

# Bilaga A Teknisk beskrivning

Tillståndsansökan för vattenuttag och  
reglering av Försjön



<b>Sweco Sverige AB</b>	RegNo 556767-9849
<b>Uppdrag</b>	Eksjö reservvatten
<b>Uppdragsnummer</b>	30064955
<b>Kund</b>	Eksjö Energi AB (Sinfra)
<b>Upprättad av</b>	Niklas Ekstrand
<b>Datum</b>	2025-05-12
<b>Ver</b>	1.0
<b>Dokumentreferens</b>	Bilaga A - TB 2025-05-12

# Innehållsförteckning

1	Inledning .....	4
1.1	Syfte .....	4
1.2	Bakgrund .....	4
1.3	Höjd och referenssystem .....	4
1.4	Avgränsningar .....	4
2	Tillstånd .....	5
3	Hydrologiska förhållanden .....	5
3.1	Flöden .....	7
3.2	Sjönivåer .....	8
3.3	Avbördning .....	8
4	Framtida råvattenuttag och reglering .....	9
4.1	Råvattenuttag .....	9
4.2	Reglering .....	9
5	Infiltration och förutsättningar för att bereda dricksvatten .....	12
6	Anläggningar .....	12
6.1	Överfallsdamm .....	12
6.2	Intagsanordning och intagsledning .....	14
6.3	Råvattenpumpstation .....	15
6.4	Reservvattenledning .....	15
7	Anläggningsarbeten .....	16
8	Följdverksamheter .....	18
8.1	Överföringsledning .....	18
8.2	Väg för bygg- och driftskede .....	18
9	Tidplan .....	19
10	Kostnader .....	19
11	Referenser .....	19

**Bilaga A1.** Regleringsstudie

**Bilaga A2.** Förstudierapport

# 1 Inledning

Sweco har på uppdrag av Eksjö Energi AB (Eksjö Energi) upprättat föreliggande tekniska beskrivning. Den tekniska beskrivningen utgör bilaga till tillståndsansökan för vattenbortledning genom vattenuttag ur Försjön m.m. samt för reglering av Försjön.

## 1.1 Syfte

Syftet med den tekniska beskrivningen är att beskriva ansökta åtgärder och utförda utredningar.

## 1.2 Bakgrund

Eksjö Energi ansvarar för den allmänna dricksvattenförsörjningen i Eksjö kommun. Dricksvatten för Eksjö stad produceras idag vid vattenverket i Ränneslätt. För dricksvattenproduktion pumpas grundvatten från grundvattenmagasinet i Ränneslätt. Grundvattenbildningen till åsen förstärks genom konstgjord infiltration av ytvatten från sjön Norra Vixen.

Under flera nederbördsfattiga år i slutet på 2010-talet blev vattenförsörjningen till Eksjö stad med omgivning, problematisk då det inte var möjligt att säkerställa dricksvattenförsörjningen och samtidigt upprätthålla krav på minmitappning ur sjön till förmån för miljövärden nedströms.

Eksjö Energi har därför låtit genomföra utredningar och formulerat strategier för att hitta nya vattentäkter. Valet föll till slut på en lösning med användning av råvatten från Försjön. Försjön har utvärderats som en kostnadseffektiv lösning med goda möjligheter att komplettera nuvarande dricksvattenförsörjning samt att under begränsad tid utgöra reservvattentäkt (Vatten och Samhällsteknik, 2017 och 2018).

Försjön som komplement- och reservvattentäkt bedöms som kritisk för en redundant framtida dricksvattenförsörjning till Eksjö.

## 1.3 Höjd och referenssystem

Höjder anges i höjdsystem RH2000. Lägen i plan anges i referenssystem Sweref 99 15 00 TM, om inte annat anges.

## 1.4 Avgränsningar

Den tekniska beskrivningen omfattar beskrivning av råvattenuttag, reglering, anläggande av överfallsdamm samt nedläggning av intagsledning och reservvattenledning samt byggnation av råvattenpumpstation.

Verksamheter på land, exempelvis ledningsdragningen mellan den planerade råvattenpumpstationen vid Försjön och Rännesläts vattenverk i Eksjö, betraktas som följdverksamheter och ingår inte i ansökan, men beskrivs översiktligt.

## 2 Tillstånd

Enligt gällande tillstånd finns rätt att ta ut grundvatten vid Ränneslätt (grundvattentillgången beräknad till i medeltal 13 l/s) för användning till kommunal dricksvattenförsörjning. Tillståndet medger också rätt att bortleda 40 l/s i årsmedeltal från sjön Norra Vixen för konstgjord infiltration till grundvattenmagasinet i Ränneslätt. Enligt tillståndet gäller ett krav på 25 l/s i minimitappning förbi regleringsdammen och vidare till den nedströms belägna Allmänningån.

Under torra perioder under slutet av 2010-talet har Länsstyrelsen i Jönköpings län förelagt Eksjö Energi att göra avsteg från tillståndet och att minska minimitappningen till 5 l/s för att säkerställa dricksvattenförsörjningen.

För Hults vattentäkt finns ett tillstånd för bortledning av grundvatten. Tillståndet ger en rätt att ta ut 200 m<sup>3</sup>/dygn i medeltal och maximalt 300 m<sup>3</sup>/dygn under ett och samma dygn.

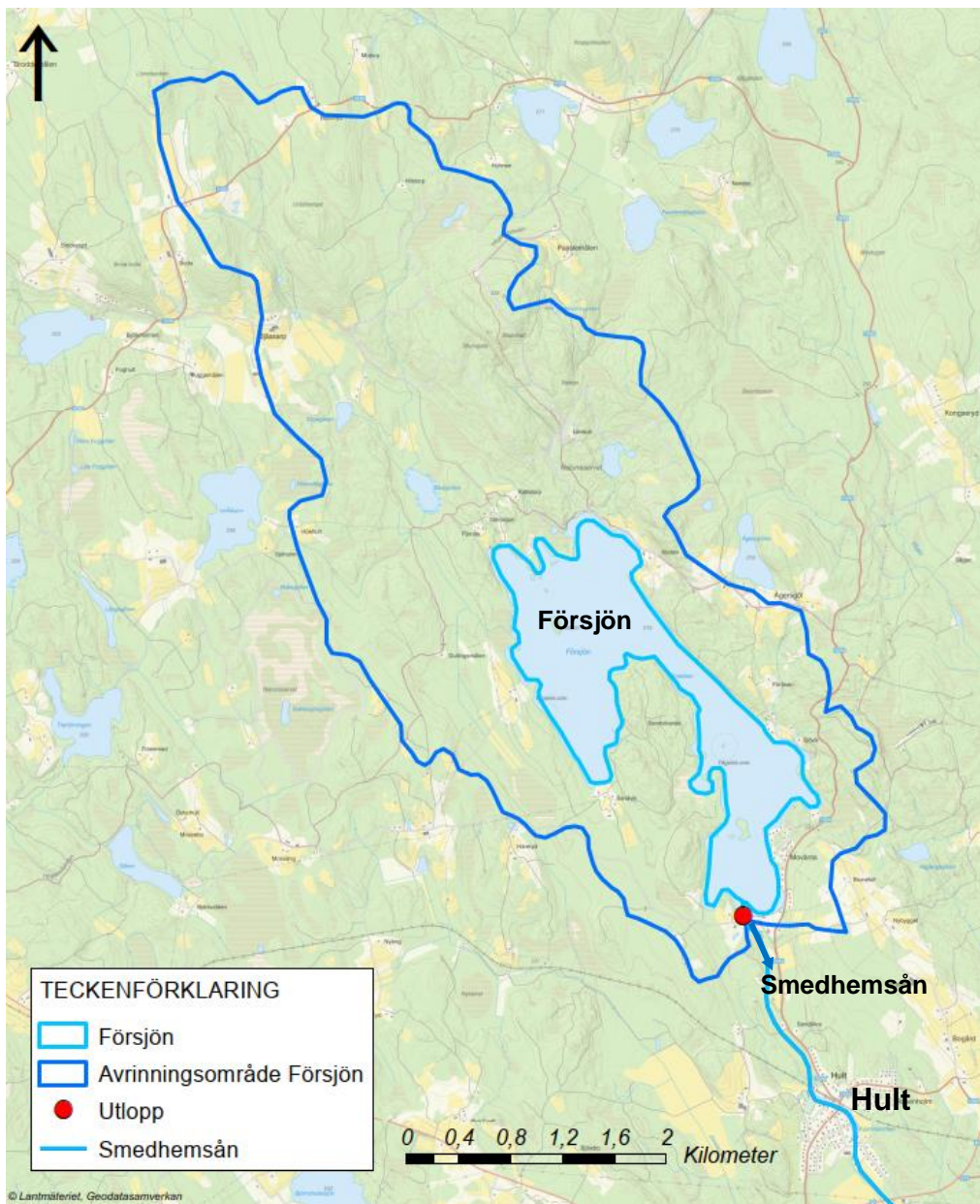
Försjön och dess utlopp omfattades tidigare av ett tillstånd från 1921-01-08 (Söderbygdens vattendomstol, 1921). Tillståndet avsåg reglering av Försjön till förmån för nedströms liggande vattenhjul. Tillståndet omfattade en dammanläggning i utloppet, men denna är idag utrivet och det förekommer ingen vattenverksamhet.

