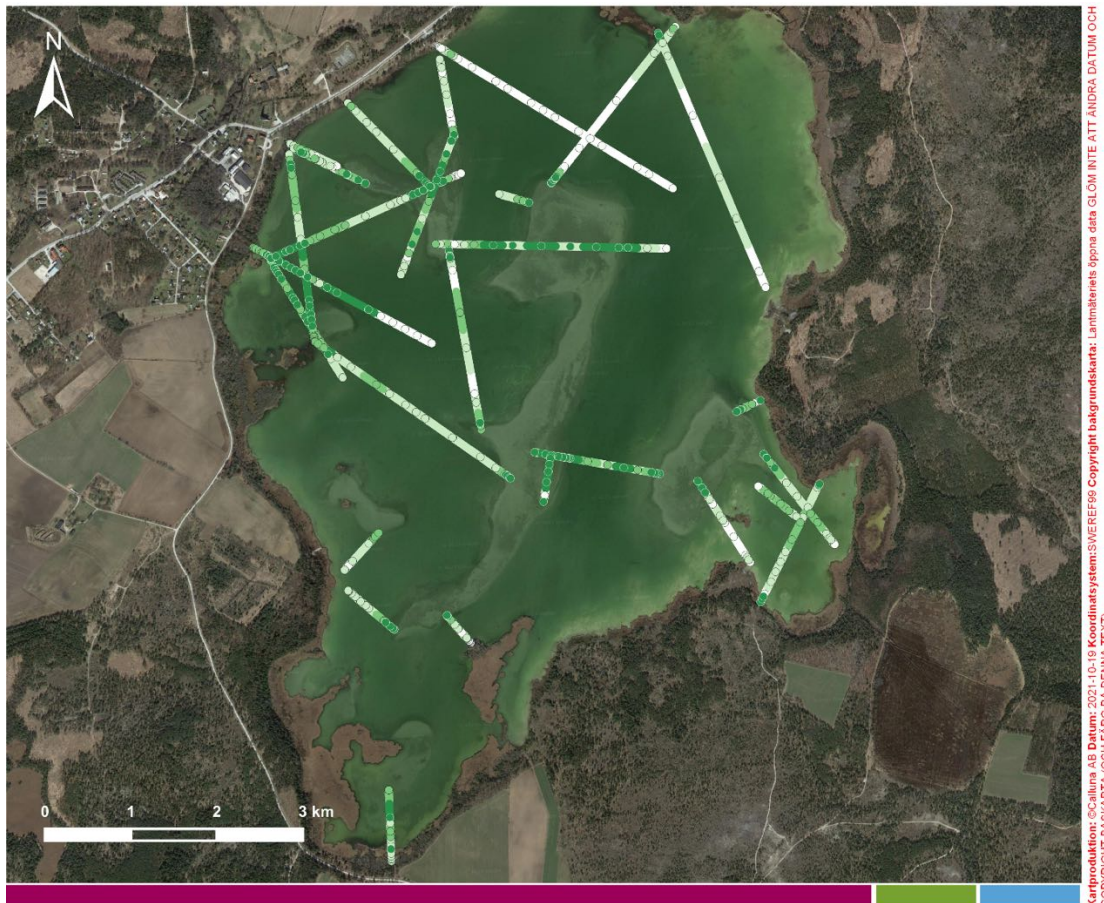
3.1 Vegetationsinventering

Under 2021 inventerade Calluna AB vattenvegetation och bottensubstrat i Tingstäde träsk med hjälp av krattning från båt och land samt drönarkartläggning på 50 m höjd. Totalt inventerades 27 transekter i Tingstäde träsk (figur 2). Inventeringen i sin helhet framgår av bilaga 1. Vid inventeringen undersöktes tätheten av övervattens-, flytblads- och undervattensarter i totalt 687 provpunkter. Det öppna vattnets undervattensvegetation var i fokus, medan strändernas övervattensvegetation endast noterades sporadiskt.

I sjön registrerades 12 arter av makrofyter, där kransalger och vass dominerade (figur 2 och 3). Inga rödlistade arter upptäcktes.

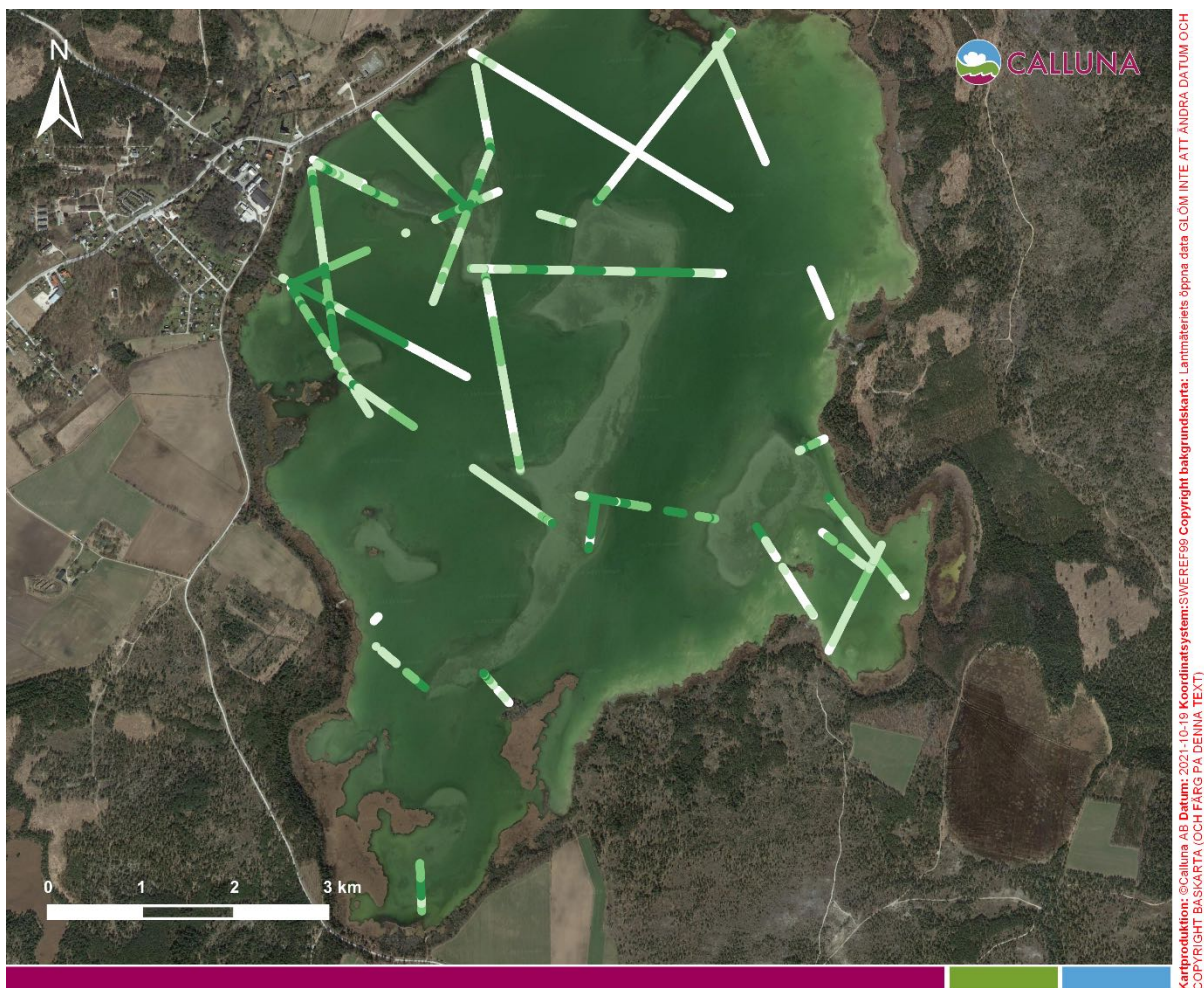
81 av de 687 provpunkterna saknade vegetation helt och hållet, men eftersom få prov togs där det inte fanns någon vegetation, ger det en underskattning av hur stor andel av transekterna som saknade vegetation. För att få en objektiv uppskattning av mängden vegetation längs med transekterna har därför resultatet interpolerats mellan provpunkterna. Om man antar att dessa interpolerade transekter representerar hela sjön går det att uppskatta den totala mängden vegetation.

Figur 2 visar interpolerat att transekterna har tät eller måttligt tät vegetation i 40 % av transekterna. Enstaka förekomst av någon art utgör 38 % och resterande är vegetationslös botten (22 %). I den norra delen av sjön finns ett stort område som helt saknar vegetation. Heltäckande vegetation förekommer ofta några tiotal meter ut från stränderna och sträcker sig flera hundra meter eller en kilometer ut. I djupare vatten är det mer sparsam förekomst. Blekebankarna ute i sjön omringas av heltäckande vegetation från djupt till grunt vatten. Uppe på blekebankarna, på så grunt vatten att endast drönare kunde användas för att inventera, fanns det både heltäckande tät och måttligt tät förekomst av vegetation.

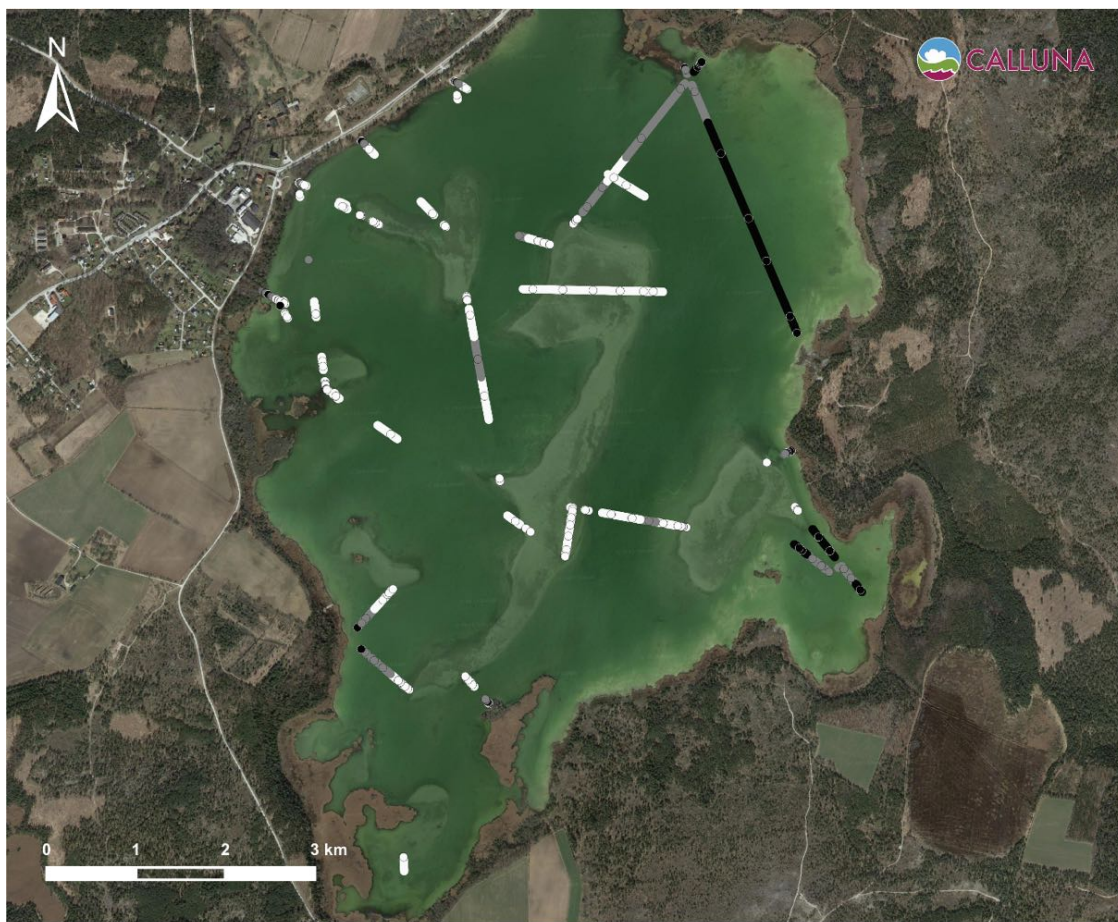


Figur 2. Vegetation i Tingstäde träsk. Provpunkterna visas som små cirklar och mellan dem finns interpolerad färgklassning av vegetationens täthet där vit är utan vegetation, ljusgrön enstaka förekomst av någon eller några arter, mellangrön måttlig förekomst och mörkgrön heltäckande vegetation. Observera att flygbilden i bakgrunden inte visar vegetationen särskilt bra, allt som är grönt på flygbilden är inte vegetation. Det ljusa sedimentet i sjön gör att djupt vatten ser mörkare grönt ut än grunt vatten.

De arter som dominerade var kransalgerna rödsträfsse och borststräfsse (figur 3), samt kärlväxterna vass och havsnajas. Rödsträfsse är en mer storvuxen kransalg än borststräfsse och var ungefär tre gånger vanligare än borststräfsse längs transekterna. Vass förekom tillsammans med ag i lite tätare bestånd vid vissa stränder, men framför allt fanns vass i mycket glesa bestånd ute i stora delar av sjön. Havsnajas och olika arter av sträfsse kunde inte artbestämmas med säkerhet från de transekter som inventerades med drönarbilder, men inventering från båt visade att sträfsen dominerade stort över havsnajas. Borststräfsse dominerade på de grundaste djupen på blekebankarna och den sågs fortsätta upp mot 0,1 meters djup. De flesta djup som inventerades låg mellan 0,5 och 1,6 meter. Borststräfsse var mycket vanlig mellan 0,5 och 1,1 meter, havsnajas var vanligast mellan 0,6 och 0,8 meter, medan rödsträfsse var vanligast från 0,7 till 1,6 meter.



Figur 3. Kransalger i Tingstade träsk. Interpolerad täthet av kransalger visas mellan alla provpunkter där ljusgrön är enstaka förekomst, mellangrön måttlig förekomst, och mörkgrön heltäckande förekomst. Vit är utan förekomst av all vegetation. Observera att flygbilden i bakgrunden inte visar vegetationen särskilt bra, allt som är grönt på flygbilden är inte vegetation. Det ljusa sedimentet i sjön gör att djupt vatten ser mörkare grönt ut än grunt vatten.



Figur 4. Sedimentets beskaffenhet i Tingstäde träsk. Svart färg är hård botten av kalksten, grå är fast sjöbotten som det inte skulle vara svårt att gå på, vit färg är mjuk eller mycket mjuk botten som det vore farligt att försöka gå på. Provpunkterna visas som små cirklar och mellan dem finns interpolerad färgklassning av sedimentets beskaffenhet. Observera att flygbilden i bakgrunden inte visar vegetationen särskilt bra, allt som är grönt på flygbilden är inte vegetation. Det ljusa sedimentet i sjön gör att djupt vatten ser mörkare grönt ut än grunt vatten.

Sedimentets beskaffenhet i Tingstäde träsk undersöktes samtidigt som makrofyterna och visas i Figur 5 4. Drygt hälften av sjön hade så mjuk botten att det bedömdes som farligt att försöka gå på den med vadarstövlar. Ungefär en fjärdedel bedömdes som måttligt mjuk och inte så mjuk att det skulle vara farligt att gå på botten. En dryg femtedel av sjön hade hård botten, ofta med kalksten. Kalkstensbotten förekom mestadels i östra delen av Tingstäde träsk. Vegetation förekom främst på mjuk och måttligt mjuk botten, medan hård botten oftare saknade vegetation eller hade enstaka förekomster av vattenväxter.

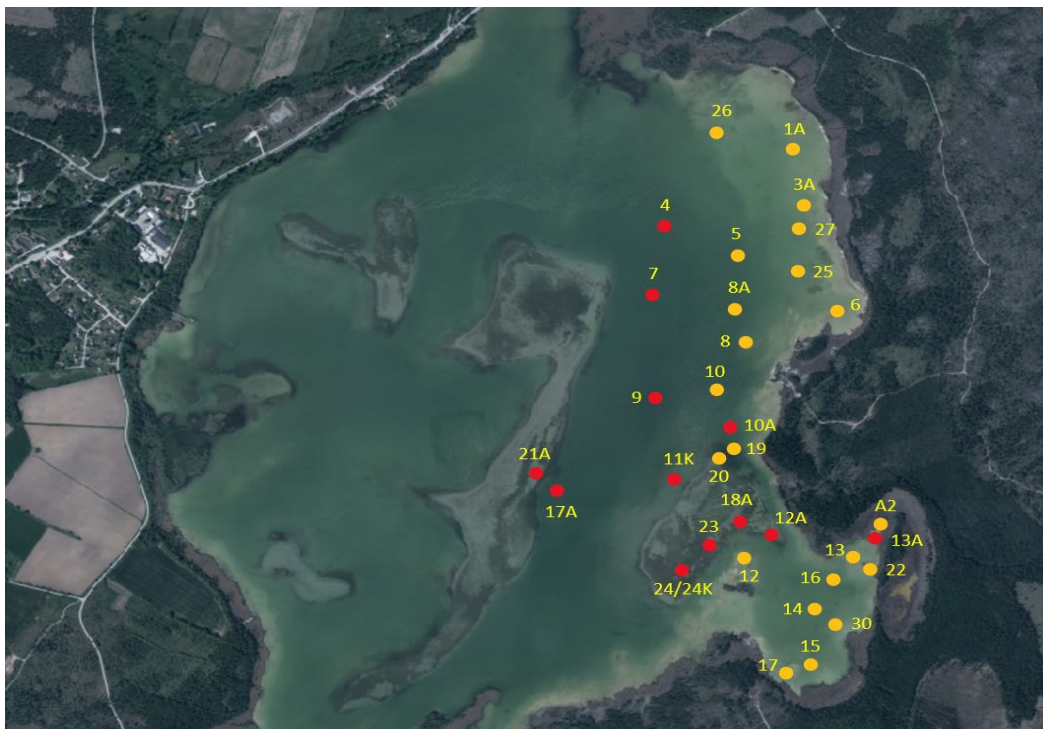
3.2 Sedimentkartering

Calluna AB utförde sedimentprovtagning i Tingstäde träsk på Gotland i maj-juni 2023. Syftet med provtagningen var att undersöka sedimentets hydrauliska konduktivitet/genomsläpplighet men även att studera om sedimenten förändrats sedan den nästan 100 år gamla studien som utfördes av Gösta Lundqvist (1940) under 1920- och 1930-talen. I en av dessa undersökningar studerades och dokumenterades sedimentlagrens mäktighet och karaktär. Prover togs då ut i en

transekt som sträckte sig väster om Grodväts naturreservat till en bit nordväst om Bulverket figur 5. I undersökningen dokumenterades sedimentlagrens mäktighet och karaktär, bilaga 3.



Figur 5. Provpunkter i den historiska transekten. Karta: Martin Andersson-Li, Calluna AB 2022.



Figur 6. Röda punkter = sedimentprover uttagna för laboratorieanalys och dokumentation. Gula punkter = sedimentprover uttagna för dokumentation (kolvprovtagning ej möjlig). Lantmäteriet, Min karta 2023

Sedimentundersökningen bestod av 30 provpunkter och läget för dessa framgår av figur 6. Sedimentlagren i den norra och den nordöstra delen av provtagningsområdet bestod av sand eller finsand överlagt av ett tunt löst lager av kalkslam/bleke. (provpunkt 26, 1A, 3A, 25, 5, 8A)

Vid provpunkt 8A påträffades ett 0,1 m tjockt lager med fin lera under ett ca 0,4 m djupt lager av finsand. Detta var den enda provpunkt där lera påträffades. I övrigt bestod området i den nordöstra och den östra delen närmast strandlinjen av hårdbotten. Vattendjupet varierade från ca 0,9-1,8 m och sedimentdjupet från ca 0-1,1m i den norra delen.

I den djupare delen av undersökningsområdet (4, 7, 9) uppmättes vattendjupet till ca 2 m och sedimentlagren hade en mäktighet av ca 2-3 m. Här fanns ett lösare lager av kalkslam/bleke ca 0,2 m på ett underliggande lager av silt/bleke/kalkgyttja. Med ökat sedimentdjup blev sedimenten fastare, från att ha en geléaktig karaktär i de övre lagren till att få en fastare gummiaktig, plastisk karaktär i de djupare lagren. Här syntes en tydlig varvighet. Under det övre lösare sedimentlagret fanns små vita snäckor samt växtdelar.

I området nordväst om Grodväts naturreservat finns en mäktig sedimentbank där vattendjupet varierade från ca 0,5-1,7 m, sedimentdjupet hade en mäktighet på mellan ca 1-3 m. På sedimentbanken fanns områden med kransalger, vid undersökning av dessa kunde man se en tydlig kalkutfällning. Det lösare överliggande lagret av kalkslam varierade mellan ca 0,5-1,6 m med ett underliggande geléaktigt material som innehöll växtdelar av kransalger, framför allt trådlika rötter. Vid ca 2 m sedimentdjup övergick materialet till att få en mer fast och gummiaktig karaktär (10A, 19, 20, 11K, 18A, 12A, 23, 24/24K).



Figur 7. Sediment från provpunkt 14 på väg att tas upp.



Figur 8. Snäckor och växtdelar i sedimentprofilen.

Vid områdets mäktigaste sedimentbank togs två prover i den historiska transekten. Här fanns de djupaste sedimentlagren som påträffades i denna undersökning, ca 3,8-6,55 m. Vattendjupet varierade mellan ca 0,52-1,7 m. Även här fanns stora områden med kransalger med tydlig kalkutfällning och här bestod det övre ca 0,2 m lager av lös kalkslam/bleke på ett mer geléaktigt lager av bleke/silt/kalkgyttja där sedimentens karaktär blev fastare med ökat sedimentdjup. I den djupare delen övergick sedimentet till att bli mer plastiskt och gummiaktigt och det fanns även här inslag av växtdelar samt små vita snäckor. (17A, 21A)

Den södra delen av viken i Grodväts naturreservat består av hårbotten, med mycket sten och med ett överliggande lager av kalkslam/bleke ca 0,2m (17, 15,). Mitt i viken finns ett område med ett något tjockare sedimentlager som under ett första löst ca 0,05 m lager av kalkslam samt ett ca 0,1 m något fastare lager av silt/bleke/kalkslam har ett undre ca 0,1m lager av grusig silt (14, 30). Norr om detta område finns återigen hårbotten med ett tunt lager av kalkslam/bleke (16).