## 3 Hydrologiska förhållanden

Försjön är en näringsfattig klarvattensjö belägen i Eksjö kommun, knappt 1 mil öster om Eksjö tätort. Sjöns utlopp ligger i södra delen, ca 1,5 km norr om samhället Hult. Utloppet definierar avrinningsområdet, se Figur 1 och Tabell 1.

Sjön och dess tillrinningsområde ligger högst upp i denna gren av Emåns huvudavrinningsområde. Sjön avvattnas till Smedhemsån som rinner ned till Hult. I Hult finns en kvarndamm med ett dämme där vattnet regleras. Ungefär 1 km nedströms kvarndammen i Hult rinner Smedhemsån ut i Skedesjön som är förbunden hydrauliskt med Mycklaflon. Dessa båda sjöar har en stor area (ca 15 km<sup>2</sup>) och utgör ett betydande vattenmagasin i vattensystemet. Vattendraget byter därefter namn några gånger och passerar ytterligare ett antal sjöar och sjösystem innan det rinner samman med Emån vid Järnforsen.

Renat avloppsvatten från avloppsreningsverket i Eksjö avleds idag till Eksjöån som senare via sjön Solgen och Solgenån rinner samman med Emåns huvudfåra vid Holsbybrunn. Holsbybrunn ligger uppströms Järnforsen. Detta innebär att planerat vattenuttag och bortledning av vatten från Försjön till Eksjö inte kommer att påverka vattenbalansen nedströms Järnforsen.



**Figur 1.** Översiktskarta med avrinningsområdet för Försjöns utlopp, enligt SMHI (SMHI, 2024).  
 Figuren har kompletterats med blå pil för flödesriktning.

**Tabell 1. Försjöns avrinningsområde (SMHI, 2024).**

Parameter	Försjön	Enhet
Area avrinningsområde	17,7 (vattenwebb)	km <sup>2</sup>
Area sjöyta	2,4 (vattenwebb)	km <sup>2</sup>
Försjöns andel av avrinningsområdet	13,7	%
Avrinning	246	mm/år
Sjö/vattendrag	13,7	%
Skogsmark, inkl. hygge	63,9	%
Myrmark	8,9	%
Jordbruksmark	7,9	%
Övrig öppen mark	5,5	%

### 3.1 Flöden

Uppgifter om historiska flöden från sjön saknas. Mätningar har utförts under år 2024.

I Tabell 2 redovisas karaktäristiska flöden enligt SMHI:s S-Hype beräkningar (SMHI, 2024). SMHI:s beräkningar har beräknats med generella samband. Flödena avser sjöns utlopp och vid naturliga oreglerade förhållanden. Flödena i Tabell 2 ger därför endast en indikation på storleksordningen av flödena.

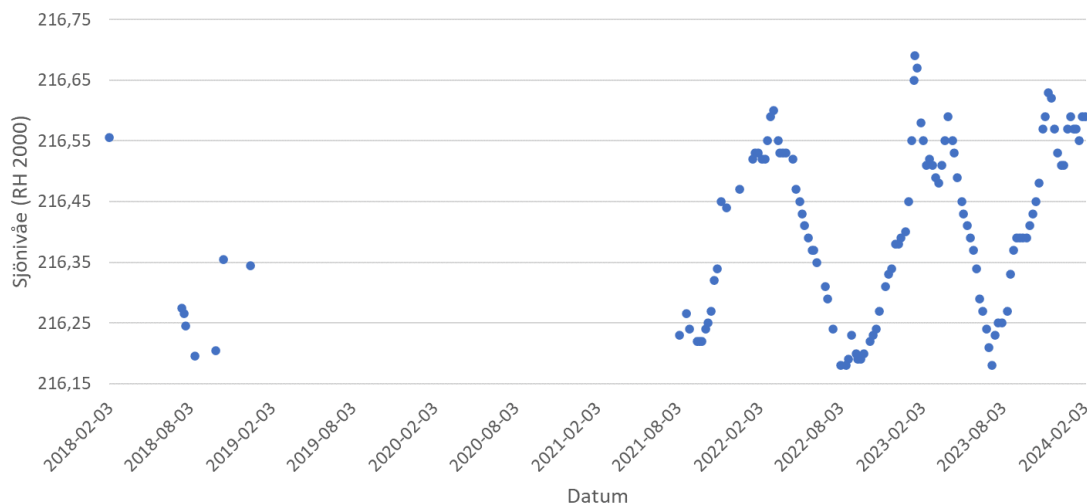
Karaktäristiska vattenföringar redovisas i Tabell 2. Observerad lägsta vattenföring är återkommande nolltappning. Nolltappning uppstår då sjönivån sjunker under tröskelnivån +216,20 m.

**Tabell 2. Karaktäristiska vattenföringar beräknade med HBV-modellen (SMHI, 2022) samt S-HYPE (SMHI, 2024). HQ5 och HQ50 avser statistiskt beräknade värden på högvattenföringar med återkomsttiden 5 år respektive 50 år.**

		SMHI S-HYPE 1991-2020 (l/s)	SMHI HBV-modell 1962-2021 (l/s)
Högsta högvattenföring	HHQ	-	1350
Högvattenföring med återkomsttid 50 år	HQ50	430	-
Högvattenföring med återkomsttid 5 år	HQ5	330	-
Medelhögvattenföring	MHQ	290	430
Medelvattenföring	MQ	140	130
Medellågvattenföring	MLQ	50	20
Lägsta lågvattenföring	LLQ	-	0

## 3.2 Sjönivåer

Enligt mätningar åren 2018, 2021 samt 2022–2023 varierar sjönivån mellan knappt +216,2 m till +216,6 m (RH 2000), dvs en årsamplitud på omkring ca 0,4-0,5 m, Figur 2. Sedan hösten år 2021 har mätningar utförts utan uppehåll. Sjönivåvariationen är likartad för åren med mätningar och det finns en tydlig trend med ökande sjönivåer från sensommar till senvinter samt sjunkande nivåer från senvinter till sensommar.



**Figur 2.** Uppmätta sjönivåer, år 2018, 2021 och 2022–2023 (Eksjö Energi, 2024).

I Tabell 3 redovisas karaktäristiska sjönivåer baserat på uppmätta värden. Högsta högvattenstånd HHW och lägsta lågvattenstånd LLW kan vara över respektive underskattade då mätserien inte omfattar mer än ca 2,5 års mätningar.

**Tabell 3.** Karaktäristiska sjönivåer baserat på mätningar år 2018, 2021 samt 2022–2023 (Eksjö Energi, 2024).

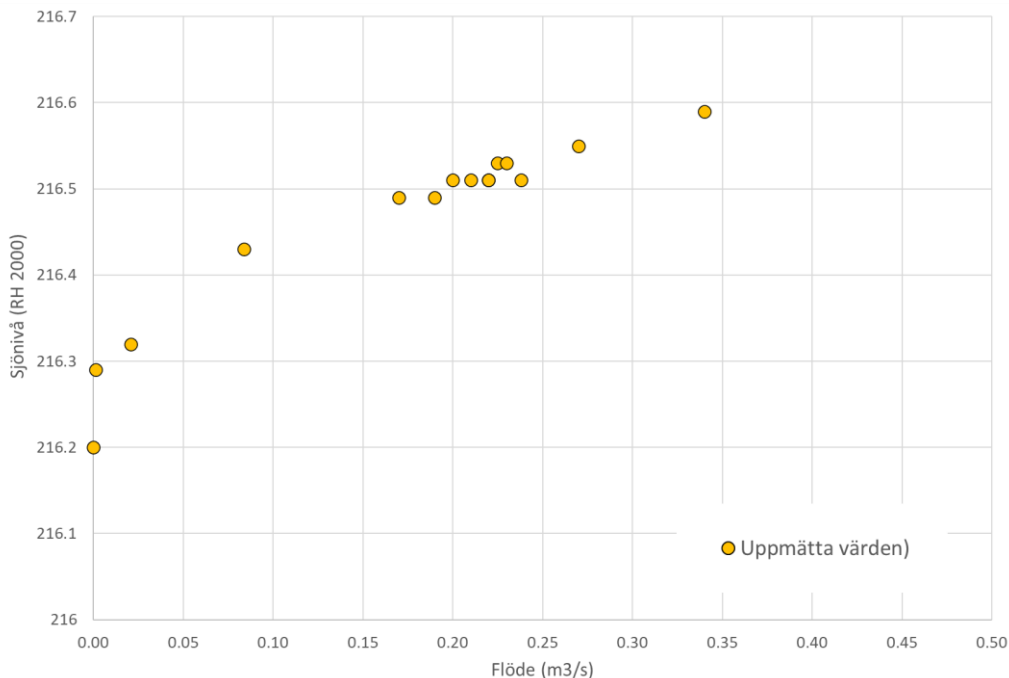
		Försjön (RH 2000)
Högsta högvattenstånd	HHW	+216,69
Medelhögvattenstånd	MHW	+216,58
Medelvattenstånd	MW	+216,40
Medellågvattenstånd	MLW	+216,19
Lägsta lågvattenstånd	LLW	+216,18

## 3.3 Avbördning

Sjöns utlopp är tydligt definierat och har idag en något kanallikande form. Formen är sannolikt en rest från den tidigare kvarnverksamheten. I utloppet förekommer tydliga trösklar bestående av bedömt höga berglägen. Styrande vid låga sjönivåer är tröskelnivån +216,20 m. Vid högre nivå är hydrauliken i

utloppet styrande för vattenföringen. Nedströms utloppet faller nivån ca 0,4 m på 60 m.

Mätningar av utflöde genomfördes under år 2024 och redovisas i Figur 3.



Figur 3. Uppmätta sjönivåer och flöden i sjöns utlopp år 2024.

## 4 Framtida råvattenuttag och reglering

### 4.1 Råvattenuttag

Försjön planeras att användas som komplement- och vid behov som reservvattentäkt. Ansökan avser uttag av högst 470 000 m<sup>3</sup> vatten per år. Vid normaldrift bedöms det kompletterande råvattenuttaget att uppgå till omkring 12,5 l/s. Vid ett eventuellt reservvattenbehov avser ansökan ett uttag om maximalt 25 l/s i upp till 90 dagar per rullande 12-månadersperiod, om inte tillsynsmyndigheten medger annat. Denna begränsning har föreslagit utifrån de regleringsstudier som genomförts.

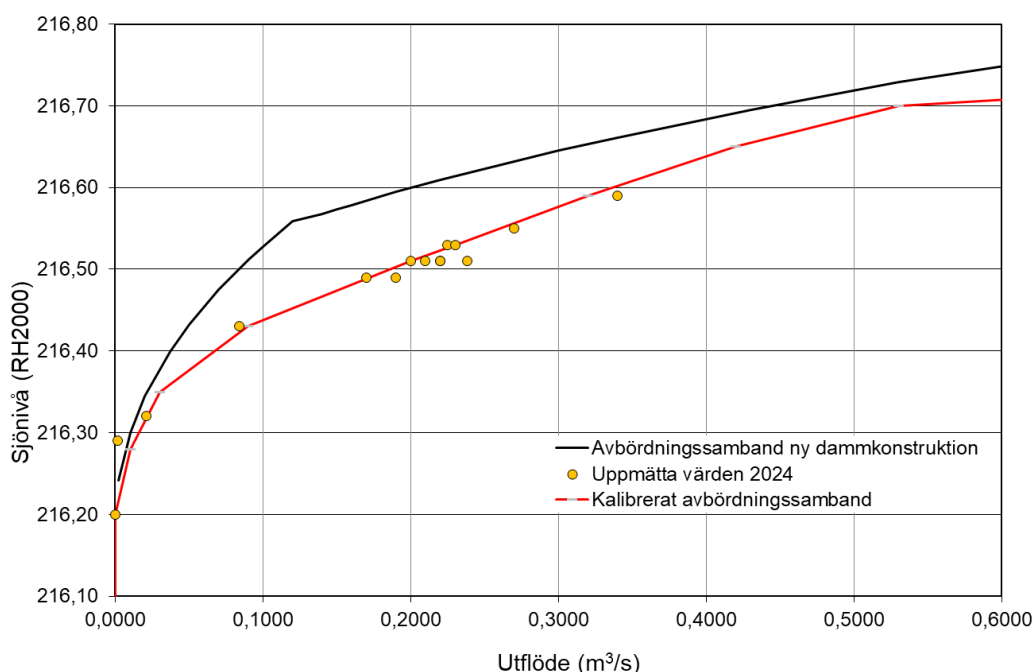
Det högsta årliga uttaget om 470 000 m<sup>3</sup> möjliggör ett komplementvattenuttag samt ett reservvattenuttag under begränsad tid, och innebär beskrivet som ett årsmedeluttag ca 15 l/s.

### 4.2 Reglering

Den krävs en reglering av Försjön för att möjliggöra ett råvattenuttag och samtidigt inte orsaka negativ omgivningspåverkan. En regleringsstudie har därför utförts (Bilaga A1) i syfte att ta fram en lämplig regleringsstrategi. Kravet på regleringsstrategin för att möjliggöra vattenuttaget har vid simuleringarna varit att inte få oacceptabel omgivningspåverkan. Oacceptabel omgivningspåverkan har definierats som en försämring av klassningen av hydrologisk regim eller att nolltappning förekommer mer frekvent och/eller under längre perioder jämfört med befintliga förhållande. Arbetet med att ta fram den

föreslagna regleringsstrategin, använd indata, tillämpad modell, genomförd kalibrering och gjorda driftsimuleringar samt resultat redogörs för i Bilaga A1.

Regleringsstrategin innebär huvudsakligen att vatten, i större utsträckning än idag, sparas i sjön från perioder med hög tillrinning till perioder med låg tillrinning. Planerad regleringsstrategi framgår av Figur 4. Strategin är testad genom flera olika simuleringar och visar att ett kontinuerligt komplementvattenuttag på 12,5 l/s inte riskerar medföra oacceptabel tillåten påverkan på vattenförhållandena. Vidare har ett högre kontinuerligt råvattenuttag på 16 l/s testats och bedöms inte heller medföra oacceptabel påverkan på vattenförhållandena. Enligt regleringsstudien ger ett genomsnittligt råvattenuttag på 16 l/s även utrymme för att under begränsad tid öka uttaget till maximalt 25 l/s i upp till tre månader. Ett högre uttag på 25 l/s i tre månader har testats genom många simuleringar under olika tidsperioder.



**Figur 4.** Framtagen tappningsställare för att möjliggöra vattenuttag samt kalibrerat avbördningssamband för befintliga förhållanden. I grafen redovisas även uppmätta flöden och sjönivåer år 2024.

Förslag för en ny dammkonstruktion vid utloppet av Försjön har tagits fram i en förstudie (Bilaga A2 samt avsnitt 5.1). Den föreslagna dammkonstruktionen är en fast konstruktion och har därmed ett fast avbördningssamband. Avbördningssambandet är samma som den regleringsstrategi som har tillämpats vid simuleringar (Figur 4).

I Tabell 4 redovisas karaktäristiska tal för flödet ut från Försjön. Både resultat från SMHI:s modelleringar samt modellering genomförd i denna utredning redovisas. Motsvarande karaktäristiska tal för sjönnivån i Försjön visas i Tabell 5. Ytterligare resultat redovisas i Bilaga 1.

**Tabell 4.** Jämförelse av karaktäristiska vattenföringar beräknade med HBV-modellen (SMHI, 2022) samt S-HYPE (SMHI, 2024) och simulerade beräkningar, med och utan uttag. HQ5 och HQ50 avser statistiskt beräknade värden på högvattenföringar med återkomsttiden 5 år respektive 50 år.

	SMHI S-HYPE 1991–2020 (l/s)	SMHI HBV-modell 1962–2021 (l/s)	Sweco Befintligt- förhållande 1991–2023 (l/s)	Sweco Uttag 16 l/s, 1991–2023 (l/s)	Sweco Uttag 12,5 l/s, 1991–2023 (l/s)
HHQ	-	1350	684	645	655
HQ50	430	-			
HQ5	330	-			
MHQ	290	430	386	393	399
MQ	140	130	138	121	125
MLQ	50	20	14	15	16
LLQ	-	0	0	0	0

**Tabell 5.** Karaktäristiska sjönivåer baserat på mätningar år 2018, 2021 och 2022–2023 samt simulerade resultat (Eksjö Energi, 2024).