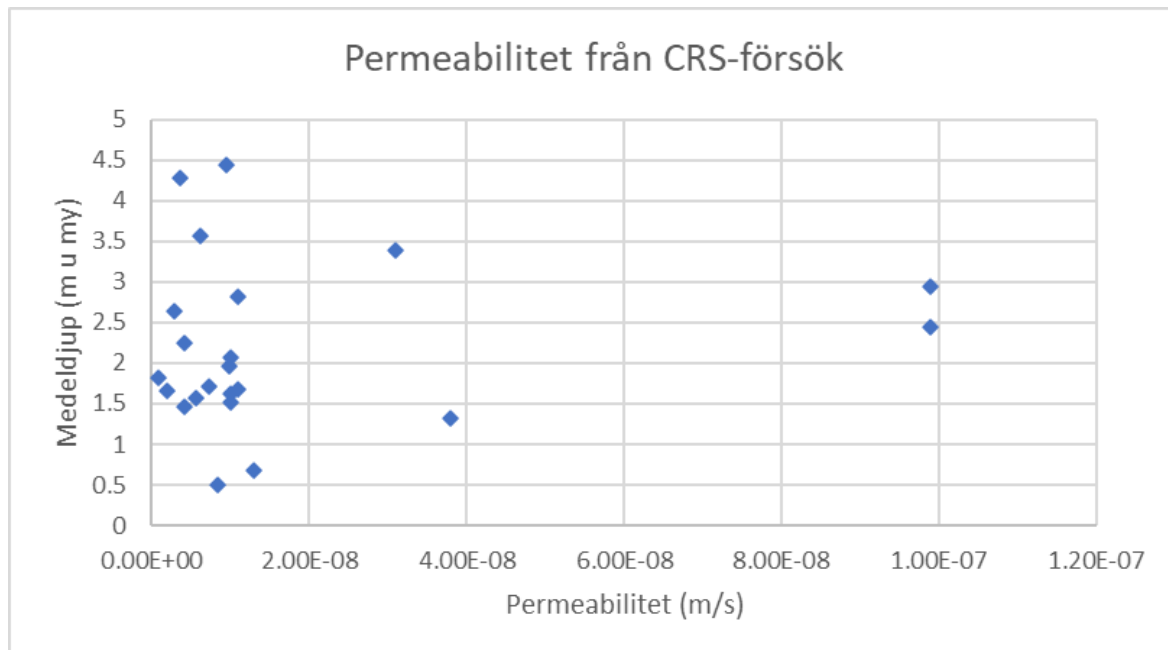
De tre punkterna som undersöktes i den historiska transekten jämfördes med Gösta Lundqvists studie visar att sedimentlagren har ökat i mäktighet (åtminstone i dessa tre provpunkter) sedan den historiska mätningen utfördes.

Den hydrauliska konduktiviteten testades i laboratorium med CRS-försök (Constant Rate of Strain). I ett CRS-försök belastas provet samtidigt som deformationen (sättningen) och deformationstiden mäts kontinuerligt. Sättningsstiden för ett material avgörs av hur snabbt vattnet kan transporteras ut ur materialet. Den hydrauliska konduktiviteten kan därför

beräknas utifrån hur snabbt sättningen sker. CRS-försöken har utförts på delprover som uttagits i rödmarkerade provpunkter i figur 9, totalt testades 24 uttagna delprover.

Resultaten från CRS-försöken visar på en låg permeabilitet med en median på $9,7 \cdot 10^{-9}$ vilket är väl överensstämmande med tidigare antagande.

Figur 9 visar spridningen av permeabiliteten (genomsläpplighetsförmågan) för uttagna sedimentprover. Spridningen är relativt låg, undantaget fyra prover som har något högre permeabilitet.



Figur 9. Permeabiliteten (genomsläpplighetsförmågan) samt medeldjupet av prov som testats genom CRS-försök på laboratorium.

3.3 Hydrogeologiska undersökningar

En rad undersökningar av berggrunden och hydrogeologin har utförts av WSP och som berör Tingstäde träsk. I denna rapport görs en mycket översiktlig redovisning av dem och slutsatserna framgår av kapitel 4. För detaljerade uppgifter om undersökningarna hänvisas istället till den hydrogeologiska utredningen i bilaga B3 till ansökan.

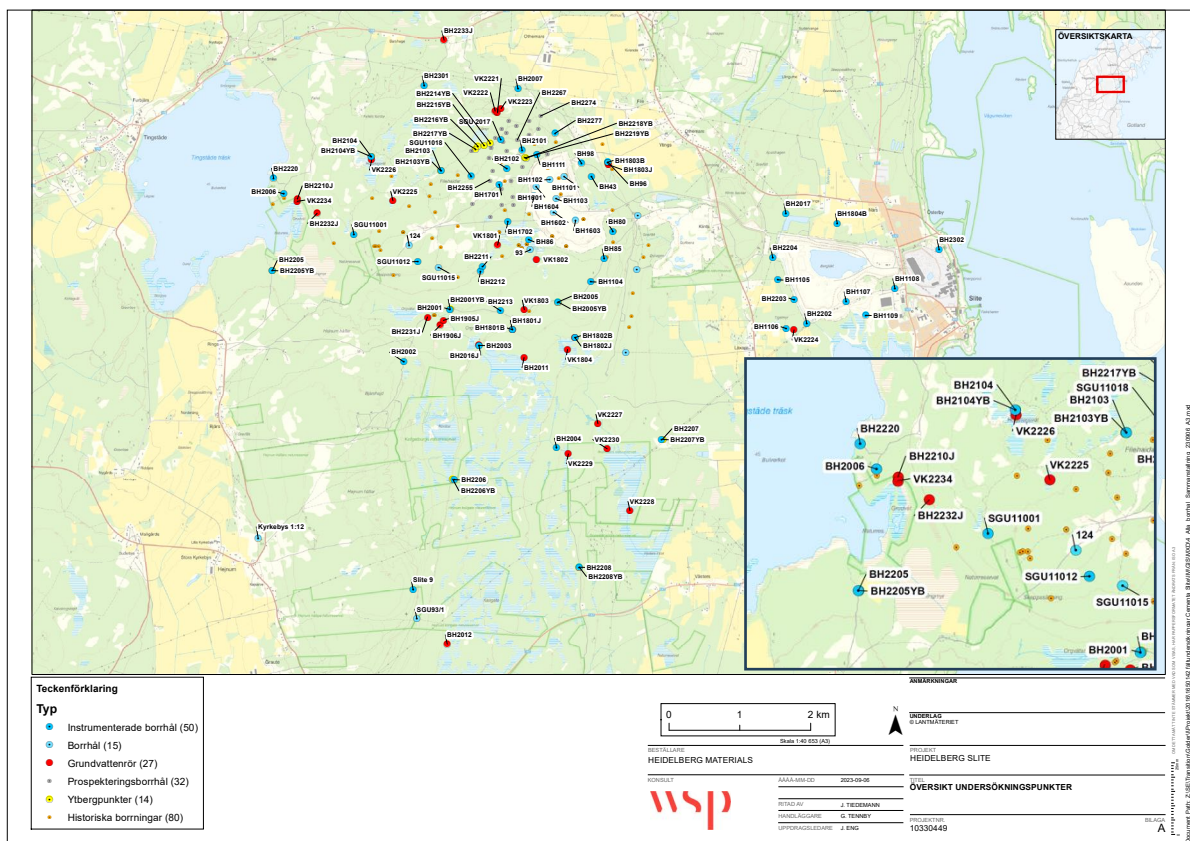
Bland nya undersökningar ska nämnas nya borrhål och grundvattenrör som placerats i närheten av Tingstäde träsk. Ett av dem, ett berghål, ligger till och med så nära som på en udde ut i träsket. Ytterligare rör i jord och berg har satts ut i och vid Grodvät sydost om Tingstäde träsk.

Borrhålet på udden, BH2220, är ett mycket tätt borrhål med en uppmätt hydraulisk konduktivitet på $1,5 \cdot 10^{-10}$ m/s, vilket gör att snabba fluktuationer inte kan studeras (figur 10). Borrhålet, som är uppdelat i en övre och en undre sektion med gjuten permanent manschett på 25 meters djup, uppvisar dock i den övre sektionen nivåer som ligger i paritet med sjöytans nivå och i den undre sektionen nivåer som ligger ca 0,5 m under sjöytan under sommaren då mätningar pågått. Borrhålets låga konduktivitet och nivåmönster visar på avsaknaden av kontinuerliga vattenförande lager i kalkstenen. Även BH2205 (vid sjöns södra sida) visar på ett likartat mönster med vattennivåer någon meter över sjöns yta, utan stora fluktuationer.

Kontrasten är nivåerna i borrhål SGU11001 som representerar grundvatten i ett djupt borrhål uppe på File hajdar. I trycknivådatan ses stora nivåamplituder där den lägsta trycknivån når långt under den lägsta vattennivån som ses i Grodvät (VK2234).

För att få en mer detaljerad tolkning av utbredningen av framför allt revkalksten och mangelsten, men även andra kalkstensformationer, genomfördes under perioden oktober och november 2022 geofysiska undersökningar med metoden tTEM vid och omkring File hajdar. Med tTEM-metoden mäts markens elektriska motstånd (resistivitet). Mätresultaten från tTEM är ett bra komplement till de av SGU tidigare utförda skyTEM undersökningarna från helikopter som i två mätkampanjer gjorts både över och runt Tingstäde träsk.

En tredje undersökning som utförts gäller förekomsten av sprickor och karst. Under juni 2020 utförde Golder (nu WSP) översiktliga fältundersökningar för att bedöma strukturgeologin i området kring File hajdar, och undersökningen kompletterades under 2022 med lineamenttolkningar på högupplösta flygfoton.



Figur 10. Karta över samtliga borrhål med infälld förstoring vid Tingstäde träsk. Ursprung WSP.

4 Förutsättningar

4.1 Utvecklingshistoria

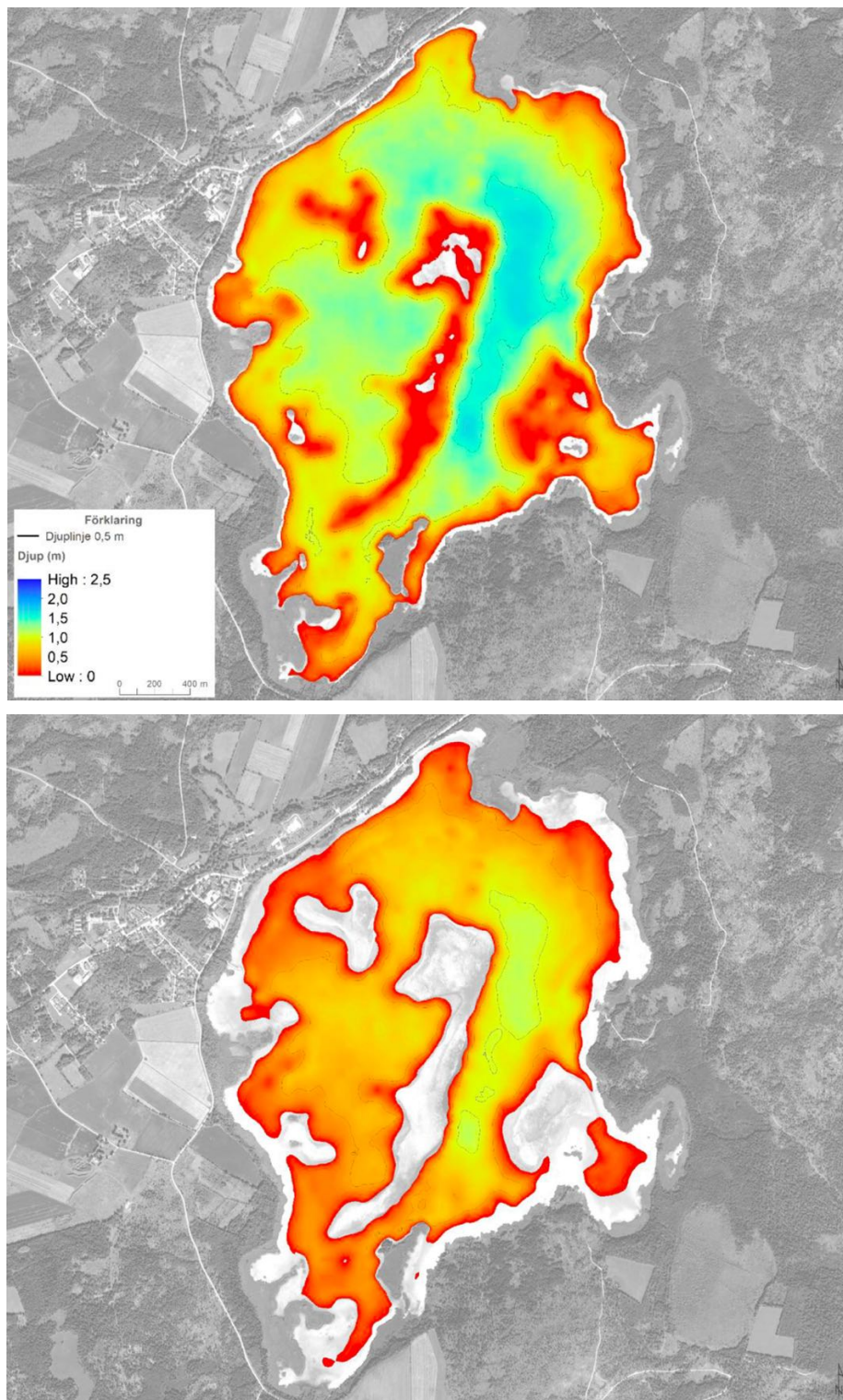
Tingstäde träsk låg efter istiden, precis som Gotland i övrigt, under havsnivån och var till en början en del av Östersjöns tidigaste stadie *Baltiska issjön*. För ca 11 600 år sedan tappades den Baltiska issjön hastigt på sitt vatten då inlandsisen drog sig bort från berget Billingen i Västergötland. Billingen hade dessförinnan fungerat som ett jättelikt dämme i samband med avsmältningen av inlandsisen. Havsnivån i Baltiska issjön sänktes med ca 25 m på bara 1–1,5 år, det vill säga från 70 ned till 45 m ö.h. med dagens höjdangivelse. Det innebar att flera höjdområden på Gotland frilades och vid Tingstäde träsk bildades ett sund mellan höjdområdena File hajdar och Hejnum hållar. Sydost om Tingstäde träsk bildades en fjärd över våtmarkerna vid Hejnum Kallgate. Åt norr var det öppet mot havet men exponeringsgraden från det öppna havet drogs ner av att Tingstädeåsen löpte norr om Tingstäde träsk. Tingstädeåsen var till en början en isälv i den avsmältande inlandsisen där material samlades till en grusås. I och med landhöjningen svallades sand och grus ut från Tingstädeåsen och bildade omfattande svallsediment. Åspartiet närmast norr om Tingstäde träsk är dock mer komplext än bara en rullstensås. I detta parti ingår enligt tidigare av SGU dokumenterade skärningar utbredda lager med moränlera vilket visar att området sammanfaller med eller har omarbetats i ett israndläge. (Svantesson 2008). Resultatet är att täta lager i åsen dämmer Tingstäde träsk, vars yta är belägen mer än 5 m högre än åsens fot på den norra sidan. I den västra delen av åsen uppstod det en försvagning, en liten sänka, som senare skulle ombildas till sjöns utlopp.

Efter Baltiska issjön passerade en kort fas, *Yoldiahavet*, men den mycket snabba landhöjningen efter inlandsisens tillbakadragande innebar att Östersjön återigen isolerades och sedan gick in i en lite längre fas kallad *Ancylussjön*. Det är under den snabbt övergående perioden med Yoldiahavet som Tingstäde träsk isoleras och sundet åt sydost avsnörs från havet samtidigt som Tingstädeåsen hamnar över havsnivån och skärmar av från havet i norr. Tingstäde träsk kan vid denna tidpunkt ha haft ett djup av 8 m. Sedimenten som bildats efter avsnörningen har resultat i ett successivt minskat djup till dagens 2 m. Botten av Tingstäde träsk bestod efter istiden av en hårt packad morän och lera samt blottad kalksten. I den nya varmare miljön, från varmetiden och framåt, bildades nya sediment från vegetation och djurliv i sjön. De äldsta av dessa sediment blandades under den subarktiska perioden med pollen, främst från busken havtorn, samt lerpartiklar från omgivningarna. Detta resulterade i att en blandning av lergyttja, gyttja och kalkgyttja sedimenterade på de hårda bottenarna.

Under den så kallade värmeperioden efter istiden uppstod mycket gynnsamma förutsättningar för vattenvegetationen i Tingstäde träsk. Tack vare den kalkrika miljön med högt pH och hög halt av löst kalk utvecklades ett algsamhälle som dominerades av *kransalger*. Kransalger är en grönalg som lagrar kalciumkarbonat i sin vävnad och därmed erhåller ett slags stabiliserande "skelett". Denna egenskap i kombination med att fotosyntes i sig leder till utfällning av kalk ger förutsättningar för bildandet av stora mängder *bleke*, se avsnitt 5.3. Bleke är en organogen jordart (organiskt ursprung) som bildas i vatten och består av mycket finkornig kalciumkarbonat. Den omfattande förekomsten av kransalger från varmetiden och ända in i våra dagar har gjort att blekelagret i Tingstäde träsk nått ansevärd maktighet och också dominerar sedimenten.

I sedimenten går det att se att kallare perioder utmynnat i mindre pålagring av sediment och vice versa. Under Tingstädes senare historia har träsket påverkats av människan som reglerat sjön. Vid två tillfällen, 1951 och 1965 har träskets vattennivåer höjts och ytterligare höjning var en fråga för vattendomstolen 1985 men blev inte av då den hade dränkt de kvarvarande

strandängarna och rikkärren. 2019 fick Region Gotland tillstånd att tillfälligt under fem års tid sänka sjön med två decimeter under lägsta dämningpunkt.



Figur 11. Djupkarta över Tingstäde träsk från sjömätning utförd åt region Gotland (Rådén 2019). Överst en karta vid normalvattenstånd (44,75 m ö.h.) och en vid lägsta tillåtna vattenstånd (44,4 m ö.h.). Det framgår tydligt att sjön varierar stort vid ganska små förändringar av djupet och vid lågvatten blottläggs stora ytor av botten.

4.2 Förhållanden i sjön

4.2.1. Djup, vattenvolym och storleken på Tingstäde träsk

Tingstäde träsk är en grund sjö präglad av sitt höga kalkinnehåll, en s.k. kalksjö. Den är ca 3,5 km lång och ca 2 km bred Normalvattenståndet ligger på 44,75 m ö.h. och vid denna nivå täcker sjön en yta på ca 422 ha. 44,75 m ö.h. gäller för höjdsystemet RH2000, vilket är Sveriges nationella höjdsystem. Höjdangivelser kan skilja sig mellan olika uppgifter. Region Gotland har hittills använt det äldre höjdsystemet RH00, vilket också gäller för vattendomen för Tingstäde träsk. På Gotland är RH00 ca 16 cm lägre än RH2000 vilket beror på den landhöjning som ägt rum mellan år 1900 och 2000.

Medeldjupet är endast 0,84 m vid normalvattenståndet och största djupet ligger kring knappt 2 m. Den totala volymen vatten uppgår till ca 3,56 milj. m³ vatten (Rådén 2019). Omloppstiden är då knappt 1 år för vattnet i sjön vilket är en snabb vattenomsättning. Förutom att sjön präglas av att den är grund finns också flera bankar i sjön som består av bleke och gyttja och dessa blir väl synliga vid lågvatten.

Sjön är reglerad genom ett dämme och får enligt vattendomen från 1965 variera mellan 44,4 och 45,1 m ö.h. (angivet i RH00, d.v.s. 16 cm lägre än RH2000). För några år sedan lät Region Gotland utföra en sjömätning och resultatet av den framgår av figur 11. I figuren kan ses att sjön varierar kraftigt mellan normalvattenstånd och lägsta tillåtna vattenstånd. Vid låga vattenstånd friläggs blekebankar men också en hel del av botten längs stränderna. Vid lägsta vattenstånd är sjön bara ca 300 ha stor och vattenvolymen 1,6 milj. m³, vilket kan jämföras med ca 460 ha och en vattenvolym på ca 6 milj. m³ vid högsta tillåtna vattenstånd.

Det finns några öar och halvöar i träsket. Dessa ligger knappt över vattenytan och är i stort sett övervuxna med vass, ag och viden. I sydväst ligger Landgras, Milliumgras och Storgras. I sydost finns den största ön, Duroj. I väster – nära samhället – finns Lillgras och i norr finns Smisgras. De består av lerig morän som sticker upp någon decimeter över ytan. I inloppet till Stralsviken ligger också en liten ö av uppstickande kalkberg som precis når upp över ytan.

4.2.2. Sediment- och bottenförhållanden

Denna text är till stor del hämtad ur ansökningsbilaga B3, den hydrogeologiska utredningen som utförts av WSP, se bilaga B3 till ansökan.

De understa sedimenten avsattes redan under istiden och med inlandsisens tryck och består därför av hårt packad morän, sand och lera samt blottad kalksten, vilket redovisats i avsnitt 4.1 ovan. På dessa sediment har det under tusentals år och olika stadier av Östersjön och klimatet avsatts gyttja, kalkgyttja och bleke. På östra sidan är berggrunden fortfarande frilagd utan sediment, vilket beror på de strömmar som bildas med den dominerade sydvästliga vindriktningen samt utströmmande grund- och ytvatten från File hajdar. Sedimenten är orienterade i bankar som under lågvatten når upp över vattenytan. Måktigheten av sedimenten uppgår som mest till sju meter, men tre till fyra meter är mest vanligt. Callunas undersökningar från idag jämfört med de hundra år gamla undersökningarna visar att sedimenten följer ungefär samma mönster idag, men att det har skett en pålagring med ett par decimeter.