	Försjön Uppmätta nivåer (RH 2000)	Sweco Befintligt- förhållande 1991–2023 (RH 2000)	Sweco Uttag 16 l/s 1991–2023 (RH 2000)	Sweco Uttag 12,5 l/s 1991–2023 (RH 2000)
HHW	+216,69	+216,72	+216,76	+216,76
MHW	+216,58	+216,62	+216,68	+216,68
MW	+216,40	+216,44	+216,49	+216,50
MLW	+216,19	+216,27	+216,29	+216,30
LLW	+216,18	+216,11	+216,13	+216,14

## 5 Infiltration och förutsättningar för att bereda dricksvatten

Råvattnet från Försjön kommer att komplettera och ersätta motsvarande råvattenuttag från sjön Norra Vixen. Den förstärkta grundvattenbildningen genom konstgjord infiltration av ytvatten till grundvattenmagasinet i Ränneslätt kommer inte att öka jämfört med den pågående driften, utan det föreslås en begränsning av den sammantagna infiltrationen motsvarande den nu gällande. Vattenbalansen för grundvattenmagasinet i Ränneslätt kommer därför inte att förändras.

De befintliga infiltrationsbassängerna vid Ränneslätt kommer att nyttjas och infiltrationsbelastningen på dessa bassänger kommer inte att ändras jämfört med dagens drift. Erfarenheter från befintlig drift är att dessa bassänger har god infiltrationskapacitet.

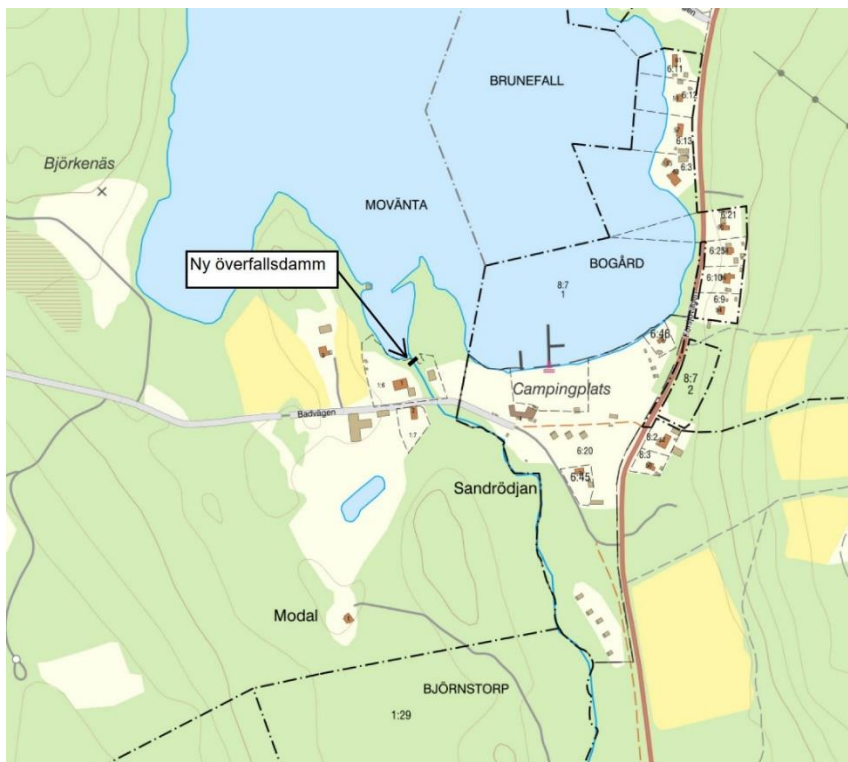
Vattenprovtagning har utförts i både nuvarande råvattentäkt Norra Vixen år 2021–2025 och från Försjön år 2019.

Bedömningen är att råvattnet från Försjön är lämpligt för infiltration i nuvarande grundvattentäkt i Ränneslätt. Vissa justeringar i processen kan dock behövas för att uppnå en önskad dricksvattenkvalitet.

## 6 Anläggningar

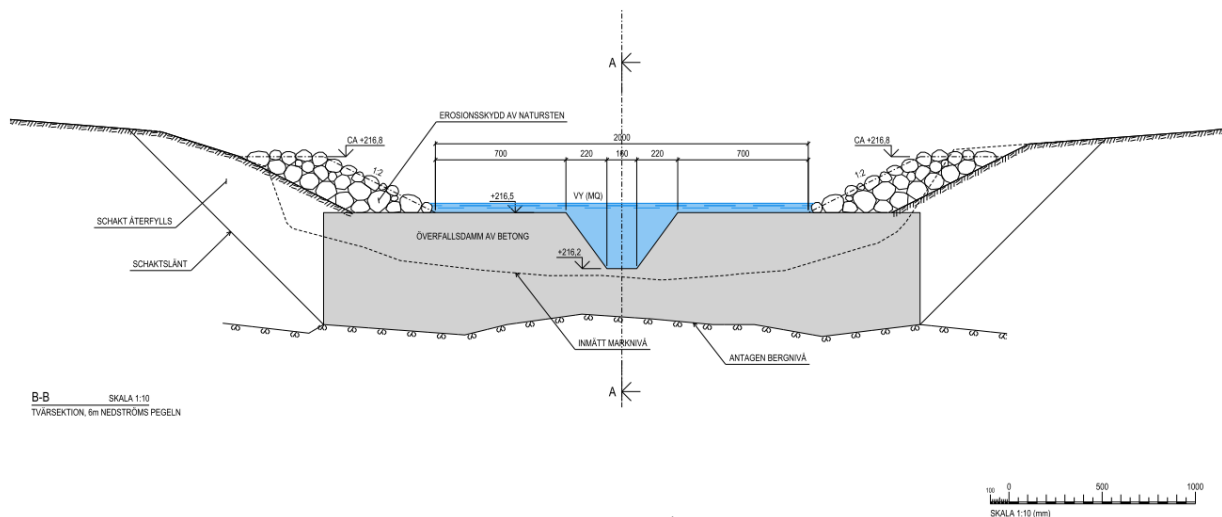
### 6.1 Överfallsdamm

Vid Försjöns utlopp anläggs en tröskel i form av en överfallsdamm. Syftet med överfallsdammen är att sjöns avbördning ska regleras enligt avsnitt 4.2.



Figur 5. Ny överfallsdamm i Försjöns utlopp (källa: Lantmäteriet).

Överfallsdammens krönnivå kommer ligga på +216,5 m och centralt i dammen kommer en djupfåra ordnas. Dammen placeras i ungefär samma läge som befintligt sjöutlopp har sin bestämmande sektion. Dammens läge och utformning framgår av ritningar i Bilaga A2.



Figur 6. Ny överfallsdamm i Försjöns utlopp – sektion A-A, se bilaga A2.

Överfallsdammens tätning kommer utgöras av en tvärgående gjuten betongmur. Betongmuren grundläggs troligen på berg. Ytligt berg finns längre nedströms i åfåran och troligen är det förhållandevis grunt till berg i läget där betongmuren anläggs. Betongmuren ges en fri bredd på ca 2 m vid krönet. Centralt i betongmuren ordnas en djupfåra med bottenbredden 0,16 m på nivån +216,2 m. Botten på djupfåran kommer ligga på ungefär samma nivå som dagens naturliga botten. Djupfåran kommer ges en höjd på 0,3 m och sidorna kommer att luta så att bredden i toppen blir 0,6 m. Betongmurens tjocklek blir ca 0,3 m.

Nedströms betongmuren ordnas en ramp genom en upptröskling av natursten som ansluter till murens krön. Upptrösklingen sträcker sig ca 6 m nedströms om muren och här kommer övergången anpassas till den befintliga åfåran. Syftet med upptrösklingen är att undvika att skapa ett fall för vattnet vid muren.

En djupfåra ordnas i upptrösklingen som ansluter till öppningen i muren. Djupfåran kommer följa den naturliga botten som lutar ca 2%. Som framgår av bifogade ritningar kommer djupfårans höjd successivt att minska och bredden att öka med ett ökat avstånd från öppningen i muren. Djupfårans geometri kommer att byggas upp i upptrösklingen av natursten. Närmast öppningen i muren kommer djupfårans sidor att luta så pass brant att naturstenen behöver hållas på plats av betong mellan stenarna. Betongen kommer även ha en tätande funktion som undviker att vattnet strömmar ut i upptrösklingens sidor vid låga flöden.

Vid låga flöden kommer vattnet endast strömma i djupfåran. Genom att koncentrera flödet till djupfåran kommer vattendjupet att prioriteras vid låga

flöden. Vid medel och höga flöden kommer vattnet att strömma över hela murens bredd.

Nedströms om den planerade överfallsdammen är vattendraget av en mer strömmande karaktär med fall där vattenhastigheten är relativt hög. Justeringar i den naturliga fåran kommer behöva göras där upptrösklingen slutar och övergår i den naturliga fåran för att undvika att vattenhastigheten ökar markant i övergången.

Slänterna kommer ges en lutning på ca 1:2 i läget för betongmuren och kommer successivt att anpassas till de naturliga slänterna där upptrösklingen slutar, ca 6 m nedströms om muren. Slänterna kommer kläs med ett erosionsskydd av natursten. Natursten kommer även läggas ut uppströms betongmuren för att delvis täcka muren.

## 6.2 Intagsanordning och intagsledning

Utformningen av intagsanordning och intagsledning är förprojekterad av Vatten och Samhällsteknik (Vatten och Samhällsteknik, 2020). I texten nedan återges översiktligt för den förprojekterade anläggningen. Intagsanordning och intagsledning kommer att detaljprojekteras. Angivna mått, längder och djup etcetera är därför preliminära.

Råvattenintaget planeras att ske ca 250 m ut i sjön på 7–8 m djup i den nordvästra delen av Försjön (Figur 7). Platsen har bedömts vara fördelaktig med hänsyn till råvattenkvaliteten och bottenförhållandena. Intagsanordningen förankras i botten och råvattnet leds i en bottenförlagd intagsledning till en pumpstation som anläggs strandnära (Figur 7), se avsnitt 5.3. Intagsledningen kommer att vara av polyeten (PE) med en preliminär ytterdiameter om 500 mm som belastas med vikter.



**Figur 7.** Översikt planerad intagsledning och pumpstation i Försjöns nordvästra del (Vatten och Samhällsteknik, 2020). Norr är uppåt i figuren.



intagsledningen fram till råvattenintaget för att därefter läggas på ungefär 8 m djup i sjön. Ledningen kommer att vara av polyeten (PE) med en preliminär ytterdiameter om 110 mm och belastas med vikter. Reservvattenledningen kommer att detaljprojekteras. Angivna mått, längder och djup etc. är därför preliminära.



**Figur 9.** Preliminär sträckning av planerad reservvattenledning i Forsjön (Vatten och Samhällsteknik, 2021). Observera att vissa mått och detaljer i utformningen kan komma att ändras vid detaljprojektering.

## 7 Anläggningsarbeten

Arbetena med överfallsdammen behöver utföras i torrhet och för detta krävs att en fångdamm anläggs uppströms. Under byggtiden kommer pumpar användas för att leda vattnet förbi arbetsplatsen, från Forsjön till Smedhemsån. Arbetena planeras att utföras under sommar eller höst då det historiskt varit låga flöden och sjönivåer på platsen. Det pumpade flödet förbi arbetsplatsen kommer så långt möjligt att följa utloppets naturliga avbördning (se Figur 3). Arbetstiden uppskattas till ca 2 månader.

Vatten som samlas inom arbetsområdet från nederbörd och inträngande grundvatten länshålls med pumpar. Länsvattnet släpps, efter erforderlig rening, (t.ex. sedimentering) till Smedhemsån, nedströms arbetsplatsen och inom siltgardin.

Efter att fångdammen och erforderliga skyddsåtgärder är på plats utförs schaktarbeten i botten och i slänterna. Betongmuren gjuts på plats och förankras i berg. Efter rivning av formen utförs upptrösklingen av natursten och slänterna justeras och kläs med ett erosionskydd av natursten. När överfallsdammen är anlagd rivs fångdammen och sist avlägsnas siltgardin nedströms.

För anläggande av råvattenpumpstation samt anslutning av intagsledning och reservvattenledning kommer jord- och eventuellt bergschakt att krävas. Intagsledningen kommer att spolats och/eller grävas ner i anslutning till pumpstationen. Eventuellt kan viss bergschakt behöva ske även för intagsledningarnas sträckning närmast land. I övrigt följer intagsledning och reservvattenledning sjöbottens topografi (Vatten och Samhällsteknik, 2021).

Efter detaljprojektering av råvattenpumpstation och intagsledning i nordvästra delen av sjön (Figur 7) kan anläggnings- och schaktarbeten detaljplaneras.

Anläggandet av råvattenpumpstationen innebär sannolik tillfällig bortledning av grundvatten i samband med länshållning av schakten som uppskattas bli ca 5 m djup. Påverkan på grundvattennivåerna i närområdet bedöms preliminärt bli liten då jordarterna utgörs av morän som generellt är att betrakta som täta och då platsen ligger nära sjön. Vid behov kommer åtgärder att vidtas för att minimera framförallt länshållningsinsatsen, men också påverkan på grundvattennivåer i området. Möjlig åtgärd är t.ex. tät spont kring schakten vilket kommer att beaktas i samband med detaljprojektering.

Länsvattnet kommer om behov finns att avskiljas från partiklar. Efter kontroll avleds länsvattnet för infiltration på markytan och/eller översilning på markytan för att sedan avledas till Försjön.

Grumling i Försjön kommer att förhindras genom att arbetsområdet inom fastigheten Tällås 1:2 för råvattenpumpstationen och anslutningen av sjöledningarna avgränsas med siltgardin och oljelänsa.

Även i anslutning till Movänta vattenverk inom fastigheten Brunefall 1:10, sydost om Försjön, där reservvattenledningen ska kopplas in till vattenverket kommer grumling i Försjön vid schaktarbeten i vatten att förhindras genom arbetsområdet inhägnas med siltgardin.

Arbetena i vatten för anläggande av intagsledning och råvattenpumpstation beräknas pågå i 3–6 månader. Anläggande av reservvattenledning i Försjön bedöms pågå i ca 2–3 veckor.

## 8 Följdverksamheter

### 8.1 Överföringsledning

Överföringsledningarna för råvatten (från Försjön till Eksjö vattenverk) och reservvatten (från Eksjö vattenverk till Hults vattenverk) kommer förläggas i mark från råvattenpumpstationen i Försjöns nordvästra del och in till Eksjö vattenverket vid Ränneslätt. Överföringsledningen har förprojekterats.

### 8.2 Väg för bygg- och driftskede

För anläggande av överfallsdammen kommer en arbetsväg att behöva ordnas till arbetsplatsen. Troligen anläggs arbetsvägen från Badvägen och norrut mellan bostadsfastigheten och åfåran.

Sly behöver röjas och ett större träd behöver fällas för att ge plats åt överfallsdammen och för åtkomst till arbetsområdet.

En väg för bygg- och driftskede kommer även att anläggas till råvattenpumpstationen i Försjöns nordvästra del.

## 9 Tidplan

Tidplan för anläggningsarbeten bedöms till ca fem år.

Efter att anläggningsarbetena har utförts påbörjas en period på upp till ca 2 år för intrimning av den nya anläggningen.

## 10 Kostnader

Total kostnad för utförande av ansökta åtgärder, dvs exklusive landleddningar uppskattas till ca 12 MSEK.

## 11 Referenser

Vatten och Samhällsteknik AB. (2017-10-26). Vattenförsörjning för Eksjö tätort. Översiktlig utredning om nytt uttagsområde.

Vatten och Samhällsteknik AB. (2018-02-07). Försjön i Eksjö VA-system en övergripande studie.

Vatten och Samhällsteknik AB. (2018-06-05). Vattenförsörjningsplan för den allmänna vattenförsörjningen i Eksjö kommun.

Vatten och Samhällsteknik AB. (2020). Förprojektering överföringsledningar Försjön – Eksjö.

Vatten och Samhällsteknik AB. (2021-10-21). Försjön som råvattentäkt för Eksjö dricksvattenförsörjning. Förutsättningar, teknisk beskrivning och miljökonsekvensbeskrivning.

Eksjö Energi AB. (2025). Analysprotokoll vattenkemi.

Söderbygdens vattendomstol 1921-01-08. Utslag givet den 8 januari 1921.

Lågflöden Försjön, Rapport nr 2022-35, SMHI, 2022-05-05.