Under 2016 gjordes en litteraturstudie med syftet att verifiera eller korrigera bottensedimentens hydrauliska konduktivitet (Golder, 2016). I litteraturstudien fastställdes att bottensedimentet utgörs av kalkrik findetritusgyttja (jordart bestående av huvudsakligen organiskt innehåll och hög halt av detritus, d.v.s. dött organiskt material från växter och djur) samt bleke (kalkjordart utfälld på botten av bl.a. sjöar som huvudsakligen består av kalciumkarbonat i form av kalcit). Kornstorleken på sedimentet

utgörs huvudsakligen av mellansilt (6–20 µm/ 6,3–20 µm) med små inslag av finsand (60–200 µm/ 63–200 µm). Den hydrauliska konduktiviteten för mellansilt uppges vara ca 10⁻⁸ m/s (tabellvärde). Ett lerinnehåll på ca 10 % eller innehåll av organiskt material kan ytterligare sänka den hydrauliska konduktiviteten. Exempelvis har lermorän en hydraulisk konduktivitet i spannet 10⁻⁸–10⁻¹⁰. Utifrån detta har den hydrauliska konduktiviteten ansatts till 10⁻⁸ m/s i utförda beräkningar och modelleringar.

Calluna genomförde en sedimentprovtagning i 30 provpunkter längs den östra delen av Tingstäde träsik under maj och juni 2023, se kapitel 3. Provtagningen syftade bl.a. till att utreda sedimentets hydrauliska konduktivitet för att förbättra konceptualiseringen av grundvattenutflöde i sjöbotten.

I de områden som består av hårdbotten, och som endast överlagras av ett tunt lager kalkslam/bleke, är det rimligt att anta att kontakt med underliggande berg förekommer. Kontakt med berg kan även förekomma i området i den norra och nordöstra delen av sjön där sedimenten utgörs av sand och finsand (blå markering i figur 12). Ungefärlig utbredning och position av områden med hårdbotten kan ses markerat inom röd linje i figur 12.

CRS-försöken visar att sedimenten har en låg konduktivitet vilket innebär att kontakten med underliggande berg är minimal i de områden där sedimentlager bestående av kalkslam/bleke (kalkgyttja) förekommer, detta är framför allt sant för de punkter där de mäktigaste sedimentlagren har påvisats.



Figur 12. Det undersökta området i Tingstäde träsik samt lokalisering av provpunkter. I de provpunkter som ryms inom röd markering påvisades hårdbotten med stora stenar och block som ställvis överlagrades med ett tunt lager av kalkslam/bleke. I området som ryms inom blå markering påvisades sediment utgörandes av sand eller finsand. Områden inom röd och blå markering antas ha kontakt med underliggande berg.

4.3 Förhållanden i berggrunden

Tingstäde träsk underlagras av ett ca 50 m tjockt lager av revartad kalksten (Stromatoporoid kalksten) vilket bl.a. visas i SGU:s SkyTEM-undersökningar (Dahlqvist et al. 2015). Att kalkstenen är revartad betyder att den inte är lagrad och därmed inte innehåller de vertikala sprickzoner som kan ses i både mörkelsten och lagrad kalksten. Grundvattentrycknivåer visar på små fluktuationer och en liten gradient mot sjön i de ytligare berglagren. I djupt liggande berglager (mätt mellan 25–53 m under sjöytan) har en svagt nedåtriktad gradient uppmätts. Detta står i skarp kontrast till borrhålen på File hajdar, belägna mellan tälten och sjön, som står i kontakt med kontinuerliga vattenförande lager vilka fluktuerar med en årlig amplitud på ca 30 meter.

I de delar där sedimenttäckets är tunt eller berget är blottat kan även det underliggande berget förväntas vara minst lika tätt som bottensedimenten. I annat fall hade Tingstäde träsk dränerats eller snarare aldrig utvecklats till en sjö. Det borrhål som borrats till 53 m djup vid sjöns östra strand uppvisar en genomsläpplighet (hydraulisk konduktivitet) på 10-10 m/s, d.v.s. 100 gånger tätare än bottensedimenten. Borrhålens låga konduktivitet visar på avsaknaden av kontinuerliga vattenförande lager i kalkstenen. Även borrhål BH2205 (vid sjöns södra sida, se figur 10) visar på ett tätt berg med hydraulisk konduktivitet på 10^{-8} m/s, likartat mönster utan stora fluktuationer med vattennivåer någon meter över sjöns yta.

En sammantagen bild av berggrunden under Tingstäde träsk är att lagret av revartad kalksten är mycket tätt. Det är först en bra bit österut, uppe på File hajdar, där revkalkstenen först överlagras och ytterligare österut upphör och istället ersätts av lagrad kalksten eller mörkelsten. Den lagrade kalkstenen och mörkelstenen har långa vattenförande lager och står därför i hydrogeologisk kontakt med tex File hajdar-tälten och Västra brottet vid Slite.

Det vatten som tillförs sjön från File hajdar i öster kommer som ytvatten, grundvatten i jord eller grundvatten i mycket ytnära sprickor i berget. Vattenkemianalyser i bergborrhålet BH2006, på sjöns östra sida, visar att detta försörjs med grundvatten från jordlagren i den intilliggande strandvallen, sannolikt via ytliga bankningsplan i berget i vilka vattnet även kan förväntas strömma vidare ut i sjön. Källmiljöerna som finns på ett par platser längs den västra sluttningen av File hajdar har i temperaturmätningar av drönare och manuellt utförda mätningar visat att grundvattnet härstammar från ytliga lager. Samma sak har prover på vattenkemin från källmiljöer och jordrör visat. Vattnet i källmiljöer och ytligt grundvatten har egenskaper som är typiska för ytligt vatten och saknar helt de egenskaper som uppstår i djupare grundvatten från berg. Jämförelser har exempelvis gjorts av grundvatten från Lummelundagrottan och den s.k. järnvägskällan söder om Bälsalvret sydväst om Slite samt i djupa borrhål uppe på File hajdar (se vidare i bilaga B3 till ansökan).

Förekomsten av karst är något som skulle kunna förändra grundvattnets rörelser och därmed ge ett annat mönster av hur grundvatten strömmar. I de fältinventeringar som gjorts har inga tecken observerats om större sammanhängande spricksystem mellan Tingstäde träsk och File hajdar-tälten. De uppmätta trycknivåerna i berggrunden stödjer detta eftersom det i annat fall skulle ha funnits en överensstämmelse mellan förekomsten av berggrundvatten och ytvatten i Tingstäde träsk.

4.4 Sjöns vegetation

Vegetationen i träskets strandnära områden domineras av vass, ag och viden. Studier av äldre litteratur (Lundqvist 1940) ger en fingervisning om att vass och ag bredd ut sig mycket. I vissa lägen är det nu i stort sett omöjligt att nå den öppna vattenytan. Det var förr helt öppet vatten

mellan Duroj och stranden i sydost. Enligt äldre Hejnumbor gick det vintertid att gå eller åka skridskor ut till ön. Den troliga anledningen till det är att betesdjuren minskat i antal och att agen tack vare sin konkurrensstyrka tar över.

Som framgått av kapitel 3 så finns det i Tingstäde träsk en mycket rik vattenvegetation. Dominerar gör kransalger tillsammans med havsnajas och Tingstäde träsk tycks precis som för nästan 100 år sedan (Lundqvist 1940) vara den sjö på Gotland som hyser de mäktigaste förekomsterna av kransalger.



Figur 13. Duroj från stenstranden i sydost.

I Grodväts Natura 2000-område nära strandzonen mellan ag eller vass och den omgivande skogen ger utströmmande grundvatten upphov till artrika rikkärrmiljöer källkärr. Det vatten som strömmar ut i Grodvät har dock visat sig vara av ytnära härkomst, vilket vattenprover men även drönarflygningar med IR-kamera visat. I dessa miljöer förekommer rikligt med orkideér, axag, knappag samt brun ögontröst, för att nämna några arter.

4.5 Klimat

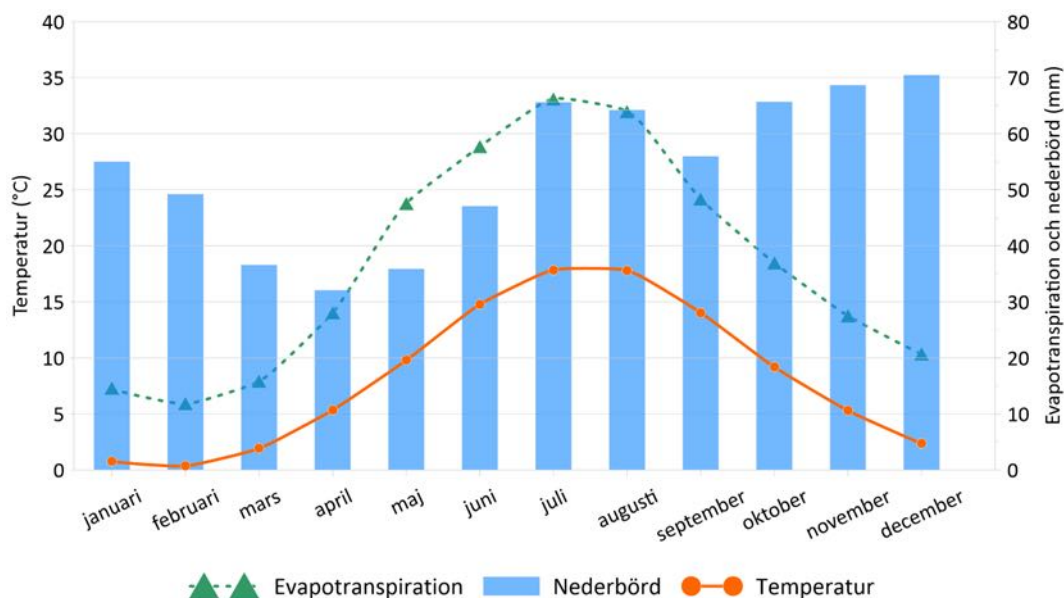
Den närmsta väderstationen som SMHI har är Hejnum (nederbörd) och Fårösund Ar (temperatur). SMHI har nyligen uppdaterat beräkningarna för exempelvis nettonederbörden, dvs. den del av nederbörden som kan ge grundvattenbildning (SMHI 2023).

Årsmedelnederbörden i området uppgår till cirka 632 mm per år (data för station Hejnum 1991–2020). Månadsmedelnederbörden är lägre under månaderna februari till juni (cirka 32–

49 mm per månad) jämfört med framför allt månaderna juli till december (cirka 60–70 mm per månad).

Årsmedeltemperaturen i området är +8,3 grader för perioden 1995–2020.

Hur nederbörd, temperatur och evapotranspiration (avdunstingen) varierar över året kan ses i figur 14.



Figur 14. Nederbördens, temperaturens och avdunstningens variation (evapotranspiration) i medeltal per månad.

Utmärkande för dessa sjöar är att de exponeras mycket av vinden, vilket påverkar bottenförhållandena. Vågorna och vinden medför att sedimenten ofta ansamlas i bankar, där en brant sida sticker upp från botten mot sjöns yta (Länsstyrelsen på Gotland 1983). Vid lågvatten är dessa bankar väl synliga i bland annat Tingstädeträsk och Fardumetrašk.

4.6 Avrinningsområde

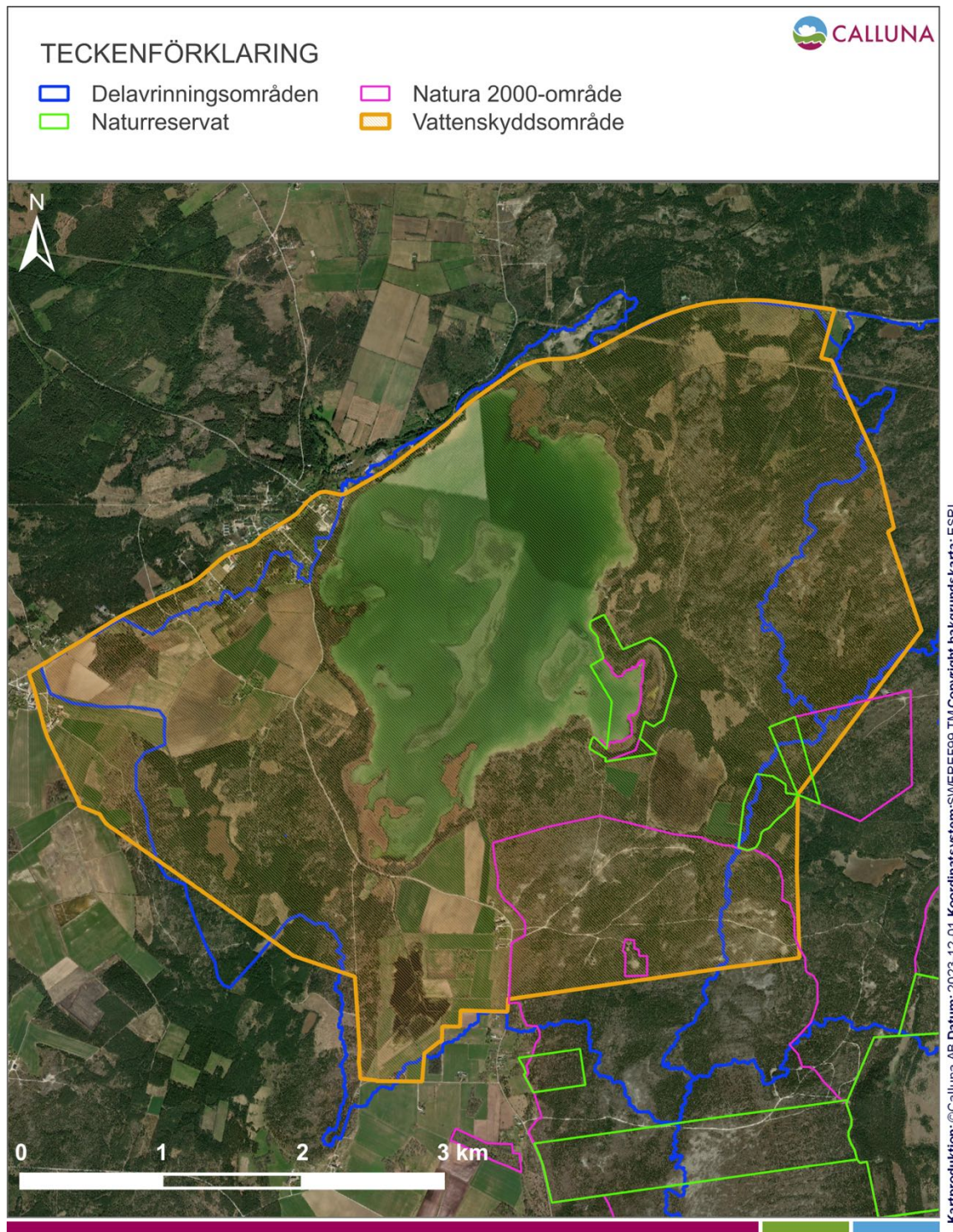
Avrinningsområdet till träsket följer i norr väg 148 fram till Myrväder i väster och går sedan i en sydostlig linje ner till Bjärs i Hejnum, där avrinningsområdet sträcker sig vidare åt nordost till det gamla kalkbrottet på File hajdar och till sist norrut mot väg 148 (figur 15). Tre dikade myrar avvattnas mot träsket; Killingmyr i öster, Brute myr i söder samt en namnlös myr i Kohagvät i väster. Kohagvät är ett träsk med omgivande och dikade skogs- och åkermarker som avrinner mot träsket. I nordost, mellan Fallet och väg 148, ligger en utdikad myr med ett rejält dike som löper tvärs igenom våtmarken. Diket utgår från sandavlagringen nära väg 148.

Avrinningsområdet uppgår totalt till cirka 1 450 ha och utgörs av drygt 30 % skog- och alvarmark, 25 % jordbruksmark med åker och bete, 25 % sjöyta och knappt 15 % bebyggd mark, främst Tingstäde samhälle.

Tingstäde träsk saknar stora tillrinnande vattendrag utan träsket har en tillrinning främst från diken från Killingmyr, Brute myr och Oxnymyrarna nära väg 148 i nordost.

. Bebyggelsen är koncentrerad till västra sidan av sjön med något enstaka hus i norr samt ett par gårdar i söder. Östra sidan domineras av skog samt våtmarken Grodvät som också är Natura

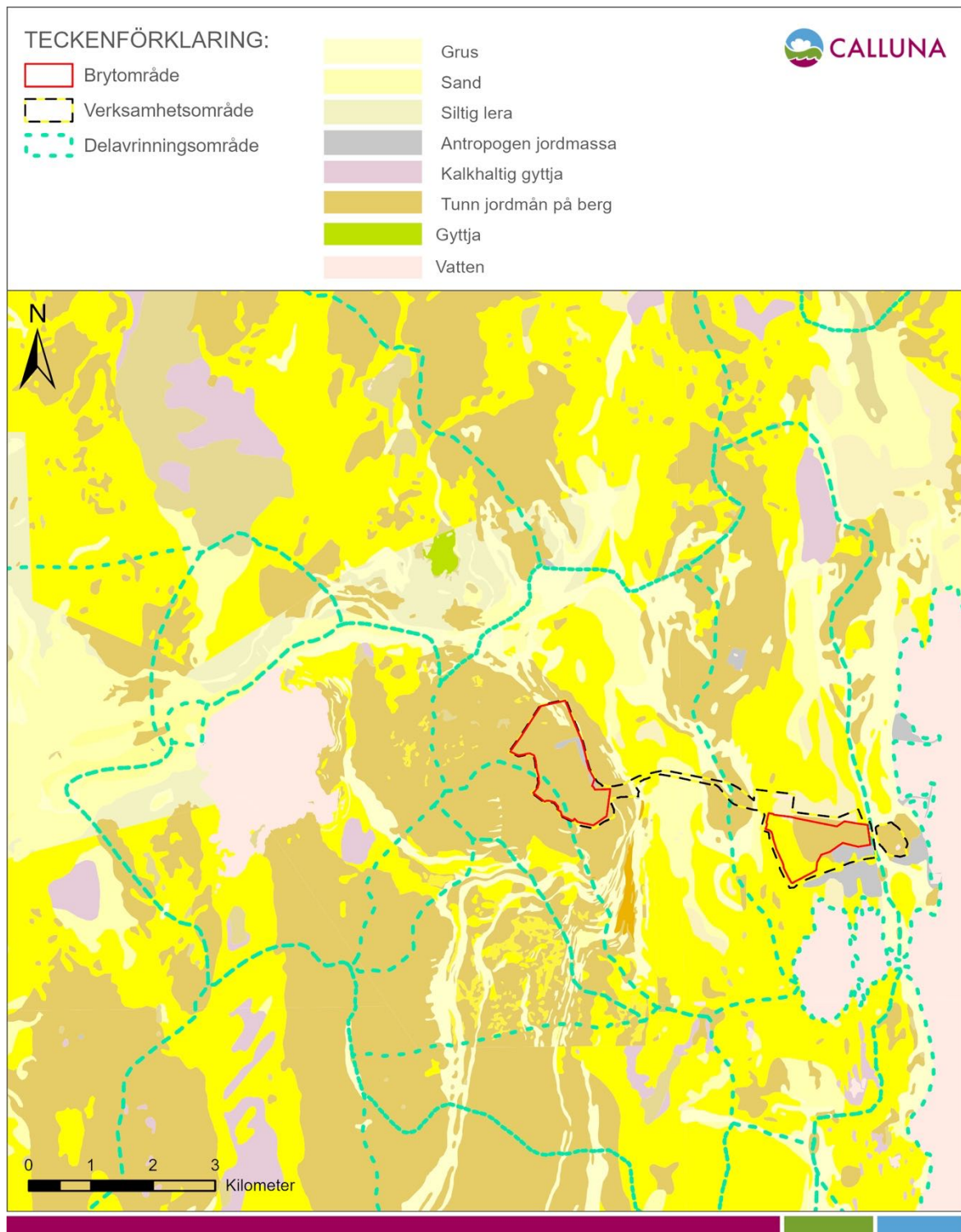
2000-område. Väster om Grodvät ligger Stralsviken, som är en grund vik omgiven av vass och gotlandsag. Passagen in i viken är mycket grund, med gott om stenar och block samt en liten ö i mitten.



Figur 15. Översikt över Tingstäde träsk och dess avrinningsområde samt lägen för Natura 2000-områden och vattenskyddsområde.

4.6.1. Jordarter i avrinningsområdet

De lösa jordlagren består i norr av Tingstädeåsen, i väster av lerig morän, grus och sand samt i söder och öster av morän och berggrund som går i dagen (figur 16). I vissa delar överlagras moränen av sandiga svallsediment.



Figur 16. Jordartskarta över Tingstäde träsks avrinningsområde.

4.6.2. Omgivande myrar

Killingmyr ligger ungefär 200 m sydost om Tingstäde träsk (Stralsviken) med anslutning till träsket genom en grävd kanal. Myren dikades ut i början av förra seklet och har delvis varit uppodlad. Under senare delen av 1900-talet har myren växt igen med framför allt viden, vass och ag. 2019 röjdes myren på nästan alla träd och buskar och ett dämme sattes upp vid utloppet. Myren är omgiven av skog.



Figur 17. Killingmyr mot norr.

Brute myr är lokaliserad 500 meter söder om träsket och till stor del omgiven av åkermark. Myren dränerades på 1890-talet genom ett handgrävt dike till Tingstäde träsk. Diket gjordes sedan om på 1930-talet. Detta ger en snabbare transport av vatten till Tingstäde träsk vilket får till följd att näringsämnen tillförs träsket. Partiklar följer också med och avsätts som gytta i sjön. Detta leder sammantaget till negativa effekter på Tingstäde träsk i form av igenväxning och sämre vattenkvalitet.

Den reglerade vattennivån i Tingstråde träsk innebär att vattnet från myrarna som rinner in i träsket under högvatten till stora delar rinner ut vid utloppet. Om vattennivån i träsket inte hade reglerats hade myrarna hållit kvar vatten under en längre tid och vatten långsamt transporterats mot träsket i jordlagren.

4.6.3. Tingstädeåsen

Tingstädeåsen är Gotlands största och tydligaste isälvsavlagring. I de mäktigaste delarna är djupet hela 15 meter. Vad som är intressant ur Tingstäde träsk synvinkel är att åsens fot, d.v.s. åsens botten, ligger hela fem meter under vattenytan på träsket. Förklaringen till detta är att

åsen närmast norr om Tingstäde träsk delvis är komplext uppbyggd. I detta parti ingår nämligen utbredda lager med moränlera som har en vattentätande effekt.

4.7 Vattentäkt

Tingstäde träsk utgör en kompletterande vattentäkt för Visby och Region Gotland har sedan 1966 tillstånd att leda bort en obegränsad volym vatten, så länge vattennivån i sjön regleras mellan +44,4 m och +45,1 m (angivet i höjdsystemet RH00) och det sker en viss minimitappning till Ireån. År 2019 fick Regionen tillstånd att sänka nivån till +44,2 m, dock endast under *en* av fem följande perioder: 15 augusti–15 januari 2020, 2021, 2022, 2023 eller 2024.

4.8 Miljö tillståndet i sjön

Tingstäde träsk utgör en ytvattenförekomst (SE640431-166731). Vattenförekomstens ekologiska status klassas som god. Den kemiska ytvattenstatusen är klassad som "uppnår ej god" med hänvisning till uppmätta halter av bromerad difenyleter samt kvicksilver och kvicksilverföreningar.

5 Vattenbalans och vattennivåer

Det sker ett inflöde och utflöde av grundvatten till och från Tingstäde träsk. Grundvattenflödet varierar med årstiden. Inflödet av ytligt grundvatten (jordgrundvatten) längs med eller nära strandlinjen är mycket större än det djupare grundvattenutbytet vid sjöns botten.

Bottensediment och underliggande berg är mycket täta och belägen på revartad kalksten utan kontinuerliga vattenförande lager. Om sjön hade haft en god vattenförande (hydraulisk) kontakt med de djupare vattenförande lagren i berget hade man inte sett de stora avsänkningarna i vattennivå i borrhål i berget under sommaren, som nu kan observeras i borrhål på File hajdar och nära Natura 2000-områdena. Om sjön hade haft en god hydraulisk kontakt med de djupare vattenförande lagren i berget hade ytvatten från sjön infiltrerat ned i berget och bildat berggrundvatten under sommaren, och därmed hållit uppe vattennivåerna i berget under sommaren.

5.1 Vattenbalans

Den beräknade vattenbalansen för Tingstäde träsk för ett normalår framgår av figur 18. Beräkningen utgår från dagens klimat (1991–2020).

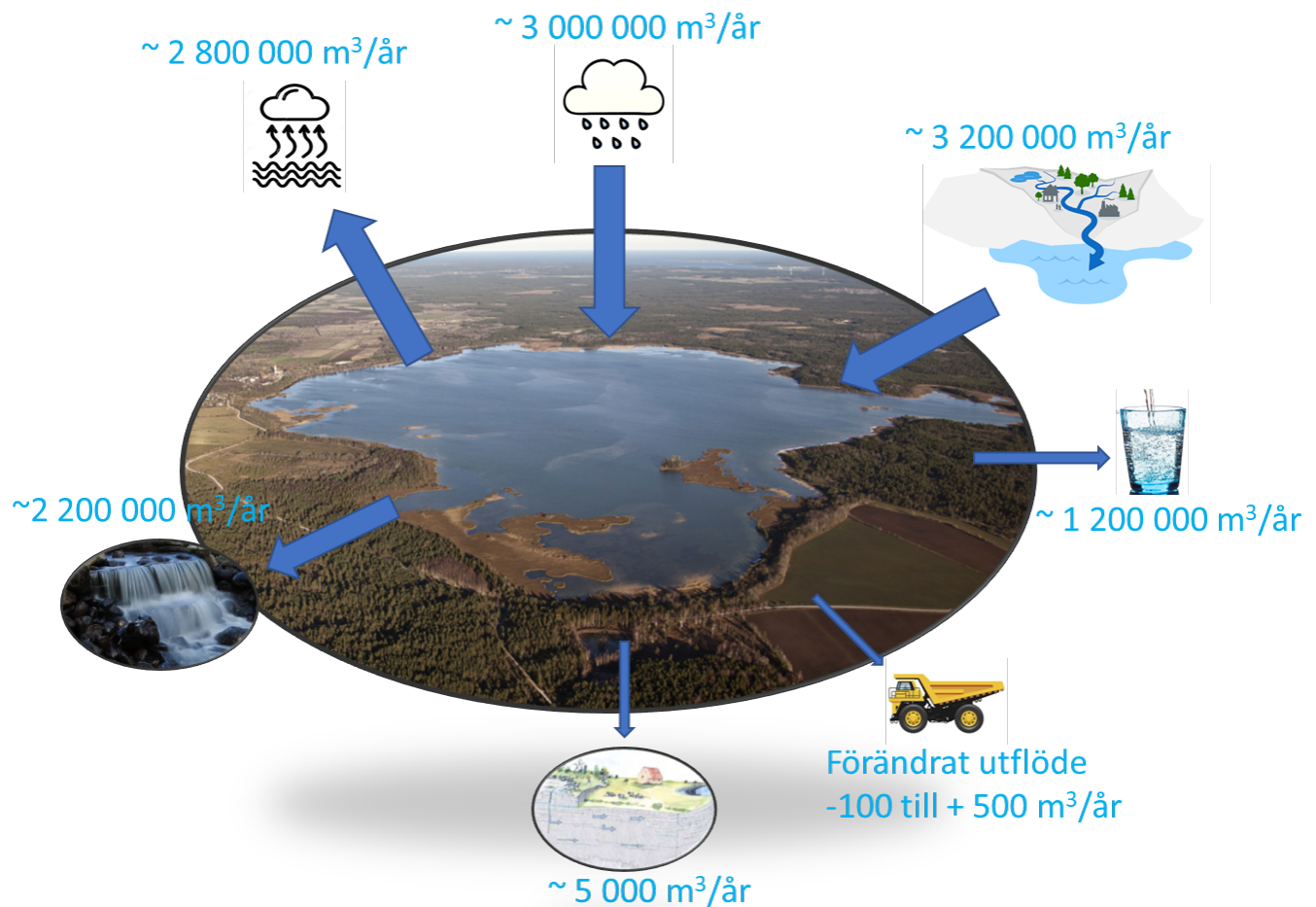
Inflödet från omgivningarna uppgår till ca 3,2 miljoner m³/år (222 mm nettonederbörd över 14,5 km²). Nederbörden på sjöytan är i medeltal 3 000 000 m³/år (632 mm över 4,68 km²). Avdunstningen är i medeltal 2 800 000 m³/år (600 mm över 4,68 km²). Nettonederbörden¹ över sjön uppgår med andra ord till ca 150 000 m³/år (32 mm över 4,68 km²).

Det kommunala vattenuttaget uppgår årligen till ca 1 200 000 m³/år. Överskottet, ca 2 200 000 m³/år, avrinner som ytvatten via Ireån.

Vattenutbytet via berggrundvatten genom sjöbotten är i sammanhanget mycket begränsat. Utifrån modellering beräknas sjön ha ett nettoutflöde genom sjöbotten på ca 5000 m³/år.

¹ Skillnaden för nettonederbörd mellan (beräknad utifrån mm nederbörd/sjöarea) och (skillnaden mellan nederbörd och avdunstning) är en effekt av avrundning till jämna tal.

Modelleringen av en utökad täkt beräknar en påverkan på vattenbalansen genom att utflödet minskar med $-100 \text{ m}^3/\text{år}$ efter 8 år, ökar med $300 \text{ m}^3/\text{år}$ efter 20 år och ca $500 \text{ m}^3/\text{år}$ efter 30 år. Dessa volymer är fullkomligt försumbara i förhållande till allt annat som påverkar vattenbalansen.



Figur 18. Uppskattad och beräknad vattenbalans för Tingstade träsk för ett normalår (beräknat med dagens klimat). Ursprung figur är WSP.

För att ytterligare förstå och få detaljkunskap om vattenbalansen hänvisas till den hydrogeologiska utredningen i bilaga B3 till ansökan.

6 Slutsatser

6.1 Vattenutbytet mellan Tingstäde träsk och berggrunden

All insamlad data och tidigare uppgifter från exempelvis SGU talar för att berggrunden under Tingstäde träsk är mycket tät. Det faktum att Tingstäde träsk underlagras av ett tätt berg med revartad kalksten är en av två anledningar till att träsket har kunnat bildas på just denna plats från början. Den andra anledningen är de tätande lagren i Tingstädeåsen som SGU beskriver (Svantesson 2008). Dessa medför att Tingstäde träsk däms upp trots att åsens tröskel ligger 5 m under träskets vattennivå.

I träskets tidigaste historia fanns inte de tätande lager av bleke och kalkgyttja som finns idag utan berget måste ha varit tillräckligt tätt från början. Anledningen till det är att Tingstäde träsk ligger ca 45 m ö.h. vilket är relativt högt för att vara Gotland. I omgivningarna finns det många platser som ligger på lägre höjd dit vatten borde ha kunnat infiltrera om berggrunden varit genomsläpplig. Det är den bevisligen inte under Tingstäde träsk.

Mäktigheten av revartad kalkstenen är ca 50 m under Tingstäde träsk, enligt de mätningar som SGU genomfört. De mätningar av bergets genomsläpplighet som WSP utfört på södra sidan och östra sidan av sjön visar också på ett mycket tätt berg. Totalt har flera hundra tester gjorts i olika borrhål mellan Slite och Tingstäde träsk. Borrhål i revkalksten eller revartad kalksten är i genomsnitt ungefär 10 gånger tätare än de som sitter i lagrad kalksten eller mägersten.

Revkalkstenen har vid undersökningar som gjorts haft ett stort spann vad gäller genomsläpplighet även om den genomsnittliga genomsläppligheten är mycket låg. 50 meter revartad kalksten innehåller många, många miljoner års utveckling av korallrev² och det är mer sannolikt att dessa rev tillväxt i olika riktningar under dessa miljontals år än att de skulle ha tillväxt på en och samma plats. Det innebär att de 50 m med revartad kalksten som ligger under Tingstäde träsk erhåller ungefär samma funktion som ett traditionellt gotländskt agtak. Varje enskilt agstrå släpper igenom vatten relativt fritt. Det gör också tio strån som läggs upp i bredd. Det är först när lager efter lager av agstrån läggs som en vattentätande förmåga uppstår (figur 19). Denna liknelse går att applicera på revkalksten och revartad kalksten. Korallreven och revstrukturerna kommer under gången av miljontals år att ligga omlott över varandra och därmed skapa ett mycket tätt lager. Precis som för agtak kan en del av reven vara genomsläppliga men helheten är det inte. Stora delar av File hajdars höjdområde, mellan Tingstäde träsk och File hajdar-täkten, utgörs av ett stort och komplext rev som vuxit under många miljoner år. Här existerar inte de långa, vertikalt vattenförande lager som man hittar t.ex. i mägerstenen och i den lagrade kalkstenen nära Slite vilket innebär att påverkan på grundvattnet av en utökad täkt vid File hajdar begränsas i sin utbredning.

² I den revartade kalkstenen utgörs av en numera utdöd djurgrupp som hette Stramatoporoidéer. Tidigare räknades de till koralldjuren (nässelldjur) men numera anser man att det var en typ av svampdjur. Signifikant för dem var att de också bildade revstrukturer, precis som med äkta korallrev.



Figur 19. Bottarvegården med agtak. Revkalkstenen kan liknas vid traditionella gotländska agtak i att den tätande effekten fås av enormt många strån som ligger omlott med varandra. På samma sätt ligger det i revkalkstenen årmiljoner av korallrev som utvecklats omlott kjämfört med underliggande rev. . Foto av Wolfgang Sauber - Eget arbete, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3225720>

Även om den täta berggrunden är den förmodligen viktigaste anledningen till att Tingstäde träsk över huvud taget existerar, så har sedimenten i träsket också en betydelse. De understa lagren i Tingstäde träsk består av morän och leror som pressats mot berget av trycket från kanske 1 km tjock inlandsis. Denna bottenmorän är närmast att betrakta som cementlik och kan från början av träskets uppkomst varit en viktig struktur för sjön. Detta stämmer överens med den isranszon som också finns i Tingstädeåsen och som också är mycket tät. De tusentals år som sedan har gått har inneburit att sedimenten vuxit till och idag upptar cirka 4/5-delar av sjöns botten. Under värmetiden var klimatet fuktigare, varmare och nederbördsrikare än idag och detta kan möjligen ha hjälpt till att sätta igen eventuella karstsprickor i sjöns botten. Karstsprickor är inget vi känner till något om under själva sjön. Däremot vet vi att de sedimenten som ligger i sjön är mycket täta och tillåter ett mycket litet utbyte mellan grundvattnet i berg och sjöns vatten. Samtliga tester som utförts av sedimenten visar detta.

Karstsprickor har också undersökts och det finns inga tecken på att det förekommer karstsprickor som skulle knyta ihop t.ex. File hajdar-takten med Tingstäde träsk och därmed utgöra någon form av risk för dränering av träsket. Genomsläppligheten i kalkberg är framför allt i horisontell riktning och det är också något som konstaterats i grundvattenrör i lagrade bergarter (lagrad kalksten och lagrad mägersten). Det innebär att det finns en hydrologisk kontakt horisontellt i varje lager. Även provinfiltration på File hajdar i sådana vertikala vattenförande lager har visat att det är så det fungerar; det framgår av att trycket har ökat i

grundvattenrör så långt som 1,5 km från infiltrationshålet. Om det mot förmodan skulle ha funnits vattenförande lager mellan File hajdar-täkten och träsket så skulle det ha gått att avläsa i den stora mängd grundvattenrör som nu finns mellan träsket och File hajdar-täkten. I de mätningar som gjorts saknas konsekvent sådana resultat. File hajdar-täkten är således åtskild från Tingstäde träsk genom revkalksten och revartad kalksten.

Tingstädeåsen är i sig också ett utmärkt exempel på hur tätande lager fungerar. Åsen började fungera som en fördämning någon gång under Ancylustiden och denna egenskap har fungerat sedan dess. Grundvattennivån i Tingstädeåsen ligger som bekant som lägst 5 m lägre än vattenytan på Tingstäde träsk. Ändå är det via Ireån som träsket avvattas.

6.2 Grundvattenutströmning och förekomsten av källmiljöer

När kalksten är lagrad sker det utströmning i lägre liggande områden och ovanför dessa finns inströmningsområden som leder vattnet ner till utströmningsområden. Utströmningsområden har förutsättningar att bli källmiljöer och källkärr. Mot File hajdar, som ligger öster om Tingstäde träsk, saknas dessa lagrad kalksten och mägersten, men det finns däremot källmiljöer och källkärr som per definition är utströmningsområden. Med hänsyn till vad som konstaterats under 6.1 kommer en utökad och fördjupad täkt vid File hajdar inte att innebära att källorna dräneras åt täkten eller i värsta fall att grundvattensystemet helt skulle ändra flödesriktning. Däremot återstår att förklara hur det kan finnas källmiljöer som mynnar nära Tingstäde träsk och som härstammar från File hajdar, trots förekomsten av den täta revkalkstenen och revartade kalkstenen.

Förklaringen är tämligen enkel. De källor och källkärr som förekommer i västsluttningarna av File hajdar ner mot Tingstäde träsk är ytliga till sin karaktär. De består antingen av grundvatten som lagrats i områden med mäktiga lager av svallsediment, vilket är flera meter djupa sandiga till grusiga formationer som fungerar lite som rullstensåsar – de kan lagra stora mängder vatten. Detta vatten lagras under högvattenperioden på vintern då det råder vattenöverskott och sedan sipprar det ut under vår och sommar i källor och källkärr. Är sedimenten tillräckligt stora, som vid Grodvät, kan de räcka för utströmning under en hel sommar, vilket beräkningar av WSP visat (se bilaga B3 till ansökan).

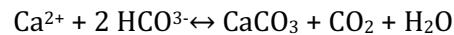
Källor och källkärr förekommer också i områden där det ytliga berget spruckit upp, t.ex. av frostsprängning eller av att det förekommer ytliga karstsprickor, s.k. epikarst. Dessa "sprickor" kan leda vatten från våtmarker högre upp under lång tid av sommarsäsongen och därmed fungera som samma typ av vattenmagasin som exempelvis svallsediment gör. I extremfallet kan källmiljön matas med vatten från ett slukhål i en våtmark eller vattendrag högre upp i terrängen. Det finns flera exempel på sådana källmiljöer på File hajdar och vad gäller området kring Tingstäde träsk är sannolikt källan Kutkälldu norr om träsket den mest kända och som får sitt vatten från ett slukhål i Furbjärsån (Dahlqvist et al. 2022).

Poängen med dessa källmiljöer och källkärr är att de inte i sig är ett bevis för att det finns genomsläpplig kalksten inom stora geografiska områden och djupt ner i berget. I sluttningarna från File hajdar ner mot Tingstäde träsk är det istället en ytlig grundvattenförsörjning där de täta strukturerna nedanför det uppspruckna berget hjälper till att hålla flödena ytliga och därmed skapar förutsättningar för källmiljöer som topografiskt ligger ganska högt i terrängen.

6.3 Blekebildning

En fråga när det gäller Tingstäde träsk är vad de stora blekebankarna i sjön säger om grundvattenutströmning. Blekebankarna är emellertid inte ett tecken på konnektivitet mellan

sjöbotten och grundvattensystemet i berg, utan de är resultatet av tusentals år med ansamling av sediment från främst kransalger. Kransalger har, som tidigare framgått, en egenhet att binda in stora mängder kalk i sin vävnad. När plantan sedan dör sedimenterar kalken på botten och bygger på blekebankarna. Det andra sätt som kransalger, och för övrigt alla undervattensväxter, bidrar till blekeuppbyggnad är genom fotosyntesen. Fotosyntesen förbrukar koldioxid i vatten vilket förskjuter den jämvikt som finns för karbonat löst i vatten. Ytterst handlar det om ett jämviktsförhållande där jämvikten har följande kemiska formel (i förenklad form):



Om ett av ämnena minskar eller ökar på ena sidan av jämvikten kommer det att kompenseras genom en förskjutning av halterna. När koldioxid åtgår till undervattensväxter kommer alltså karbonat att omvandlas till ny koldioxid samt kalciumkarbonat, dvs. bleke. Fotosyntes göder alltså blekeproduktion i sig.

När det gäller kransalger så består de till stor del av kalciumkarbonat och det finns många vetenskapliga studier som gjorts kring förmågan att bilda kalciumkarbonat och hur mycket som egentligen kan lagras in i en kransalg. Rödsträfsse, som är den art som dominerar i stora områden i grundare vatten enligt Callunas inventering, är en mycket stor och potent art för blekebildning. I en polsk studie av liknande sjöar med högt pH och riklig tillgång till kalk har man försökt uppskatta mängden kransalger men också mängden kalciumkarbonat (Pelechaty et al. 2013). Den studien var något extrem eftersom det var mycket tät bestånd av kransalger, något som vi dock också har i Tingstäde träsk. Studien visade att 59–76 % av en kransalg kan bestå av kalciumkarbonat och att vikten motsvarade i genomsnitt 589 g/m². Det är mer än ett halvt kilo per kvadratmeter med tät kransalgsvegetation. Det finns med andra ord mycket goda förutsättningar för sedimentation och uppbyggnad av blekebankar, särskilt över tidsperioder som omfattar tusentals år.

Det andra man kan ha med sig när det gäller blekebankar är att redan Lundqvist konstaterade att de härrör från kransalger (*Chara* på latin). Sådär skriver han 1940:

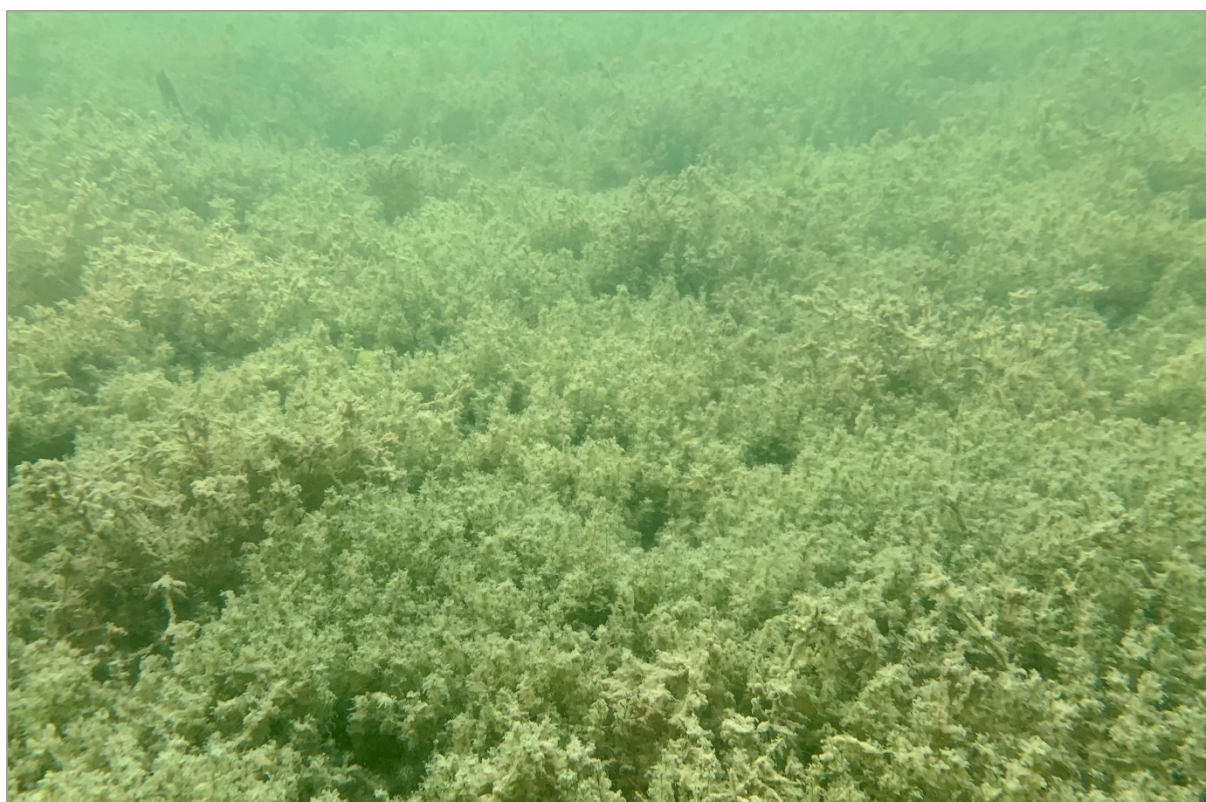
Förklaringen till ovanstående frekvenskillnader finner man genom jämförelser med nutida förhållanden. Det visar sig nämligen, att på bankarna lever en ofta synnerligen yppig *Chara* med riklig påväxt. Diagrammen visa, att det är just påväxtformerna, som nå den starkaste frekvensstegringen å bankarna, medan de utpräglade bottenformerna (t. ex. *Cymbella Ehrenbergi*), desmidiaceerna etc. ej visa samma starka uppgång i motsvarande läge. Givet är ju, att denna kraftiga vegetation bidragit i hög grad till den starka sedimentationen å bankarna. I t. ex. Fardume träsk äro bankarna ej så kraftiga, men *Chara*-vegetationen når där ej heller samma yppighet som i Tingstäde träsk.