Underlag internet Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Vattenwebb – modelldata per område, <<http://smhi.se>> (2024):

Arbetsmaterial, sjönivåmätningar och vattenuttag Hults vattenverk, från Eksjö Energi (Eksjö Energi, 2024)

# Bilaga A1

## Regleringsstudie

### Försjön, Eksjö

Bedömning av uttagsmöjligheter och  
omgivningspåverkan



<b>Sweco Sverige AB</b>	RegNo 556767-9849
<b>Uppdrag</b>	Regleringsstudie Försjön
<b>Uppdragsnummer</b>	30064955-001
<b>Kund</b>	Eksjö Energi AB (Sinfra)
<b>Upprättad av</b>	Jonatan Larsson, Niklas Ekstrand
<b>Granskad av</b>	Håkan Persson
<b>Datum</b>	2025-04-15
<b>Ver</b>	1.0
<b>Dokumentreferens</b>	Bilaga A1 Regleringstudie 2025-04-15

1	Inledning .....	5
1.1	Syfte och målsättning .....	5
1.2	Underlag .....	5
1.3	Höjdsystem .....	6
2	Domar och gällande tillstånd .....	6
3	Hydrologiska förhållanden .....	6
3.1	Allmänt .....	6
3.2	Flöden .....	8
3.3	Sjönivåer .....	9
3.4	Avbördning .....	9
3.5	Befintligt vattenuttag .....	10
4	Regleringsberäkningar .....	10
4.1	Metodik .....	10
4.2	Programvara .....	10
4.3	Hydrologisk modell .....	11
4.4	Underlag tillrinning .....	11
4.5	Simuleringar .....	12
4.5.1	Befintligt förhållande .....	12
4.5.2	Ny dammkonstruktion och vattenuttag .....	12
4.5.3	Känslighetsanalys .....	13
4.5.4	Klimatförändringar .....	13
4.6	Omgivningspåverkan .....	13
4.6.1	Torrläggning av utloppet .....	13
4.6.2	Hydrologisk regim .....	14
4.6.3	Minskat flöde nedströms Försjön .....	15
4.6.4	Hydrologisk regim nedströms Försjön .....	15
5	Resultat .....	16
5.1	Befintligt förhållande .....	16
5.2	Ny dammkonstruktion och vattenuttag .....	19
5.3	Karaktäristiska tal .....	21
5.4	Jämförelse av enskilda år .....	22
5.5	Förändring av sjötyor .....	24
5.6	Torrläggning av utloppet .....	24
5.7	Minskat flöde .....	25
5.8	Hydrologisk regim .....	26
5.9	Känslighetsanalys .....	27
5.10	Klimatförändringar .....	29
6	Diskussion .....	31

7	Sammanfattning .....	33
8	Referenser .....	34

**Bilagor**

- 1 MW Förändring sjöyta
- 2 MHW Förändring sjöyta
- 3 HHW Förändring sjöyta

# 1 Inledning

Sweco har på uppdrag av Eksjö Energi AB utfört en regleringsstudie av Försjön, Eksjö kommun.

Eksjö Energi är huvudman för den allmänna vattenförsörjningen i Eksjö kommun och har ansvar för vattenförsörjningen. För att förse Eksjö stad med dricksvatten tar Eksjö idag sitt råvatten ur en grundvattentäkt vid Ränneslätt. Grundvattenbildningen till grundvattentäkten förstärks genom konstgjord infiltration av ytvatten från sjön Norra Vixen. Återkommande problem med kapacitetsbrist i Norra Vixen har lett till att Eksjö Energi sökt efter alternativa vattentäkter.

Försjön pekades ut som ett lämpligt alternativ i en utredning av reserv- och/eller kompletterande vattenresurser för försörjningen av Eksjö tätort, år 2017 (VoS, 2017). Eksjö Energi har därefter arbetat med målsättningen att erhålla ett tillstånd för bortledning av ytvatten från Mark- och miljödomstolen.

Eksjö Energis målsättning med Försjön som råvattentäkt är:

- Att kunna genomföra ett kompletterande och kontinuerligt uttag på 12,5 l/s i syfte att avlasta Norra Vixen (normaluttag)
- Att i perioder kunna genomföra ett ökat uttag på maximalt 25 l/s för att ersätta Norra Vixen (reservvattenuttag)

Inledande utredningsarbete har visat att den det krävs en reglering av sjön för att spara vatten från perioder med hög tillrinning till perioder med låg tillrinning, för att klara ett råvattenuttag och samtidigt minimera omgivningspåverkan.

## 1.1 Syfte och målsättning

Syftet med regleringsstudien för Försjön är ta fram en regleringsstrategi som möjliggör både ett komplementvattenuttag och ett ökat vattenuttag under begränsad tid samt att redovisa förväntad omgivningspåverkan.

Målsättningen är att regleringsstudien ska utgöra underlag för bedömning av påverkan på enskilda och allmänna intressen.

Kravet på regleringsstrategin för att möjliggöra vattenuttaget är att inte få oacceptabel omgivningspåverkan. Oacceptabel omgivningspåverkan definieras här som en försämring av klassningen av hydrologisk regim eller att nolltappning förekommer mer frekvent och/eller under längre perioder, se avsnitt 4.6.

## 1.2 Underlag

Regleringsstudien baseras på hydrologiska förhållanden, önskat råvattenuttag, och beräknad tillrinning.

En stor del av underlaget för studien är hämtat från SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut). Uppgifter om avrinningsområdet, temperatur, nederbörd, beräknad tillrinning och flöden samt framtida klimatscenarier är refererade till i texten och finns sammanställda i referenslistan.

Tidigare ansökningar om tillstånd för bortledning av ytvatten, med tillhörande utredningar och arbetsmaterial har tagits del av.

- Ansökan M 3305-20, daterad 2020-07-08 (Nordic law, 2020)
- Ansökan M 6042-21, daterad 2021-11-30 (Nordic law, 2021)

Ett orienterande platsbesök genomfördes 2023-12-05, kring Försjön, vid utloppet och vid kvarndammen i Hult samt vid avloppsreningsverket i Hult. Eksjö Energi och Sweco medverkade vid platsbesöket.

Eksjö Energi har tillhandahållit mätningar av sjönivåer från år 2018 och år 2021 samt år 2022–2023. För åren 2022–2023 är mätserierna heltäckande med ca 2–4 mätningar per månad. Eksjö Energi har även tillhandahållit uppgifter om råvattenuttag vid Hults vattenverk för åren 2021–2023.

Historiska uppgifter på uppmätta utflöden från sjön saknas. Underlag för regleringsberäkningarna har därför utgjorts av beräknad tillrinning till Försjön för åren 1991 till 2022, se avsnitt 4.4. Flödesmätningar i sjöns utlopp har också genomförts av Sweco under 2024.

### 1.3 Höjdsystem

Alla höjder anges i Sveriges nationella höjdsystem, RH 2000.

## 2 Domar och gällande tillstånd

Försjön och dess utlopp omfattades av ett tidigare tillstånd från 1921-01-08 (Söderbygdens vattendomstol, 1921). Tillståndet avsåg reglering av Försjön till förmån för nedströms liggande vattenhjul. Tillståndet omfattade en dammanläggning i utloppet, men denna är idag utrivna och det förekommer ingen vattenverksamhet.

För Hults vattentäkt finns ett tillstånd för bortledning av grundvatten, dom DVA 74/1979, Växjö Tingsrätt. Tillståndet medger Eksjö Energi rätt att ta ut 200 m<sup>3</sup>/dygn i medeltal och maximalt 300 m<sup>3</sup>/dygn under ett och samma dygn (Sweco, 2022).