Medvetenheten var med andra ord stor redan i början av 1900-talet om betydelsen av kransalger för blekebildning.

7 Källförteckning

- Dahlqvist, P., Triumph, C.-A., Persson, L., Bastani, M., Erlström, M., Jørgensen, F., Thulin Olander, H., Gustafsson, M., Thorsbrink, M., Schoning, K. & Curtis, P., 2015. *SkyTEM-undersökningar på Gotland. Rapporter och Meddelanden 136*, Sveriges geologiska undersökning, 108 s.
- Dahlqvist, P., Triumph, C.-A., Persson, L., Bastani, M., Erlström, M., & Schoning, K., 2017. *SkyTEM-undersökningar på Gotland, del 2. Rapporter och Meddelanden 140*, Sveriges geologiska undersökning, 135 s.
- Dahlqvist, P., Thorsbring M., Hjerne C-E. & Maxe L., 2022. *Beskrivning av grundvattnet på Gotland* SGU rapport 2022:14.
- Golder (2016). *Bottenförhållanden i Tingstäde träsk, Gotland*. Golder, Göteborg.
- Högström S., 1985a. *Tingstäde träsk, Botanisk inventering utförd sommaren 1984*. Länsstyrelsen i Gotlands län, naturvårdsfunktionen.
- Högström S., 1985b. *Tingstäde träsk, Kompletterande botanisk inventering*. Länsstyrelsen i Gotlands län och Gotlands kommun.
- Lundqvist G., (1940). *Sjösediment från Gotland*, SGU Årsbok(1940) N:o 4
- Länsstyrelsen Gotland län, 1983. *Värdefull natur på Gotland*. Planeringsavdelningen, Länsstyrelsen i Gotlands län.
- Länsstyrelsen Gotland län, 1986. *Sjöinventering*. Länsstyrelsen i Gotlands län.
- Petersson J., 1985. *Tingstäde träsk: Ornitologisk inventering*. Länsstyrelsen i Gotlands län.
- Pettersson M., 2006. *Inventering av makrofyter i gotländska sjöar och vattendrag*. Länsstyrelsen Gotlands län, rapport 2006:3.
- Råden R., 2019. *Tingstäde träsk 2019 – sjömätning*. Medins havs och vattenkonsulter AB.
- Svantesson S-I., 2008, *K4 Beskrivning till jordartskartan Gotland*. Sveriges Geologiska Undersökning, SGU.
- SMHI (2023). *Beräkning av korrigerad nederbörd och evapotranspiration för nordöstra Gotland*. Rapport 2023–07.

Bilagor



Inventering av makrofyter i Tingstäde träsk

OM RAPPORTEN:

Titel: Inventering av makrofyter i Tingstäde träsk

Version/datum: 2023-04-21

Foton i rapporten: © Calluna AB

Omslag: Kransalger i Tingstäde träsk

OM UPPDRAGET:

På uppdrag av: HeidelbergCement Sweden AB

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

Projektledare: John Askling (Calluna AB)

Rapportförfattare: Håkan Sandsten (Calluna AB)

Kvalitetssäkring: Annika Delbanco (Calluna AB)

Mall versionsdatum: 2023-02-24

Callunas interna projektkod: JAG0096

Innehåll

1 Inledning	36
Uppdraget.....	36
2 Metod och genomförande	36
Metodbeskrivning	36
Tidpunkt för arbetet och utförande personal	36
3 Resultat	36
Ekologisk status	41
4 Sammanfattning	42
5 Referens	43
Bilaga 1 – Transekternas placering	44
Bilaga 2 – Transekternas start- och slutpunkter	45

8 Inledning

Uppdraget

Calluna har fått i uppdrag av Cementa att inventera makrofyter (vattenväxter) i Tingstäde träsk på Gotland. Tingstäde träsk är mycket grund, oval sjö som är ca 3,5 km lång och ca 2 km bred. Den saknar stora tillrinnande vattendrag. På sjön observeras mycket ofta rödlistade änder, vadare, måsfåglar, örnar, svalor och tättingar. Sjön är skyddad som vattenskyddsområde och naturreservatet Grodvät täcker 12,5 hektar av sjöns sydöstra delar. Stränderna i Grodvät är även skyddade som Natura 2000-habitat (Art- och Habitatdirektivet), men det området sträcker sig inte ut i vattnet.

9 Metod och genomförande

Metodbeskrivning

Eftersom Tingstäde träsk är vattenskyddsområde får bensinmotor på båtar inte användas. Inventeringen genomfördes därför från en hyrd roddbåt med elmotor, vilket begränsade möjligheten att inventera regelbundna transekter runt hela sjön. Båten var långsam och transekterna placerades därför kors och tvärs längs med hela körsträckan. En stor fördel med båten var att den hade glasbotten, vilket gjorde att förändringarna i vegetationsbestånden var enkla att se och det användes för att placera provpunkterna. Metoden gav således inget regelbundet mönster av provpunkter, utan vegetationen undersöktes mer intensivt där artsammansättning, täthet, djup och botten förändrades än där dessa parametrar var likartade (Fig).

En kratta med teleskopskaft användes för att samla in växter, mäta vattendjupet i decimeter samt känna bottenens beskaffenhet. Botten bedömdes i tre klasser: hård (kalksten), måttligt fast (sjöbotten som det inte skulle vara svårt att gå på), samt mjuk eller mycket mjuk (sjöbotten som det vore farligt att försöka gå på).

Där botten var tillräckligt hård, vadade vi för att kunna inventera grunt vatten. För att komplettera inventeringen på mjuk botten och grunt vatten, inventerades även sjön med drönare som flögs över vattenytan och filmade på cirka 50 meters höjd.

Tidpunkt för arbetet och utförande personal

Inventeringen utfördes av Sara Andersson och Håkan Sandsten på Calluna den 6, 7 och 8 oktober 2021. Vädret var mest vindstill, men på den andra dagen var det dimmigt så drönare kunde inte användas då. Vegetationen hade inte börjat vissna trots att det började bli höst.

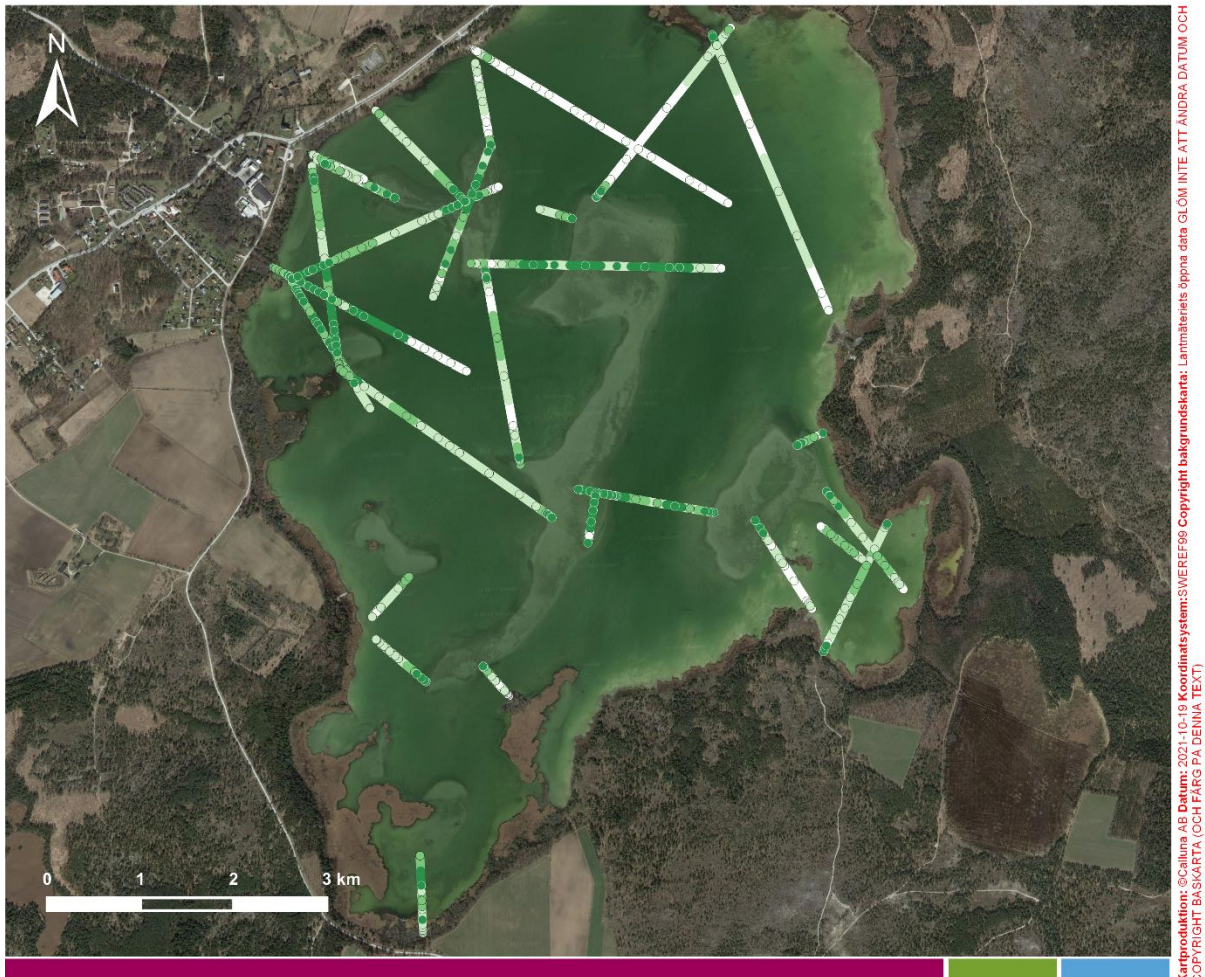
10 Resultat

Under 2021 inventerades 27 transekter i Tingstäde träsk (Fig). Transekternas start- och slutkoordinater redovisas i bilaga 1 och 2. Vid inventeringen undersöktes täthet av övervattens-, flytblads- och undervattensarter i totalt 687 provpunkter. Det öppna vattnets undervattensvegetation var i fokus, medan strändernas övervattensvegetation endast noterades sporadiskt.

I sjön registrerades 12 arter av makrofyter, där kransalger och vass dominerade (Figur 2, Figur 3 och Figur 4). Inga rödlistade arter upptäcktes. Vattenbläddra går egentligen inte att skilja från sydbläddra i undervattenformen utan blommor, men eftersom sydbläddra inte har rapporterats från Gotland tidigare bestämdes den till vattenbläddra.

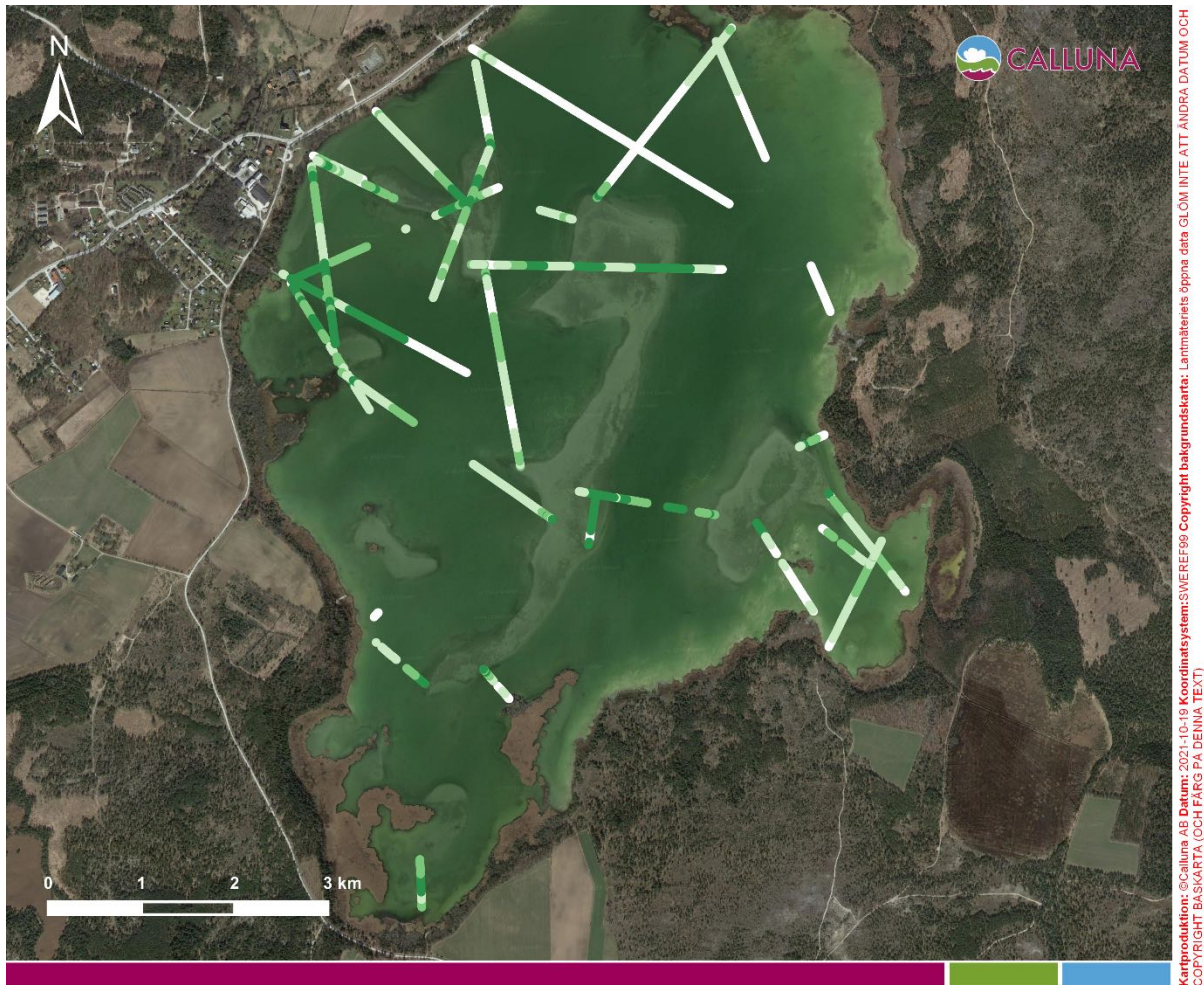
81 av de 687 provpunkterna saknade vegetation helt och hållet, men eftersom få prov togs där det inte fanns någon vegetation, ger det en underskattning av hur stor andel av transekterna som saknade vegetation. För att få en objektiv uppskattning av mängden vegetation längs med transekterna har vi därför interpolerat resultat mellan provpunkterna (Fig). Om man antar att dessa interpolerade transekter representerar hela sjön går det att uppskatta den totala mängden vegetation.

Fig visar att det fanns antingen heltäckande vegetation (längs 20% av transekterna), måttlig förekomst (20%) eller enstaka förekomst av någon art (38%). Endast 22% av transekternas längd saknade vegetation. I den norra delen av sjön fanns ett stort område som helt saknade vegetation. Heltäckande vegetation förekom ofta några tiotal meter ut från stränderna och sträckte sig flera hundra meter eller en kilometer ut. Sedan följde ofta ett område med djupare vatten där det var mer sparsam förekomst. Blekebankarna ute i sjön omringades av heltäckande vegetation från djupt till grunt vatten. Uppe på blekebankarna, på så grunt vatten att endast drönare kunde användas för att inventera, fanns det både heltäckande och måttlig förekomst av vegetation.



Figur 1. Vegetation i Tingstäde träsk. Provpunkterna visas som små cirklar och mellan dem finns interpolerad färgklassning av vegetationens täthet där vit är utan vegetation, ljusgrön enstaka förekomst av någon eller några arter, mellangrön måttlig förekomst och mörkgrön heltäckande vegetation. Observera att flygbilden i bakgrunden inte visar vegetationen särskilt bra, allt som är grönt på flygbilden är inte vegetation. Det ljusa sedimentet i sjön gör att djupt vatten ser mörkare grönt ut än grunt vatten.

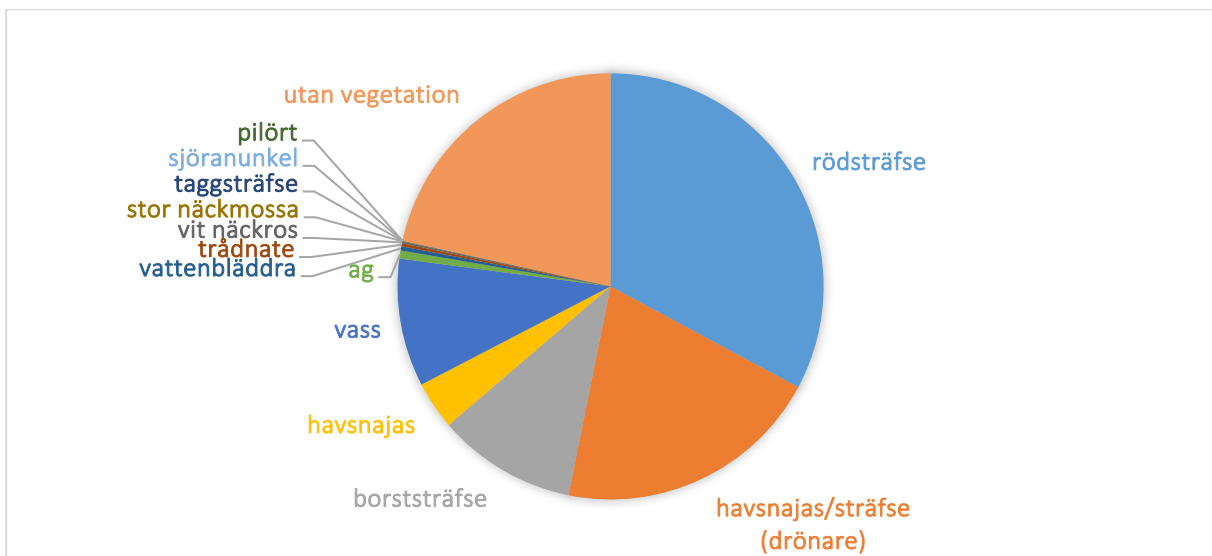
De arter som dominerade var kransalgerna rödsträfs och borsträfs, samt kärllväxterna vass och havsnajas (Figur 4). Rödsträfs är en mer storvuxen kransalg än borsträfs och var ungefär tre gånger vanligare än borsträfs längs transekterna. Vass förekom tillsammans med ag i lite tätare bestånd vid vissa stränder, men framförallt fanns vass i mycket glesa bestånd ute i stora delar av sjön (Figur 3). Havsnajas och olika arter av sträfs kunde inte artbestämmas med säkerhet från de transekter som inventerades med drönbilder, men inventering från båt visade att sträfsen dominerade stort över havsnajas.



Figur 2. Kransalger i Tingstäde träsk. Interpolerad täthet av kransalger visas mellan alla provpunkter där ljusgrön är enstaka förekomst, mellangrön måttlig förekomst, och mörkgrön heltäckande förekomst. Vit är utan förekomst av all vegetation. Observera att flygbilden i bakgrunden inte visar vegetationen särskilt bra, allt som är grönt på flygbilden är inte vegetation. Det ljusa sedimentet i sjön gör att djupt vatten ser mörkare grönt ut än grunt vatten.



Figur 3. Vass i Tingstäde träsk. Interpolerad täthet av vass visas mellan alla provpunkter där ljusgrön är enstaka förekomst och mellangrön måttlig förekomst. Vit är utan förekomst av all vegetation. Observera att flygbilden i bakgrunden inte visar vegetationen särskilt bra, allt som är grönt på flygbilden är inte vegetation. Det ljusa sedimentet i sjön gör att djupt vatten ser mörkare grönt ut än grunt vatten.



Figur 4. Fördelning av olika makrofyterarter längs transekterna i Tingstäde träsk.



Figur 5. Sedimentets beskaffenhet i Tingstäde träsk. Svart färg är hård botten av kalksten, grå är fast sjöbotten som det inte skulle vara svårt att gå på, vit färg är mjuk eller mycket mjuk botten som det vore farligt att försöka gå på. Provpunkterna visas som små cirklar och mellan dem finns interpolerad färgklassning av sedimentets beskaffenhet. Observera att flygbilden i bakgrunden inte visar vegetationen särskilt bra, allt som är grönt på flygbilden är inte vegetation. Det ljusa sedimentet i sjön gör att djupt vatten ser mörkare grönt ut än grunt vatten.

Sedimentets beskaffenhet i Tingstäde träsk undersöktes samtidigt som makrofytterna och visas i Figur 5. Drygt hälften av sjön hade så mjuk botten att det bedömdes som farligt att försöka gå på den med vadarstövlar. Ungefär en fjärdedel bedömdes som måttligt mjuk och inte så mjuk att det skulle vara farligt att gå på botten. En dryg femtedel av sjön hade hård botten, ofta med kalksten. Kalkstensbotten förekom mestadels i östra delen av Tingstäde träsk. Vegetation förekom främst på mjuk och måttligt mjuk botten, medan hård botten oftare saknade vegetation eller hade enstaka förekomster av vattenväxter.

Vattendjupet, som visas i Figur 6, varierade mellan 0 och 1,9 meter. Båten hade ett djupgående som tillät inventering till 0,3 meters djup så på grundare vatten där det var för mjuk botten att vada på kunde vi inte inventera. Det var främst ute på blekebankarna som vi körde fast på grunt vatten och inte kunde inventera vegetationen. Borststräfs dominerade på de grundaste djupen på blekebankarna och den sågs fortsätta upp mot 0,1 meters djup. De flesta djup som inventerades låg mellan 0,5 och 1,6 meter. Borststräfs var mycket vanlig mellan 0,5 och 1,1 meter, havsnajas var vanligast mellan 0,6 och 0,8 meter, medan röststräfs var vanligast från 0,7 till 1,6 meter. Vass växte dels vid stränderna ut till 1 meters djup och dels i glesa bestånd ute i det öppna vattnet från 1,3 till 1,6 meter.



Figur 6. Vattendjupet i Tingstäde träsk mättes samtidigt med makrofyterna. Provpunkterna visas som små cirklar och mellan dem finns interpolerad färgklassning av vattendjup där vit är 0 m och mörkaste blå 1,9 m. Observera att flygbilden i bakgrunden inte visar vegetationen särskilt bra, allt som är grönt på flygbilden är inte vegetation. Det ljusa sedimentet i sjön gör att djupt vatten ser mörkare grönt ut än grunt vatten.

Ekologisk status

I Tingstäde träsk påträffades endast sju bedömningsgrundsarter under 2021 och ekologisk status för makrofyter enligt Havs- och vattenmyndigheten (2019) bedömdes som måttlig (Tabell 1). Grunda kransalgssjöar får ofta sämre status eftersom arterna som trivs i dem även trivs i näringsrika och övergödda sjöar. Bedömningsgrunderna speglar endast den generella kopplingen mellan fosforhalt i vattnet och makrofytsammansättning, och det blir därför ofta fel när det gäller kransalgssjöar. Måttlig status här innebär alltså inte att man ska försöka bekämpa rödsträse och borststräse eller förändra vegetationen på något annat sätt. Egentligen borde status för makrofyter i Tingstäde träsk därför bli god.

Tabell 1. Ekologisk status med avseende på makrofyter i Tingstäde träsk. TMI = trofiskt makrofytindex, ett mått på näringsstatus baserat på funna arter förutom övervattensväxter. EK= ekologisk kvot, observerat trofiindex i förhållande till ett geografiskt bundet referensvärde. Antal BG-arter = antal observerade arter som är bedömningsgrundande. UV-veg maxdjup = djupaste noteringen av undervattensväxter.

Sjö	Trofiindex (TMI)	Ekologisk kvot (EK)	Status	Antal BG-arter	UV-veg maxdjup (meter)
Tingstäde träsk	6,28	0,726	Måttlig	7	1,9

11 Sammanfattning

Tingstäde träsk är en mycket grund kransalgssjö som till stora delar täcktes av undervattensvegetation. Ute i sjön finns stora blekebankar med mycket mjukt sediment. Drygt hälften av sjöns yta hade mycket mjuk botten, ungefär en fjärdedel var måttligt mjuk och en dryg femtedel av sjön hade hård botten, ofta med kalksten.

Uppskattningsvis 20% av sjöns area täcktes av heltäckande vegetation, 20% hade måttlig förekomst och 38% hade gles vegetation med enstaka förekomst av någon art. Endast 22% av sjöns area bedöms ha saknat vegetation.

I sjön registrerades 12 arter av makrofyter, och de arter som dominerade ute i sjön var kransalgerna rödsträse och borsträse, samt kärlväxterna vass och havsnajas. Inga rödlistade arter påträffades.

Vattendjupet i Tingstäde träsk varierade mellan 0 och 1,9 meter. Borsträse dominerade på de grundaste djupen på blekebankarna och var även mycket vanlig från 0,5 till 1,1 meter, havsnajas var vanligast från 0,6 till 0,8 meter, medan rödsträse var vanligast från 0,7 till 1,6 meter. Vass växte dels vid stränderna ut till 1 meters djup och dels i glesa bestånd ute i det öppna vattnet från 1,3 till 1,6 meter.

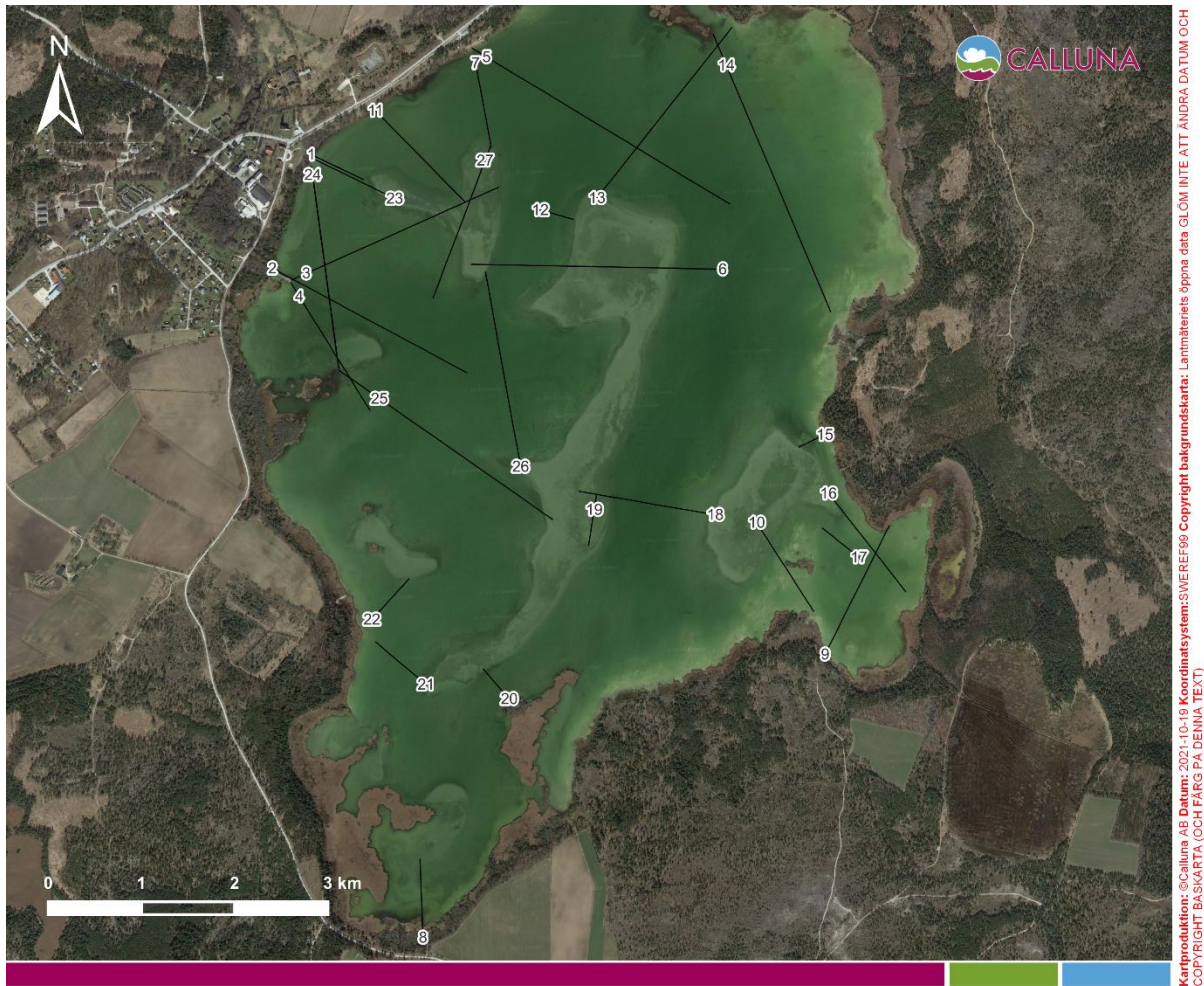
Ekologisk status för makrofyter enligt Havs- och vattenmyndigheten (2019) bedömdes som måttlig, men grunda kransalgssjöar får ofta sämre status eftersom arterna som trivs där även trivs i övergödda sjöar. Bedömningsgrunderna speglar endast den generella kopplingen mellan fosforhalt i vattnet och makrofytsammansättning, och egentligen borde en expertbedömning ge god status för makrofyter i Tingstäde träsk.

12 Referens

Havs- och Vattenmyndigheten 2019. Föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten. HVMFS 2019:25.

Bilaga 1 – Transekternas placering

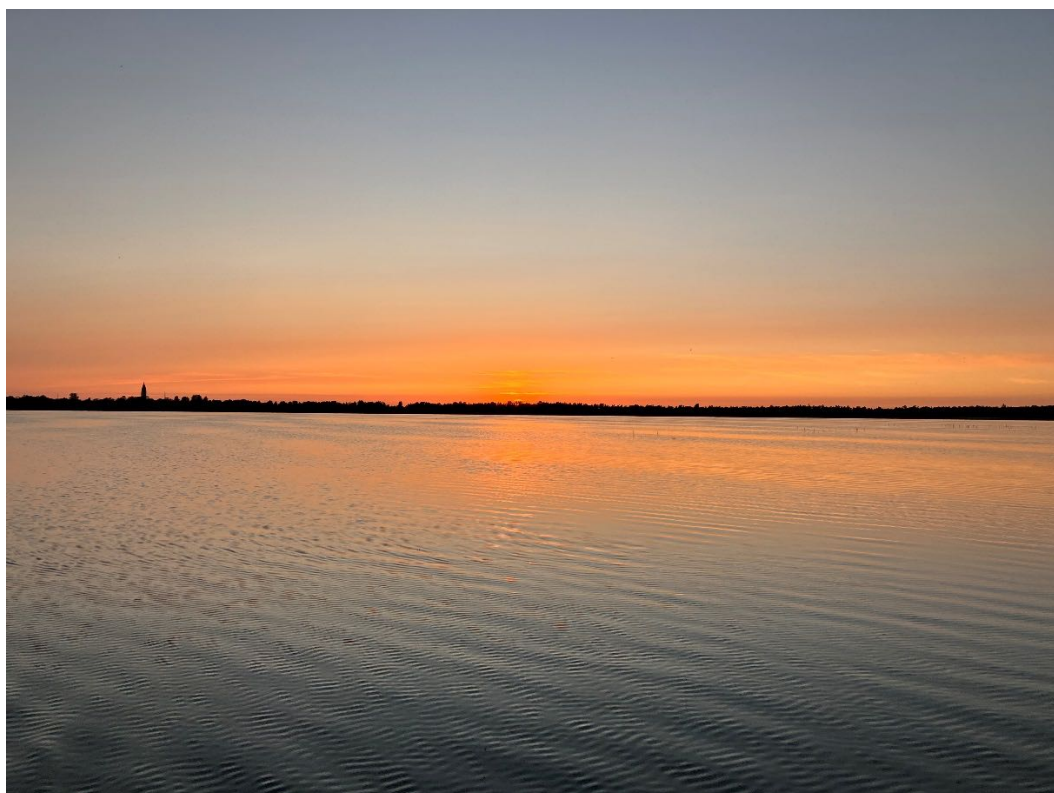
Transektnummer visas vid startpunkterna



Bilaga 2 – Transekternas start- och slutpunkter

Sweref99 TM

Transekt nr	Start N/X	Start E/Y	Slut N/X	Slut E/Y
1	6405016	715283	6405006	715304
2	6404638	715154	6404221	715931
3	6404597	715213	6404936	715971
4	6404592	715214	6404020	715569
5	6405369	715819	6404888	716615
6	6404635	716652	6404651	715832
7	6405369	715821	6405047	715881
8	6402414	715655	6402705	715644
9	6403339	716985	6403762	717196
10	6403793	716765	6403483	716965
11	6405163	715496	6404859	715795
12	6404832	716045	6404802	716150
13	6404872	716234	6405438	716683
14	6405415	716621	6404459	717026
15	6404085	716992	6404045	716908
16	6403890	717004	6403565	717260
17	6403664	717123	6403774	716984
18	6403819	716627	6403896	716177
19	6403883	716232	6403728	716208
20	6403207	715942	6403301	715860
21	6403255	715665	6403411	715480
22	6403471	715485	6403649	715649
23	6404870	715561	6404997	715301
24	6404976	715284	6404297	715376
25	6404298	715377	6403809	716078
26	6403979	715980	6404631	715862
27	6405047	715881	6404540	715689



Sedimentprovtagning i Tingstäde träsk Fältrapport

Tingstäde träsk, Gotland

OM RAPPORTEN:

Titel: Sedimentprovtagning i Tingstäde träsk. Fältrapport. Tingstäde träsk, Gotland.

Version/datum: 2.0/2023-02-05

Rapporten bör citeras enligt följande: Bohman, A. (2023). *Sedimentprovtagning i Tingstäde träsk. Fältrapport. Tingstäde träsk, Gotland.* Calluna AB.

Omslag: Tingstäde träsk, Gotland (Foto: Annelie Bohman, Calluna AB)

OM UPPDRAGET:

På uppdrag av: Heidelberg Materials Cement Sverige AB (Skolgatan 6, 642 22 Slite)

Uppdragsgivarens kontaktperson: Jon Hallgren

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

Projektledare: John Askling (Calluna AB)

Rapportförfattare: Annelie Bohman (Calluna AB)

Provtagare: Annelie Bohman(Calluna AB)

Fältarbete: Sedimentprovtagning (Calluna AB)

Kartproduktion: Calluna AB

GIS-analyser: Martin Andersson-Li (Calluna AB)

Granskning: Eva Amnéus Mattisson (Calluna AB)

Kvalitetssäkring: Calluna AB

Callunas interna projektkod: JAG0096d

13 Innehåll

1 Inledning	6
Uppdrag och syfte	6
Områdesbeskrivning.....	6
Allmänna geologiska förhållanden.....	6
Allmänna hydrologiska förhållanden.....	7
Tidigare undersökningar	7
2 Utförda undersökningar	8
Allmänt om undersökningen	8
Undersökningens omfattning	8
Kvalitetsnivå	9
Dokumentation	9
Miljöteknisk undersökning/teknisk beskrivning	9
Laboratorium	10

Provhantering	10
Analysprogram	10

3 Fältobservationer och fältanalyser **11**

Referenser **14**

Bilagor **14**

Bilaga 1 – Provpunkternas placering

Bilaga 2 – Koordinater

Bilaga 3 – Fältprotokoll

Bilaga 4 – Bilder

Bilaga 5 – Sedimentprofiler historisk transekt

1 Inledning

13.1 Uppdrag och syfte

Calluna AB har på uppdrag av Heidelberg Materials Cement Sverige AB (tidigare Cements AB) utfört sedimentprovtagning i Tingstäde träsk på Gotland. Syftet med provtagningen var att undersöka sedimentets hydrauliska konduktivitet/genomsläpplighet.

13.2 Områdesbeskrivning

Aktuellt provtagningsområde är den östra delen av Tingstäde träsk vilket även omfattar Grodväts naturreservat, figur 1. I anslutning till Grodväts naturreservat finns även ett Natura 2000 område. Tingstäde träsk är ett skyddat vattenområde i egenskap av dricksvattentäkt och har både en inre och en yttre skyddszon.



Figur 1. Aktuellt provtagningsområde markerat med gult (ungefärligt läge). (Lantmäteriet, Min karta 2023)

13.3 Allmänna geologiska förhållanden

Det grundläggande bottenmaterialet i Tingstäde träsk består huvudsakligen av glacial lera (fragmentkalksten) övertäckt med en varierande tjocklek av bleke, kalkgyttja eller sand. I sjön finns även flera sedimentbankar med mäktiga sedimentlager. (SGU, kartvisare jordarter).

13.4 Allmänna hydrologiska förhållanden

Tingstäde träsk är Gotlands näst största sjö och har en area på 5 km². Enligt VISS (Vatteninformationssystem Sverige) uppnår Tingstäde träsk *God ekologisk status* men uppnår inte *God kemisk status* p g a. förhöjda halter av kvicksilver och PBDE (bromerade difenyletrar). Dessa ämnen är förhöjda i samtliga vattenförekomster i Sverige p g a. långvariga utsläpp av dessa ämnen och via atmosfärisk deposition (VISS, 2023). Det finns ett stort grundvattenmagasin (Tingstädeåsen) norr om Tingstäde träsk. Tingstädeåsen sträcker sig i sydvästlig till nordostlig riktning. (SGU, kartvisare grundvattenmagasin).

13.5 Tidigare undersökningar

Inga tidigare undersökningar har utförts med avseende på den hydrauliska konduktiviteten av sedimentlagren i Tingstäde träsk.

Gösta Lundqvist utförde en rad olika undersökningar i Tingstäde träsk under 1920- och 1930-talen. I en av undersökningarna studerades och dokumenterades sedimentlagrens mäktighet och karaktär. Prover togs då ut i en transekt som sträckte sig väster om Grodväts naturreservat till en bit nordväst om Bulverket, figur 2. I denna undersökning dokumenterades sedimentlagrens mäktighet och karaktär, bilaga 5 (G. Lundqvist, 1940).



Figur 2. Provpunkter i den historiska transekten. Karta: Martin Andersson-Li, Calluna AB 2022.

2 Utförda undersökningar

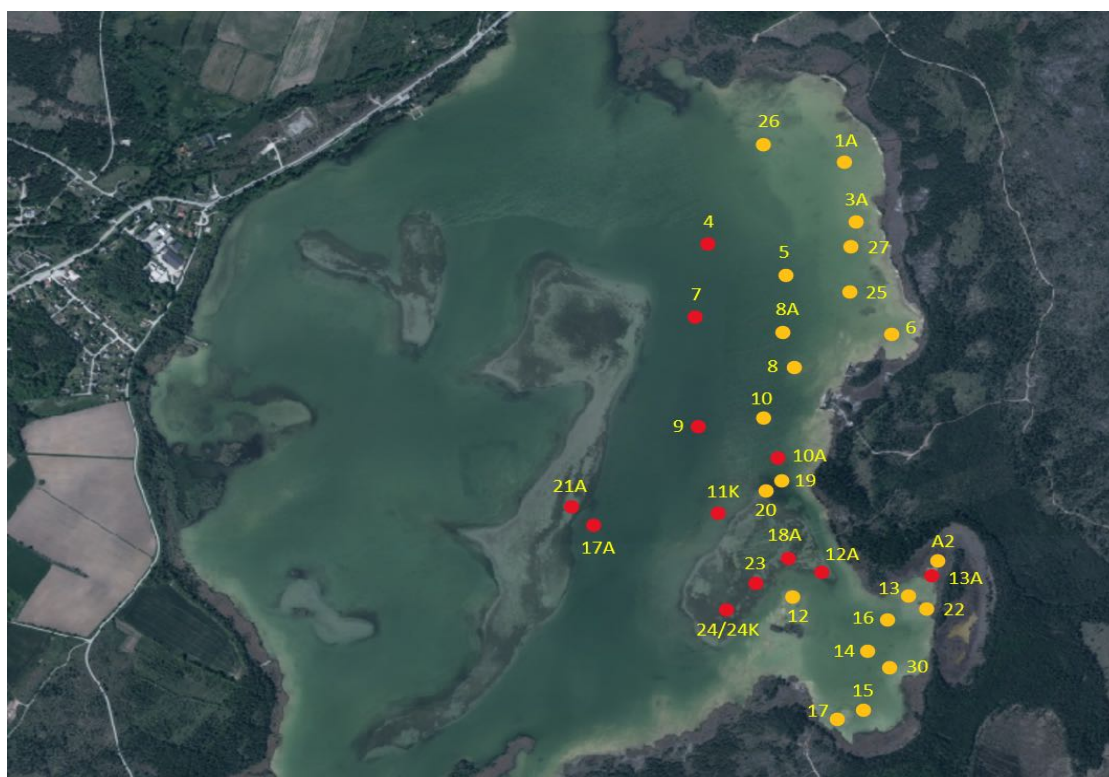
13.6

13.7 Allmänt om undersökningen

Sedimentundersökningen utfördes under maj och juni månad 2023 vid 30 st provpunkter i Tingstäde träsk på Gotland. Arbetet genomfördes från en grundgående pråm, specialbyggd för ändamålet av JM Geo AB, som även utförde själva provtagningen. Sedimentprover togs ut med en kolvprovtagare monterad på pråmen. Sjösättning utfördes vid Fjurbjärs 1:29 med markägarens tillåtelse.

Tingstäde träsk är ett skyddat område med en inre och en yttre skyddszon då sjön är en dricksvattentäkt. I Stralsviken i öster finns även Grodväts naturreservat. Erforderliga tillstånd inhämtades därför innan provtagningen påbörjades. Då särskild hänsyn krävdes inom området framfördes pråmen med elmotor, och i de grundaste områdena paddlades pråmen fram för hand. Ett gasoldrivet elverk användes vid provtagningen för att kunna sänka ned och ta upp provtagaren ur sedimentet.

Provpunkternas position mättes in med GPS (SWEREF 99 TM). Karta över provpunkternas placering, se figur 3, koordinater för provpunkterna finns i bilaga 2.