## 3 Hydrologiska förhållanden

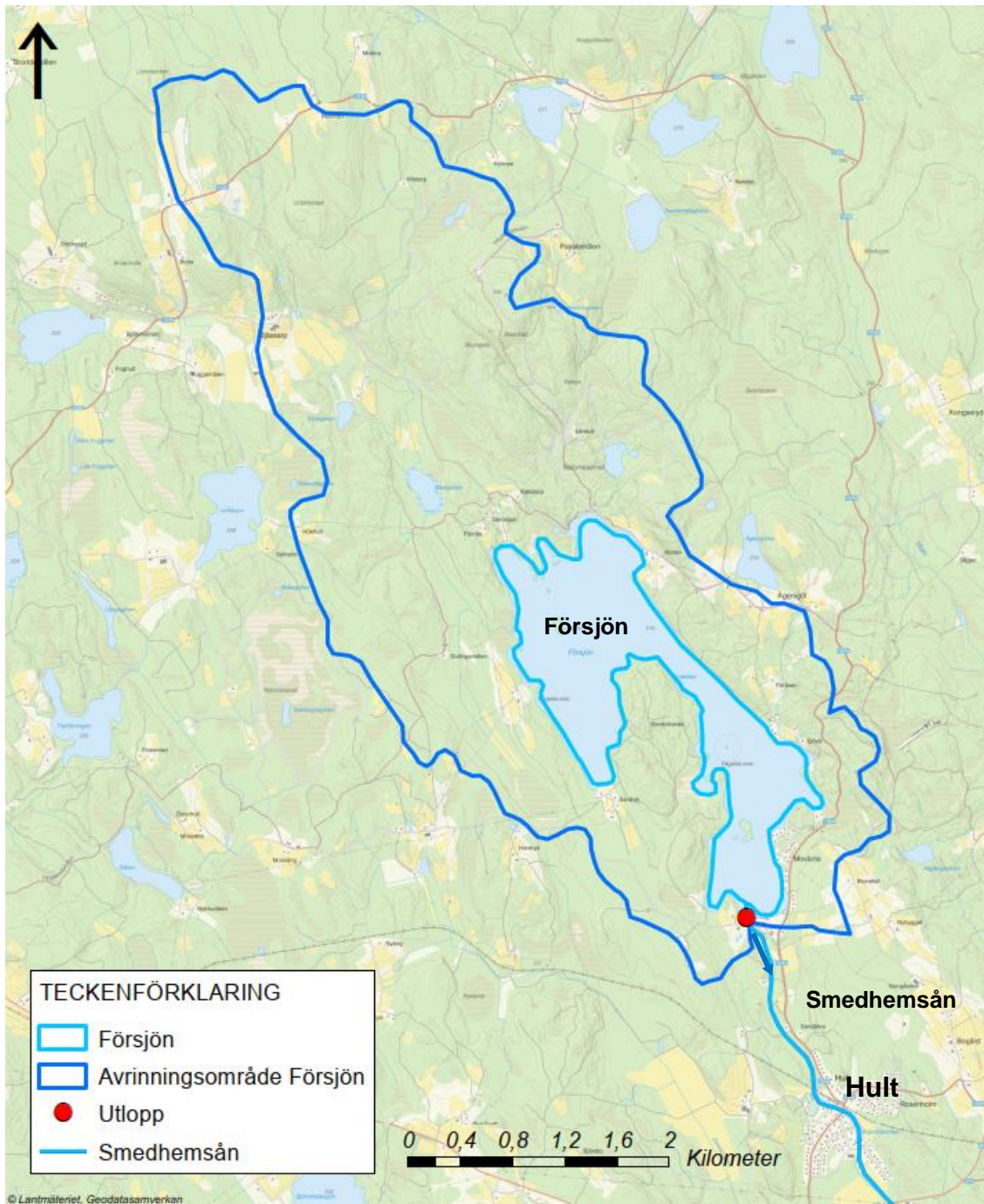
### 3.1 Allmänt

Försjön är belägen i Eksjö kommun, knappt 1 mil öster om Eksjö tätort. Sjöns utlopp ligger i södra delen, ca 1,5 km norr om samhället Hult, se Figur 1.

Utloppet definierar sjöns avrinningsområde. Försjöns yta ingår i avrinningsområdet, se Tabell 1.

Försjöns avrinningsområde (Figur 1) ligger högst upp i denna gren av Emåns huvudavrinningsområde. Sjön avvattnas till Smedhemsån som rinner ned till Hult. I Hult finns en kvarndamm med ett dämme där vattnet regleras. Cirka 1 km nedströms kvarndammen i Hult rinner Smedhemsån ut i Skedesjön som är förbunden hydrauliskt med Mycklaflon. Dessa båda sjöar har en stor area (ca 15 km<sup>2</sup>) och utgör ett betydande vattenmagasin i vattensystemet. Vattendraget byter därefter namn några gånger och passerar ytterligare ett antal sjöar innan det rinner samman med Emån vid Järnforsen.

Renat avloppsvatten från avloppsreningsverket i Eksjö avleds idag till Eksjön som senare via sjön Solgen och Solgenån rinner samman med Emån vid Holsbybrunn. Holsbybrunn ligger uppströms Järnforsen. Detta innebär teoretiskt att ingen påverkan skulle ske på vattenbalansen, nedströms Järnforsen, vid bortledning av vatten från Försjön till Eksjö.



**Figur 1.** Översiktskarta med avrinningsområdet för Försjöns utlopp, enligt SMHI (SMHI, 2024). Figuren har kompletterats med blå pilar för flödesriktning.

**Tabell 1. Försjöns tillrinningsområde (SMHI A, 2024, Scalgo, 2024).**

Parameter	Försjön	Enhet
Area avrinningsområde	17,7 (vattenwebb)	km <sup>2</sup>
Area sjöyta	2,4 (SMHI) 2,6 (Scalgo)	km <sup>2</sup>
Försjöns andel av avrinningsområdet	13,7	%
Avrinning	246	mm/år
Sjö/vattendrag inom avrinningsområdet	13,7	%
Skogsmark, inkl. hygge	63,9	%
Myrmark	8,9	%
Jordbruksmark	7,9	%
Övrig öppen mark	5,5	%

## 3.2 Flöden

Uppgifter om historiska flöden från sjön saknas. Mätningar har utförts under år 2024.

I Tabell 2 redovisas karaktäristiska flöden enligt SMHI:s S-Hype och HBV beräkningar (SMHI, 2024). SMHI:s beräkningar har beräknats med generella samband. Flödena avser sjöns utlopp och vid naturliga oreglerade förhållanden. Flödena i Tabell 2 ger därför endast en indikation på storleksordningen av flödena.

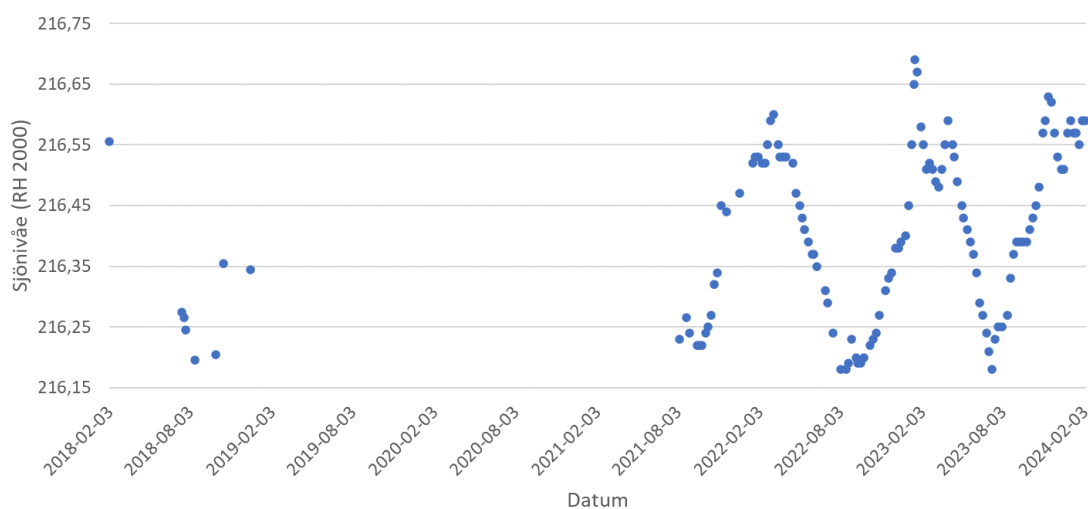
Karaktäristiska vattenföringar redovisas i Tabell 2. Observerad lägsta vattenföring är återkommande nolltappning. Nolltappning uppstår då sjönivån sjunker under tröskelnivån +216,20 m

**Tabell 2. Karaktäristiska vattenföringar beräknade med HBV-modellen (SMHI, 2022) samt S-HYPE (SMHI, 2024). HQ5 och HQ50 avser statistiskt beräknade värden på högvattenföringar med återkomsttiden 5 år respektive 50 år.**

		SMHI S-HYPE 1991–2020 (l/s)	SMHI HBV-modell 1962–2021 (l/s)
Högsta högvattenföring	HHQ	-	1350
Högvattenföring med återkomsttid 50 år.	HQ50	430	-
Högvattenföring med återkomsttid 5 år.	HQ5	330	-
Medelhögvattenföring	MHQ	290	430
Medelvattenföring	MQ	140	130
Medellågvattenföring	MLQ	50	20
Lägsta lågvattenföring	LLQ	-	0

### 3.3 Sjönivåer

Baserat på mätningar åren 2018, 2021 samt 2022–2023 så varierar sjönivån mellan knappt +216,2 m till +216,6 m (RH 2000), det vill säga en årsamplitud på omkring ca 0,4-0,5 m, Figur 2. Sedan hösten år 2021 har mätningar utförts utan uppehåll. Sjönivåvariationen är likartad för åren där mätningar finns, med ökande sjönivåer från sensommar till senvinter samt sjunkande nivåer från senvinter till sensommar.