Figur 3. Röda punkter = sedimentprover uttagna för laboratorieanalys och dokumentation. Gula punkter = sedimentprover uttagna för dokumentation (kolvprovtagning ej möjlig). Lantmäteriet, Min karta 2023.

13.7.1. Undersökningens omfattning

Den miljötekniska undersökningen har omfattat följande moment:

- Uttag av sedimentprover från båt med kolvprovtagare vid 13 provpunkter, figur 3.

- Dokumentation av provtagning i fältprotokoll.
- Dokumentation av 30 st sedimentprofiler.
- Inmätning av 30 provpunkter.
- Laboratorieanalys av den hydrauliska konduktiviteten med CRS-försök. Vid denna tidpunkt finns inga resultat ännu.

13.7.2. Kvalitetsnivå

Provtagningen utfördes enligt den standardkravnivå på kvalitet och dokumentation som beskrivs i SGF:s miljögeotekniska fälthandbok (SGF 2:2013).

13.7.3. Dokumentation

Fältarbetet har dokumenterats i denna rapport samt i fältprotokoll (Bilaga 3). Foton från respektive provuttag kan ses i bilaga 4.

Jordlagerföljder, utseende, lukt och andra observationer finns dokumenterat i fältprotokoll (Bilaga 3). För jordartsbenämning har SGF:s nomenklatur använts.

13.8 Miljöteknisk undersökning/teknisk beskrivning

Sedimentprover togs ut från 13 provpunkter i Tingstäde träsk under maj och juni månad 2023, figur 3. Proven togs ut på önskad nivå under bottenytan eller på en nivå som var tekniskt möjlig då provtagaren kräver ett visst sedimentdjup. Även sedimentens beskaffenhet har betydelse då områden med sand eller för lösa material inte var möjliga att provta, då sedimenten inte stannade kvar i provtagaren.

Kolvprovtagaren innehåller tre stycken 17 cm långa cylinderformade märkta provtagningskärl tillhandahållna av laboratoriet. Provtagningskärlen laddas i provtagaren som sedan sänks ned till önskat sedimentdjup med hjälp av hydraulik. Vid önskat provtagningsdjup löser man ut provtagaren och väntar en stund för att proverna ska stabilisera sig, innan man hissar upp provtagaren. Provkärlen finns då inne i provtagaren och trycks sedan ut med ett verktyg anpassat för ändamålet. Kolvorna sitter på rad och provet skärs av i skarven för varje provkärl. Ett tunt skyddspapper läggs på snittytorna och sedan sätts tättslutande lock på provkärlens båda ändar. Provet förvaras stående så som det befann sig i sitt naturliga tillstånd i sedimentet, för att få så ostörda prover som möjligt.

Där sedimentdjupet inte har varit tillräckligt tjockt för att använda kolvprovtagaren maskinellt har vissa kolvprover tagits för hand. Detta utförs genom att provkolvorna tejpas på ett plaströr och förs ned i sedimentet till önskat djup. I övrigt behandlades dessa prover på samma sätt som de som tagits maskinellt. Vilka prover som tagits för hand eller maskinellt kan ses i tabell 2.

Då provkärlen består av ett ogenomskinligt plastmaterial omöjliggör detta en visuell bedömning av sedimentens beskaffenhet. Därför togs även sedimentprov upp för hand med hjälp av genomskinliga plaströr. Provet trycktes sedan ut i en ränna för att få möjlighet att undersöka sedimentet mer noggrant. På detta sätt kunde lagerföljder dokumenteras och fotograferas. Jordlagerföljder, utseende, lukt och andra fältintryck dokumenterades i fältprotokoll (bilaga 3) samt foto (bilaga 4).

Att plaströren (för visuell bedömning) har drivits ned för hand har dock inneburit en begränsning i de mäktigare sedimentlagren, då det inte har varit praktiskt möjligt att ta upp prov i hela sedimentprofilen. Detta

innebär att dokumentation av sedimentets hela profil ej har kunnat utföras i vissa provpunkter. För att kunna dokumentera hela sedimentprofilen i dessa områden skulle i stället dubbla prov behöva tas upp med kolvprovtagaren i samtliga nivåer. Detta skulle innebära en omfattande tidsåtgång, vilket inte bedömdes vara kostnadseffektivt. Då det huvudsakliga syftet med undersökningen var att ta upp prover för att undersöka den hydrauliska konduktiviteten lades fokus på detta. Provtagningen begränsades även av vågor och vind, vilket innebar att provtagning endast kunde utföras vid relativt lugnt väder, då kolvprovtagaren annars riskerade att brytas sönder. Sedimentproverna finns dock sparade på MITTA laboratorium i tre månader.

Vattendjupet mättes med handhållet lod. För att mäta sedimentens mäktighet användes en sticksond i stål som fördes ned i sedimentet tills hårbotten nåddes.

13.8.1. Laboratorium

För analys av sedimentproverna har MITTA AB, Geotekniska laboratorium i Stockholm anlitats (ackrediterat enligt SWEDAC).

13.8.2. Provhantering

Sedimentproverna förvarades i kylväskor i fält och flyttades sedan över till kylskåp inför transport till laboratoriet. De prover som tagits under arbetsveckan transporterades i slutet på veckan till laboratoriet. Proverna packades i tillhörande vadderade kolvådor och placerades i framsätet på bilen för att minimera vibrationer som eventuellt kan påverka provernas beskaffenhet.

13.8.3. Analysprogram

För att undersöka den hydrauliska konduktiviteten/genomsläppligheten i sedimentet har CRS-försök utförts på laboratoriet. I tabell 2 kan provpunkter för provuttag samt nivå för provuttag ses, beskrivet i meter under bottenytan (m u by).

Tabell 2. CRS-försök har utförts på sedimentprover från nedanstående provpunkter.

Provpunkt	Nivå för provuttag (m u by) prov 1/prov 2/prov 3	Kolvprovtagning med maskin	Kolvprovtagning för hand
4	2,69-2,86/2,86-3,03/3,03-3,20	X	
7	-/1,56-1,73/1,73-1,90	X	
9	-/2,56-2,73/2,73-2,90	X	
10A	0,66-0,83/0,83-1,0/1,0-1,17		X
11K	1,49-1,66/1,66-1,83/1,83-2,0	X	
12A	-/1,21-1,38/1,38-1,55	X	
13A (Grodvät)	-/0,42-0,59/0,59-0,76		X

17A (historisk transekt)	-/3,31-3,48/3,48-3,65	X	
18A	1,24-1,41/1,41-1,58/1,58-1,75	X	
21A (historisk transekt)	2,19-2,36/2,36-2,53/2,53-2,70 3,64-3,81/3,81-3,98/3,98-4,15 4,19-4,36/4,36-4,53/4,53-4,70	X	
23	-/0,69-0,86 -/1,43-1,6/1,6-1,77 1,54-1,71/1,71-1,88/1,88-2,05		X
24 (historisk transekt)	1,62-1,79/1,79-1,96/1,96-2,13		X
24K (historisk transekt)	-/1,99-2,16/2,16-2,33	X	

14

3 Fältobservationer och fältanalyser

Sedimentlagren i den norra och den nordöstra delen av provtagningsområdet bestod av sand eller finsand överlagt av ett tunt löst lager av kalkslam/bleke. (26, 1A, 3A, 25, 5, 8A)

Provpunkter för respektive beskrivet område kan ses inom parentes.

Vid provpunkt (8A) påträffades ett 0,1m tjockt lager med fin lera under ett ca 0,4m lager av finsand. Detta var den enda provpunkt där lera påträffades. I övrigt bestod området i den nordöstra och den östra delen närmast strandlinjen av hårbotten, samt stora stenar och block, framför allt i den lilla viken i öster. (27, 6) Det var inte möjligt att ta sedimentprover i detta område då sedimenten till största delen bestod av sand. Vattendjupet varierade från ca 0,9-1,8m och sedimentdjupet från ca 0-1,1m.

I den djupare delen av undersökningsområdet (4, 7, 9) uppmättes vattendjupet till ca 2m och sedimentlagren hade en mäktighet av ca 2-3m. Här fanns ett lösare lager av kalkslam/bleke ca 0,2m på ett underliggande lager av si/bleke/ kalkgyttja. Med ökat sedimentdjup blev sedimenten fastare, från att ha en geléaktig karaktär i de övre lagren till att få en fastare gummiaktig, plastisk karaktär i de djupare lagren. Här syntes en tydlig varvighet. Under det övre lösare sedimentlagret fanns små vita snäckor samt växtdelar.

I området nordväst om Grodväts naturreservat finns en mäktig sedimentbank där vattendjupet varierade från ca 0,5-1,7m, sedimentdjupet hade en mäktighet på mellan ca 1-3 m. På sedimentbanken fanns områden med kransalger, vid undersökning av dessa kunde man se en tydlig kalkutfällning. Det lösare överliggande lagret av kalkslam varierade mellan ca 0,5-1,6 m med ett underliggande geléaktigt material som innehöll växtdelar av kransalger, framför allt trådlika rötter. Här påträffades också små vita snäckor och även spiralformade små vita snäckor, figur 4 och 5. Vid ca 2m sedimentdjup övergick materialet till att få en mer fast och gummiaktig karaktär (10A, 19, 20, 11K, 18A, 12A, 23, 24/24K). Provpunkt 24/24K ligger i den historiska transekten.



Figur 4. Spiralformad snäcka



Figur 5. Snäckor och växtdelar i sedimentprofilen.

Vid områdets mäktigaste sedimentbank togs två prover i den historiska transekten. Här fanns de djupaste sedimentlagren som påträffades i denna undersökning, ca 3,8-6,55m. Vattendjupet varierade mellan ca 0,52-1,7m. Även här fanns stora områden med kransalger med tydlig kalkutfällning. Även här bestod det övre ca 0,2m lager av lös kalkslam/bleke på ett mer geléaktigt lager av bleke/Si/kalkgyttja där sedimentens karaktär blev fastare med ökat sedimentdjup. I den djupare delen övergick sedimentet till att bli mer plastiskt och gummiaktigt och det fanns även här inslag av växtdelar samt små vita snäckor. (17A, 21A)

Den södra delen av viken i Grodväts naturreservat består av hårbotten, med mycket sten och med ett överliggande lager av kalkslam/bleke ca 0,2m (17, 15,). Mitt i viken finns ett område med ett något tjockare sedimentlager som under ett första löst ca 0,05m lager av kalkslam samt ett ca 0,1m något fastare lager av Si/bleke/kalkslam har ett undre ca 0,1m lager av grSi (14, 30). Norr om detta område finns återigen hårbotten med ett tunt lager av kalkslam/bleke (16).

I höjd med den lilla ön i Grodväts norra del består sedimentet av ett ca 0,3m löst bleke/kalkslamlager med ett underliggande hårt lager som gick att sticka igenom med sticksonden. Under detta lager finns mjukare ca 0,7m lager av sediment innan hårbotten nåddes. Det var inte möjligt att ta prover på det underliggande lagret, då det endast kunde penetreras med den smala sticksonden men inte med plaströret (13,22).

Längst in i den norra lilla viken i Grodvät finns sedimentlager på mellan ca 0,2-0,76m som var löst men ändå sammanhängande då det bildade ett eller flera lager som lyfts upp från botten p g a gasbildning. Sedimentet gav ett böljande grunt intryck men då ett rör stacks ned i sedimentet sjönk det ihop och gas bubblade upp. Det undre lagret består av ett ca 0,05m lager av grSi på hårbotten (A2, 13A). Fullständigt fältprotokoll kan ses i bilaga 3.

De tre punkterna som undersöktes i den historiska transekten jämfördes med G. Lundqvists studie. Provpunkt 21A=21(historisk transekt), provpunkt 17A låg närmast provpunkt 25 i den historiska transekten och provpunkt 24/24K=provpunkt 9. För provpunkternas placering, se figur 1 och figur 2. Tjockleken på sedimentlagren (de historiska värdena inom parantes) var i provpunkt 21A (21) = 6,55m (6m), i provpunkt 17A(25) = 3,8m (3)m och i provpunkt 24/24K (9) = 3m (2m). Detta visar att sedimentlagren har ökat i mäktighet (åtminstone i dessa tre provpunkter) sedan den historiska mätningen utfördes, bilaga 5.

15 Referenser

Lundqvist, G (1940). *Sjösediment från Gotland, SGU Årsbok(1940) N:o 4*

Lantmäteriet, Min karta .[online] Tillgänglig: < [Min Karta \(lantmateriet.se\)](http://MinKarta.lantmateriet.se)> [2023-06-30]

SGF (2013). *Rapport 2:2013 - Fälthandbok. Undersökningar av förorenade områden. Svenska Geotekniska Föreningen.*

SGU, Sveriges Geologiska Undersökning. Jordartskarta [online] Tillgänglig: <[SGUs Kartvisare](http://SGUsKartvisare)> [2023-06-30]

SGU, Sveriges Geologiska Undersökning. Grundvattenmagasin [online] Tillgänglig: < [SGUs Kartvisare](http://SGUsKartvisare)> [2023-06-30]

VISS, Vatteninformationssystem Sverige .[online] Tillgänglig: < [Tingstädeträsk - Sjö - VISS - VattenInformationssystem för Sverige \(lansstyrelsen.se\)](http://TingstadeTraesk-Sjo-VISS-VattenInformationssystemForSverige.lansstyrelsen.se)> [2023-06-30]

16 Bilagor

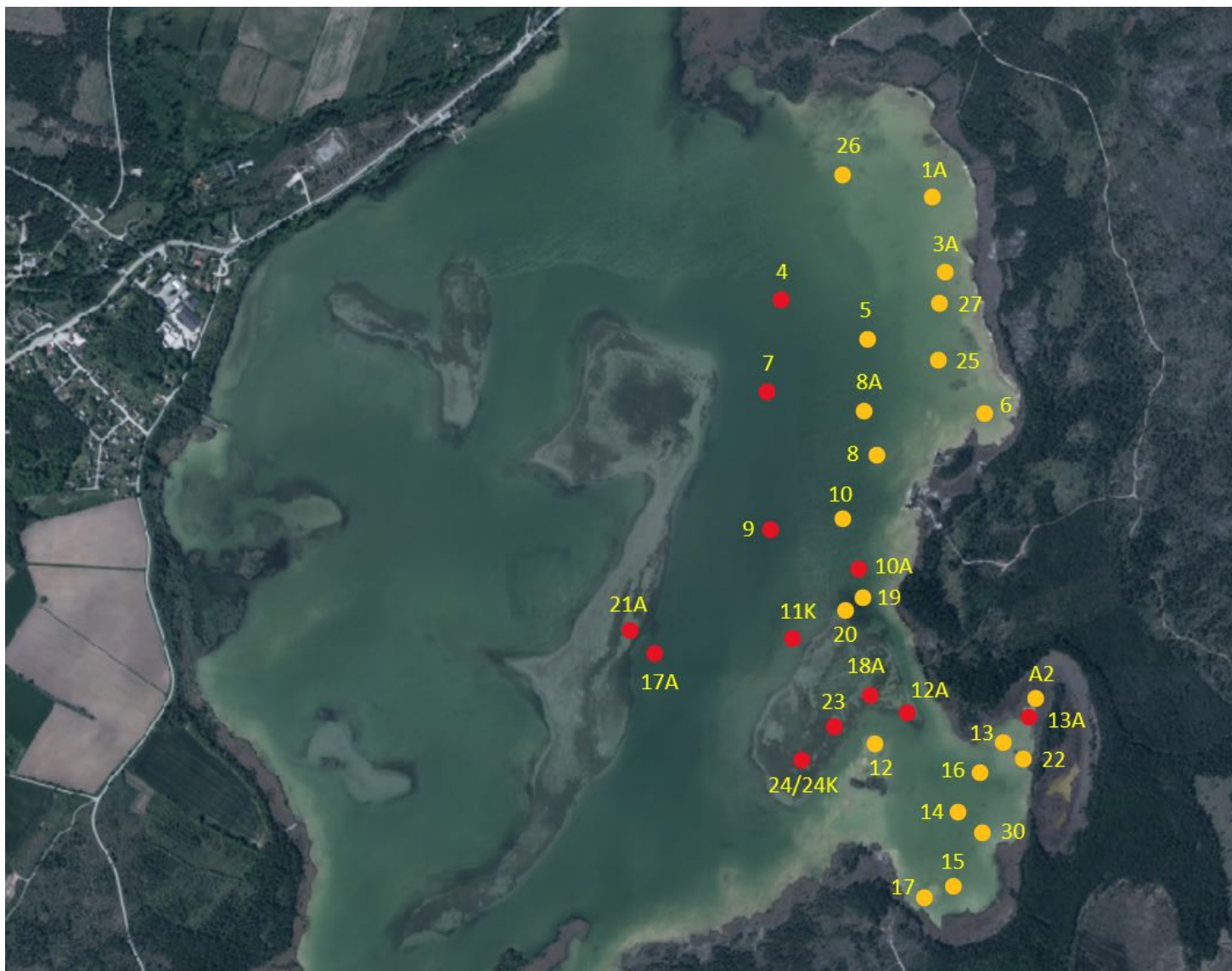
Bilaga 1 – Provpunkternas placering

Bilaga 2 – Koordinater

Bilaga 3 – Fältprotokoll

Bilaga 4 – Bilder

Bilaga 5 – Sedimentprofiler historisk transekt



Röda punkter = sedimentprover uttagna för laboratorieanalys. Gula punkter = sedimentprover uttagna för dokumentation.

Provpunkternas koordinater (SWEREF 99 TM)

1A	18.6470958255788, 57.7362528692744
A2	18.650050, 57.724259
3A	18.6475632264605, 57.734551395031
4	18.6401432010929, 57.7341016103845
5	18.6431332673958, 57.7328887274637
6	18.647212088902, 57.7315547525393
7	18.6390309748147, 57.7316110865782
8	18.6434860083431, 57.7299719008287
8A	18.6429232206794, 57.7310908500962
9	18.6386623794245, 57.7284205195535
10	18.6428882707777, 57.7278379248797
10A	18.6422764387227, 57.7272716061509
11K	18.6396026079218, 57.7263447213052
12	18.6442025430566, 57.7235360989985
12A	18.644606761436, 57.7240689161193
13	18.6488127339261, 57.7232111216547
13A	18.6499863801274, 57.724102273602
14	18.6464235849784, 57.7220635694453
15	18.6464410683053, 57.7198606508098
16	18.6473524182942, 57.722918618173
17	18.6446598185023, 57.7199116371905
17A	18.633608800249, 57.7259455937053
18A	18.6432059393667, 57.724650588642
19	18.642197, 57.726995
20	18.641960, 57.726864
21A	18.6325431420407, 57.7264690710672
22	18.649294, 57.722899
23	18.6417680589423, 57.7239865535056
24/24K	18.6400231732712, 57.7233924689097
25	18.6474282373555, 57.7329030763851
26	18.6431414837392, 57.7369269837562
27	18.647361, 57.733924



30 18.647451, 57.721456



Fältprotokoll Bilaga 3

Fältprotokoll	
Sedimentprovtagning, Tingstäde träsk	
Datum för provtagning:	2023-05-10—2023-06-15
Projektnummer:	JAG0096
Provtagare:	Annelie Bohman, Calluna AB

Provpunkt	Vattendjup/ Sedimentdjup (m)	Uttaget prov, djup (m)	Jordart och fältintryck (m)	Analyser
26	1,4/0,5	-	0-0,02m löst material, bleke/kalkslam 0,02-0,06m grövre Sa, inslag av snäckor 0,06-0,11m mörkare Sa, mer kompakt än det sandlagret ovanför 0,11-0,5m ljus finSa med tydlig gräns till sandlagret ovanför	
1A	1,1/0,22	-	0-0,02m Gr, överlagt med ett hårdare blekelager ca 3mm, gummiaktigt 0,02-0,22m finSa	
3A	0,9/0,12	-	0-0,02m bleke/kalkslam 0,02-0,05m gr (kalksten) 0,05-0,12 siCl (mer Sa i övre 1 cm)	
Provpunkt	Vattendjup/ sedimentdjup (m)	Uttaget prov, djup (m)	Jordart och fältintryck	Analyser
27	1/-	-	Hårdbotten, berg, stenblock	

25	1,3/0,1	-	0-0,03m gr Sa 0,03-0,05m finSa 0,05-0,07m siSa (lagret satt som en propp i plaströret) 0,07-0,1m Sa	-
6	0,8/-	-	Hårdbotten, berg, stora stenar	
4	1,8/3,3	2,69- 2,86/2,86- 3,03/3,03- 3,20	0-0,05m kalkslam/bleke grågrönt löst 0,05-0,1m kalkslam/bleke Gråare material, löst, vita små snäckor 0,1-0,25m (sa)Si/bleke, ljusbrunt, snäckor 0,25-0,56m Si/bleke ljusgrått material, vx delar, 0,56-0,82m siCl/bleke ljusare brunbeige material, vit spiralformad snäcka 3,2-3,3m siCl/bleke, brunbeige gummiaktigt plastiskt material	CRS
7	1,84/2,27	-/1,56- 1,73/1,73- 1,90	0-0,12m kalkslam/bleke, gröngrått beige mkt löst. 0,12-0,17m bleke, brungrått löst, små vita snäckor, kransalger. 0,17-0,62m Si/bleke, beige material 0,62-0,77m Si/bleke, tydlig gräns till brunare material m snäckor, växtdelar. 1,90-1,95m Si/bleke, mörkare material, varvigt 1,95-1,96m siSa/, gummiaktigt	CRS (prov finns sparade i kylen från de 2 undre nivåerna)
Provpunkt	Vattendjup/ sedimentdjup (m)	Uttaget prov, djup (m)	Jordart och fältintryck	Analyser
9	1,95/2,85	-/2,56- 2,73/2,73- 2,90	0-0,05m kalkslam/bleke, grågrönt mkt löst. 0,05-0,1m kalkslam/bleke gråbrunt löst, vita små snäckor	CRS

			0,1-0,62m Si/bleke ljusare beige, vid ca 0,45 inslag av vx delar. 0,62-0,68m (sa)Si brunare beige, tydlig gräns. 2,90-3,0m Si ljust material, varvigt, snäckor	
5	1,6/1,8	-	0-0,05m kalkslam/bleke gröngrått mycket löst material 0,05-0,08m kalkslam/bleke grått löst material 0,08-0,2m Si/bleke grått material med inslag av snäckor och trådiga vx delar, ser ut som rötter från kransalger, vassdelar? 0,2-0,5m finSa, små vita snäckor. Känns som en hård tunn skorpa som går att sticka hål på vid gränsen till sanden, men det syns inga spår av detta skikt när vi tar upp prov med plaströret. Det hårdare lagret verkar ha lösts upp vid hantering av provet.	
8A	1,8/1,1	-	0-0,07m kalkslam/bleke gröngrått mycket löst material 0,07-0,52m kalkslam/bleke löst material med inslag av Sa 0,52-0,93m finSa, 0,93-1,1m Cl. Fick upp ett fint lerlager med plaströret. Fick ej upp några prover m kolvprovtagaren, mest sand.	
8	1,8/0,3	-	Inga prover tagna. För litet sedimentdjup för att ta kolvprover, för stort vattendjup för att få upp prover med plaströret.	
10	1,7/1,1	-	Inga prover tagna.	
Provpunkt	Vattendjup/ sedimentdjup (m)	Uttaget prov, djup (m)	Jordart och fältintryck	Analyser

21A (transekt)	0,52/6,55	<p>Nivå 1: 2,19- 2,36/2,36- 2,53/2,53- 2,7</p> <p>Nivå 2: 3,64- 3,81/3,81- 3,98/3,98- 4,15</p> <p>Nivå 3: 4,19- 4,36/4,36- 4,53/4,53- 4,70</p>	<p>0-0,1m bleke/kalkslam, gröngrått löst material</p> <p>0,1-0,3m Si/bleke, geleéaktigt grått material</p> <p>0,3-0,8m Si/bleke, varvigt grått material med ljusare stråk, geleéaktigt men fastare än i den övre nivån (materialet blir fastare med ökande djup)</p> <p>0,8-1,1m Si/bleke ngt varvigt ljusare material.</p> <p>OBS! När man sticker ned plaströret 2,21m ned i sedimentet ger det 1,15m material i plaströret.</p>	CRS
17A (transekt)	1,7/3,8	-/3,31- 3,48/3,48- 3,65	<p>0-0,07m kalkslam/bleke, gröngrått mycket löst</p> <p>0,07-0,15m kalkslam/bleke, mörkare grått löst, snäckor</p> <p>0,15-0,75m Si/bleke, ljust material</p> <p>0,75-0,80m Si/bleke, brunbeige material, tydlig gräns vid 0,75m</p> <p>3,14-3,31m Si/bleke ljusbeige, vx delar</p> <p>3,65-3,75m Si/bleke, fastare material, gummiaktigt, varvigt, snäckor</p>	CRS
Provpunkt	Vattendjup/ sedimentdjup (m)	Uttaget prov, djup (m)	Jordart och fältintryck	Analyser

10A	1,73/1,17	0,66-0,83/0,83-1,0/1,0-1,17	<p>0-0,15m kalkslam/bleke mkt löst slemmigt material, grön/beige</p> <p>0,15-0,33m Si/bleke, gråbeige geléaktigt material, snäckor</p> <p>0,33-0,45m Si/bleke, ljusare beige geléaktigt material, snäckor</p> <p>0,45-0,47m Si/bleke, ännu ljusare beige geléaktigt material, i gränsen vx delar, trådlika rötter av kransalger</p> <p>0,47-0,54 (sa)Si, ngt annorlunda material, inslag av sand</p> <p>0,54-0,83m Si/bleke grå-beige geléaktigt material, små vita spiralformade snäckor</p> <p>0,83-1,17m Si/bleke, ljusare beige material, snäckor – sista ca 3 cm ngt sandigt (sa)Si</p>	CRS
19	1,55/2,35	Ej provtaget, för löst material	<p>0-0,27m kalkslam/bleke, löst material, ljusgrått, inslag av vx delar (kransalger växte på platsen, kalkutfällning på dessa, krispiga), i nedre delen (0,22-0,27m) mer inslag av vx delar.</p> <p>0,27-1,45m Si/bleke, ngt geléaktigt, ljusgrått</p> <p>1,45-2,35m Si/bleke, ljusgrått ngt fastare material</p>	
20	1,25/3,15	-	<p>0-0,05m kalkslam/bleke, mkt löst material</p> <p>0,05-0,25m Si/bleke, geléaktigt material, inblandning av kransalger, vita snäckor- här gick provtagaren sönder varför vi ej fick upp några prover.</p>	
Provpunkt	Vattendjup/ sedimentdjup (m)	Uttaget prov, djup (m)	Jordart och fältintryck	Analyser
11K	1,1/3,0	1,49-1,66/1,66-1,83/1,83-2,0	0-1,67m kalkslam/bleke, mkt löst material, löser sig lätt i vattenpelaren	CRS (2 prov finns sparade i kylan: A 0,7-0,75m, B 0,5-0,55m)

			1,67-2,09m Si/bleke, finare ljusgrått material geléaktigt, varvigt, täta varv 2,09-3,1m Si/bleke, mer ljusbrunt geléaktigt, tydlig gräns i övergången, vx delar, varvigt, täta varv men med en del bredare varv m ngt mörkare färg (mer brunt), vx, små vita spiralformade snäckor, inslag av hår?/trådliknande material (rötter?) vid ca 3m djup	
18A	0,55/2,25	1,24-1,41/1,41-1,58/1,58-1,75	0-0,53m kalkslam/bleke, ljusgrått löst material 0,53-1,25m (sa)Si/bleke, ljusgrått ngt fastare material, små snäckor 1,25-1,45 Si/bleke, mörkare grått geléaktigt material, små snäckor 1,45-1,75m Si/bleke (tydlig gräns vid 1,45m där materialet blir fastare) geléaktigt, ljusgrå/brunt, små snäckor, växtdelar.	CRS
12A	0,75/1,55	1,21-1,38/1,38-1,55	0-0,3m kalkslam/bleke, mycket löst, gröngrått 0,3-1,3m kalkslam/bleke, grått löst material, snäckor 1,3-1,4m kalkslam/bleke, ngt ljusare grått, snäckor 1,4-1,55m Si/bleke, fastare ljusbrunt geléaktigt material, vx delar, snäckor	CRS
Provpunkt	Vattendjup/ sedimentdjup (m)	Uttaget prov, djup (m)	Jordart och fältintryck	Analyser
23	0,6/2,15	Nivå 1: -/- /0,69-0,86 Nivå 2: 1,43- 1,6/1,6-1,77 Nivå 3: 1,54- 1,71/1,71- 1,88/1,88- 2,05	0-0,1m kalkslam/bleke, löst material, små snäckor 0,1-1,1m Si/bleke, geléaktigt material, ljusgrått 1,1-1,3m Si/bleke lösare grått geléaktigt material, snäckor 1,3-1,5m Si/bleke mellangrått skikt.	CRS 3 nivåer

			<p>1,5-1,54m Si/bleke fastare geléaktigt ljusgrått m vita streck (kalk?)</p> <p>1,54-1,74m Si/ bleke, ljusare geléaktigt material, fastare med ökat sedimentdjup. Växtinslag i den djupare delen, kransalger.</p> <p>1,74-2,15m Si/bleke, ljusbrunt/grått, tätt gummiaktigt material, kransalger, snäckor. Ljusbrunt stråk på mitten.</p>	
24 (transekt)	0,58/3,0	1,62-1,79/1,79-1,96/1,96-2,13	<p>0-1,44m kalkslam/bleke, löst mörkgrått, snäckskal, kransalger</p> <p>1,44-1,74m Si/bleke, lösare gelémateriel ngt mörkare, snäckor.</p> <p>1,74-2,15m Si/bleke, fastare material, växtdelar, gröna inslag fläckvis.</p>	CRS
24K (transekt)	0,58/3,0	-/1,99-2,16/2,16-2,33	-	CRS
12	1,1/0,05	-	0-0,05m kalkslam/bleke, löst grågrönt lager på hårdbotten. Berggrund	
A2 (Grodvät)	0,16/0,2 (0,69)	-	<p>0-0,05m kalkslam/bleke, mycket löst grönbeige</p> <p>0,05-0,15m kalkslam/bleke, ngt fastare beige material, men fortfarande löst</p> <p>0,15-0,2m grSi</p> <p>(Sedimentdjupet är 0,69m vid mätning från båt, men skiktet är delat i två eller flera lager med mellanrum av vatten/gas. Totalt ca 0,2m sediment sammanlagt).</p>	
Provpunkt	Vattendjup/ sedimentdjup (m)	Uttaget prov, djup (m)	Jordart och fältintryck	Analyser
13A (Grodvät)	0,34/0,76	-/0,42-0,59/0,59-0,76	0-0,76m kalkslam/bleke, grönbeige sammanhängande material som låg över botten som ett skikt och såg ut som bankar av sediment, när vi stack ned ett plaströr för att ta prov frigjordes gas och bankarna sjönk ihop.	CRS WSP utfört gas och vattenprover vid denna punkt.

13	0,6/1,0	-	0-0,3m kalkslam/bleke, ett hårdare lager som går att sticka igenom påträffades vid 0,3m, under detta lager går det att sticka ytterligare ca0,70m, sedan stopp (totalt sedimentdjup =1 m u by). Gick ej att ta prov på det underliggande lagret.	
22	0,61/1,28	-	0-0,3 kalkslam/bleke, Ljusgrått löst material. Hårt skikt på ca 0,3m som går att sticka igenom. 0,3-1,28m Gick ej att ta prov på det underliggande lagret.	
16	1,1/0,03	-	0-0,03m kalkslam/bleke, löst mjukt material på underliggande hårbotten.	
14	1/0,3	-	0-0,15m kalkslam/bleke, löst grågrönt 0,15-0,20m kalkslam/bleke, ljusgrått ngt fastare 0,2-0,3m (sa)Si, ljusbrunt/grått ngt fastare material	
Provpunkt	Vattendjup/ sedimentdjup (m)	Uttaget prov, djup (m)	Jordart och fältintryck	Analyser
30	0,3/0,2	-	0-0,05m kalkslam/bleke, löst grönbeige, 0,05-0,15m Si/bleke, ngt fastare men löst beige material, 0,15-0,2m grSi.	
15	0,95/0,07	-	0-0,07m kalkslam/bleke, mkt löst material på hårbotten, mkt sten.	
17	1,1/0,2	-	0-0,2m kalkslam/bleke, Grågrönt mycket löst material på hårbotten.	

Bilder

Bilaga 4



Provpunkt 12



Provpunkt 20



Provpunkt 14



Provpunkt 14



Provpunkt 20



Provpunkt 17



Provpunkt 18A vid första tillfället, kom ej ända ned, vattendjup 2,2m stopp vid ca 1,6m sediment. Kunde få upp sediment ca 0,7m m plaströr. 0-0,53m löst, fastare 0,53-0,7m små vita snäckor.



Provpunkt 18A 2:a tillfället



Provpunkt 18A 2: tillfället



Provpunkt 13A Grodvät



Provpunkt Grodvät 13A Sedimentet som låg skiktat ovanför botten, gasbildning under.



Provpunkt 23



Provpunkt 23



Provpunkt 23



Provpunkt 25



Provpunkt 25 med lerpropp



Provpunkt 3A



Provpunkt 3A



Provpunkt 1A



Provpunkt 1A



Provpunkt 26



Provpunkt 26



Provpunkt 10A



Provpunkt 10A



Provpunkt 10A



Provpunkt 12A



Provpunkt 8A



Provpunkt 8A



Provpunkt 7



Provpunkt 7



Provpunkt 7:1



Provpunkt 7:2



Provpunkt 7:3



Provpunkt 7, trådformade växtdelar,



Provpunkt 7 (1,90-1,95m)
rötter från kransalger?, snäcka



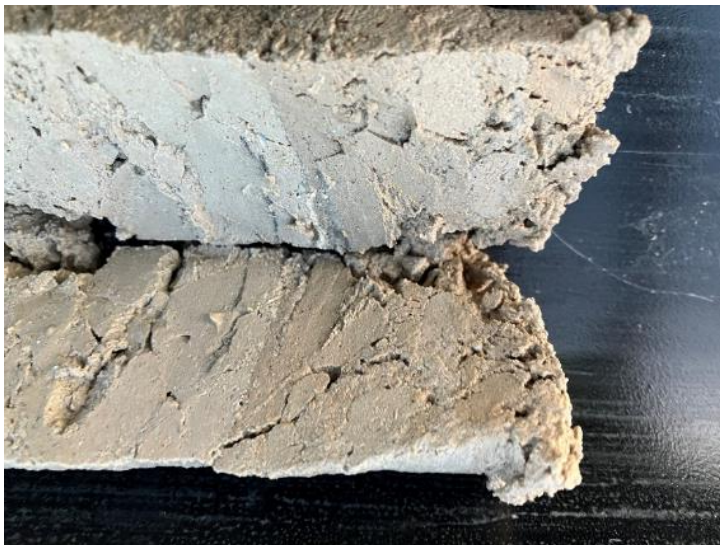
Provpunkt 7 (1,95-2,0m)



Provpunkt 9



Provpunkt 9



Provpunkt 9



Provpunkt 9 (2,9-3,0m)



Provpunkt 9 (2,9-2,95m)



Provpunkt 9 (2,95-3m)



Provpunkt 4



Provpunkt 4:1



Provpunkt 4:2



Provpunkt 4:3



Provpunkt 17A



Provpunkt 17A:1



Provpunkt 17A:2



Provpunkt 17A:3



Provpunkt 5



21A provtagningsområde (provet togs där det saknades växtlighet)



Provpunkt 21A:1



Provpunkt 21A:2

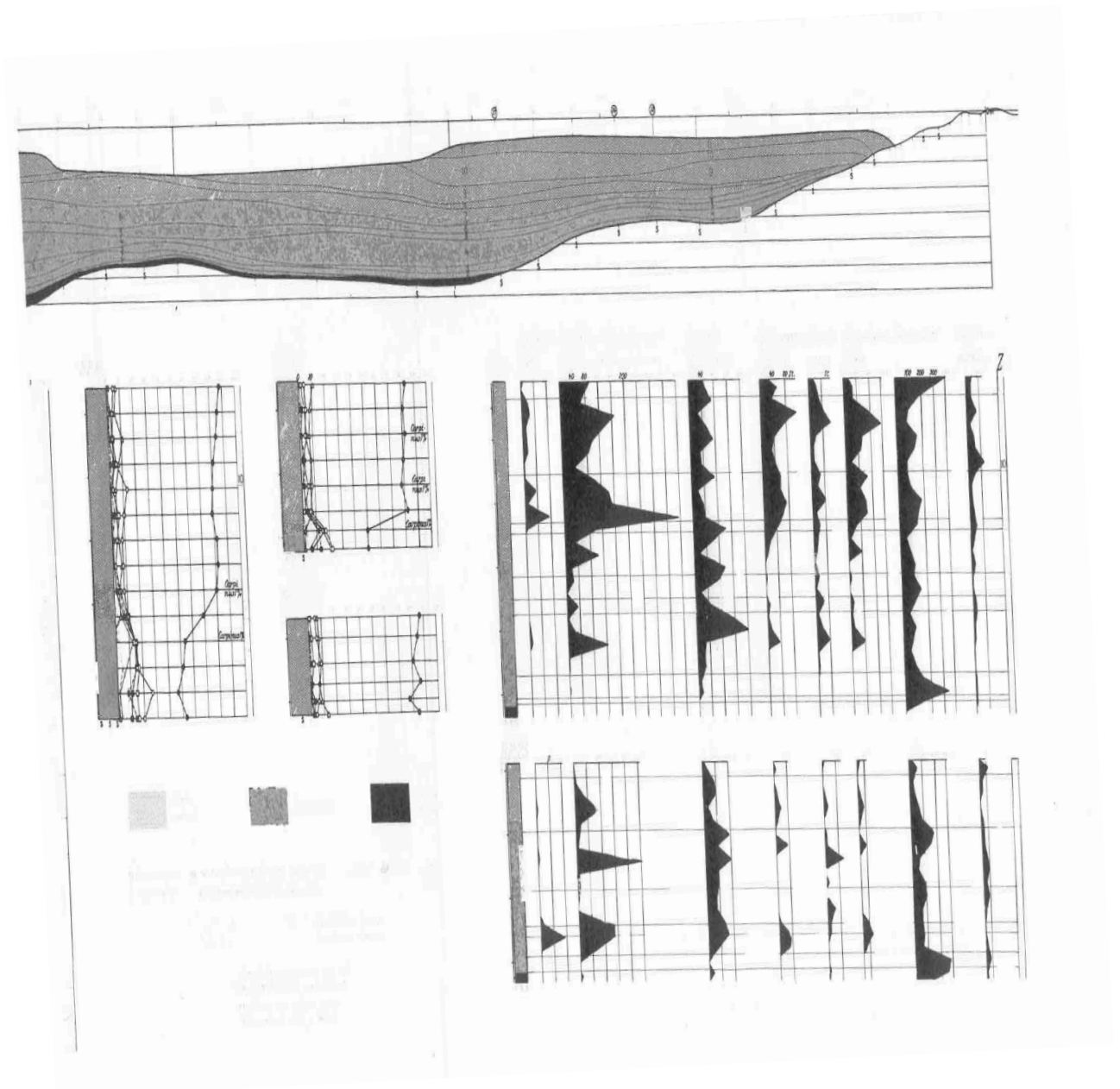


21A:3
4,8m)

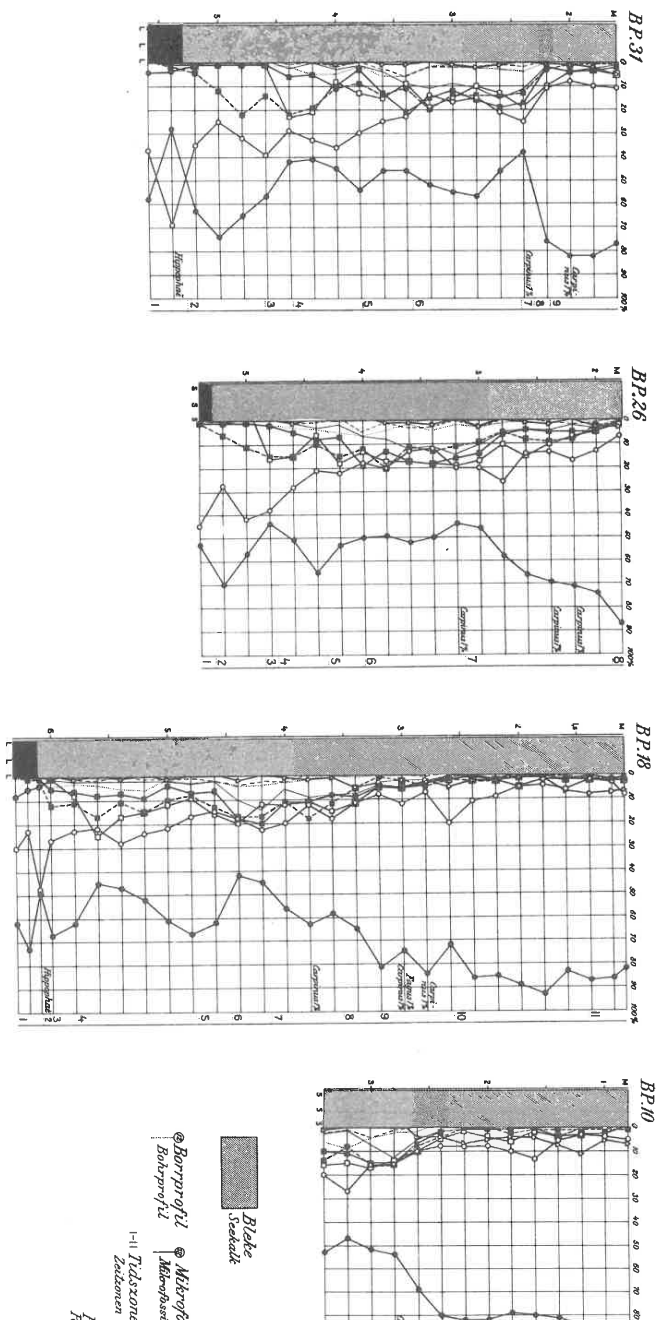
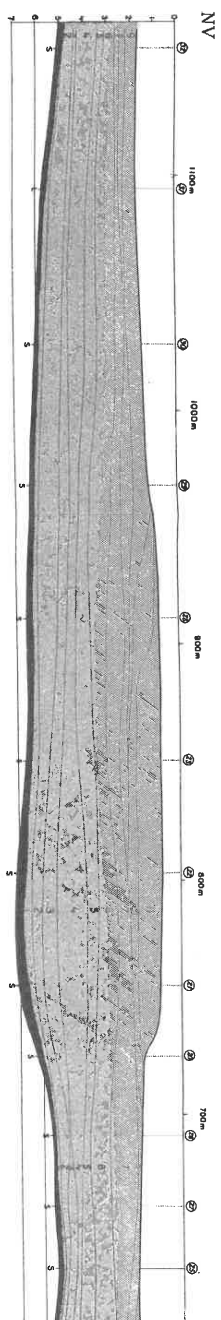


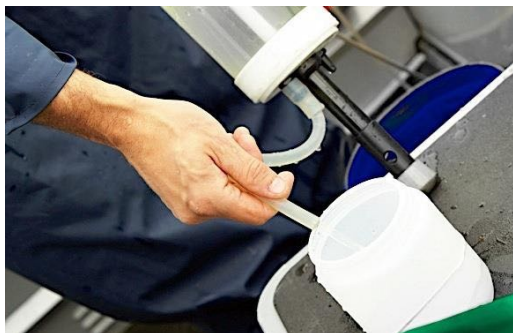
Provpunkt 21A (4,7-4,8m)

Bilaga 5. Lundqvists transekt



Sv. Geol. Unders. Ser. C nr 330





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