**Figur 2.** Uppmätta sjönivåer, år 2018, 2021 och 2022–2023 (Eksjö Energi, 2024).

I Tabell 3 redovisas karaktäristiska sjönivåer baserat på uppmätta värden perioden. Extremvärden kan vara underskattade då mätserien inte omfattar mer än ca 2,5 års mätningar.

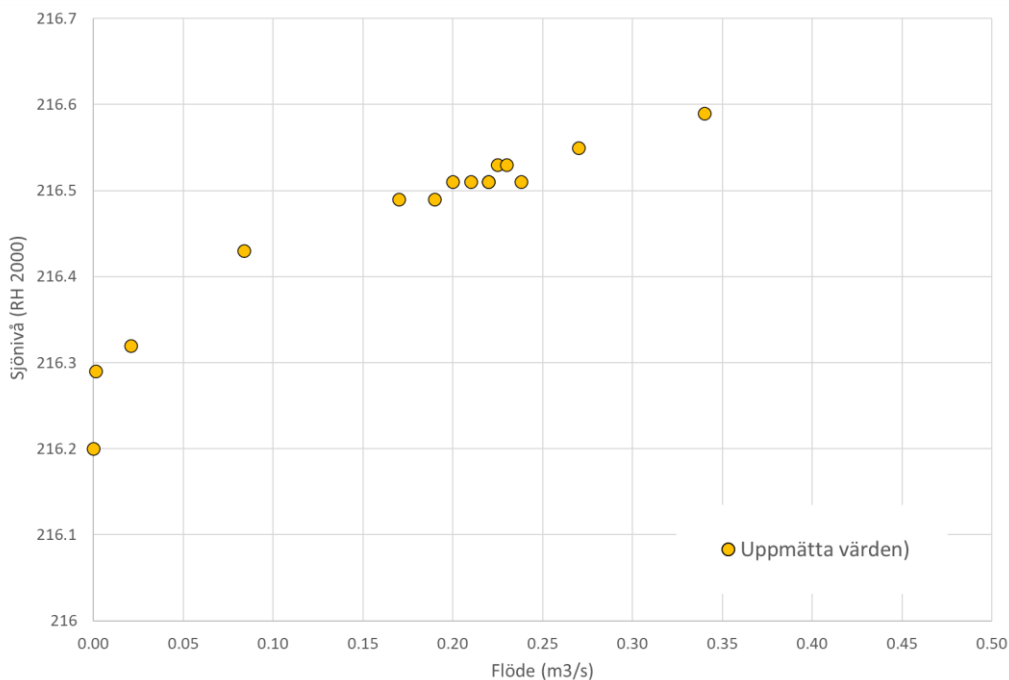
**Tabell 3.** Karaktäristiska sjönivåer baserat på mätningar år 2018, 2021 samt 2022–2023.

		Försjön (RH 2000)
Högsta högvattenstånd	HHW	+216,69
Medelhögvattenstånd	MHW	+216,58
Medelvattenstånd	MW	+216,40
Medellågvattenstånd	MLW	+216,19
Lägsta lågvattenstånd	LLW	+216,18

### 3.4 Avbördning

Sjöns utlopp är tydligt definierat och har idag en något kanallikande form. Formen är sannolikt en rest från den tidigare kvarnverksamheten. I utloppet förekommer tydliga trösklar bestående av bedömt höga berglägen. Styrande tröskelnivå är +216,20 m vid låg nivå. Vid högre nivå är hydrauliken i utloppet styrande för vattenföringen. Nedströms utloppet faller nivån ca 0,4 m på 60 m.

Mätningar av utflöde och sjönivå genomfördes under år 2024 och redovisas i Figur 3.



**Figur 3.** Uppmätta sjönivåer och flöden i sjöns utlopp år 2024 som punkter (Sweco, 2024). Observera att mätvärdet med näst lägst sjönivå, nära +216,3 m i diagrammet bedöms som osäkert.

### 3.5 Befintligt vattenuttag

Råvattenuttaget vid Hults vattenverk baseras på grundvatten som antas inducera från Försjön. Vattenuttaget uppgår till drygt 100 m<sup>3</sup>/dygn (drygt 1 l/s) i medeltal och antas vattenbalansmässigt häröra från Försjön. Vattenuttaget motsvarar lite mer än hälften av det tillståndsgivna årsmedeluttaget, se även avsnitt 2.

## 4 Regleringsberäkningar

### 4.1 Metodik

Inledningsvis återskapas befintliga förhållanden genom att ett avbördnings samband kalibreras fram mot uppmätta sjönivåer.

När beräkningsmodellen kan återskapa de befintliga förhållandena simuleras olika råvattenuttag (driftfall) för att studera uttagskapacitet och omgivningspåverkan. Uttagmöjligheterna testas också genom att korrigera tillrinningsdata för framtida klimatförändringar (SMHI D, 2024).

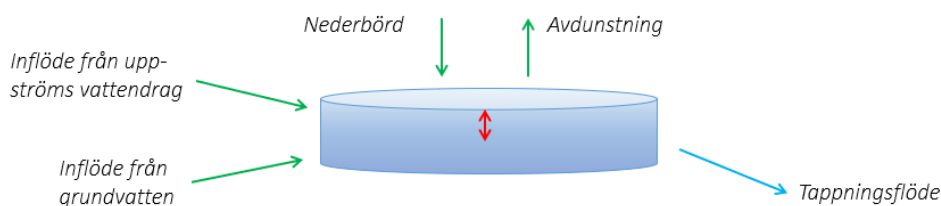
### 4.2 Programvara

För de hydrologiska beräkningarna har programspråket "R" använts (The R-project, 2024). R är ett programmeringsspråk som erbjuder snabb hantering och beräkning av stora datamängder. Den hydrologiska modell som byggts upp och

där simuleringar utförts består av script och funktioner (programkod med beräkningsrutiner) skrivna för R.

### 4.3 Hydrologisk modell

Beräkningsmodellen är i grunden en vattenbalansmodell som använder indata i form av beräknad tillrinning. Modellen beräknar vattenståndsförändringar i sjön utifrån tillrinning och utflöde. Beroende på beräknat vattenstånd och hur utloppet regleras så släpps ett visst flöde i sjöns utlopp enligt ett visst tappningssamband, se Figur 4.



**Figur 4.** Princip för vattenbalansmodellen för Försjön.

Beräkningarna sker dygnsvis och varje dygns beräkning baseras på tillrinning och vattenuttag samt föregående dygns beräknade värden på vattenstånd och tappning.

Då sjöns stränder är övervägande branta och då sjönnivåintervallet är bedömt litet (ca 0,5 m) förväntas areaförändringarna beroende på sjönivå endast påverka beräkningsresultatet i liten utsträckning. I beräkningsmodellen förändras därför inte sjöarnas area med förändrad sjönivå.

### 4.4 Underlag tillrinning

Tillrinningen till Försjön definieras i denna studie som all tillrinning fram till utloppet och inkluderar nederbörd och avdunstning från sjöytan. Råvattenuttaget vid Hults vattenverk simuleras dock i beräkningarna som ett uttag direkt i sjön och ingår inte i den beräknade tillrinningen.

Eksjö Energi har i samband med en tidigare utredning av lågvattenflöden köpt in beräknad tillrinning för Försjön, dygnsvärden för åren 1962–2021, från SMHI (SMHI, 2022). SMHI:s data är beräknat med den hydrologiska avrinningsmodellen, HBV-modellen som kalibrerats mot vattenföringsdata från mätstationen Solnens.

Sweco har även beräknat tillrinning. Swecos beräknade tillrinning baseras på SMHI:s S-HYPE beräknade flöden från 1991–2023 till sjön, men nederbörd och avdunstning på sjöytan har justerats.

Då avdunstningen från sjön är inkluderad kan tillrinningen ibland vara negativ. I Tabell 4 redovisas beräknad tillrinning som karaktäristiska vattenföringar. Av Tabell 4 framgår att Swecos beräknade tillrinning är marginellt högre i medeltal, men att låga och den lägsta tillrinningen är lägre. Detta beror sannolikt på att Sweco räknat med något högre avdunstning på sjöytan.

**Tabell 4.** Beräknad tillrinning enligt SMHI och Sweco, uttryckt som karaktäristiska vattenföringar.

		SMHI (l/s)	Sweco (l/s)
Högsta tillrinning	HHQ	2790	3210
Medelhögtillrinning	MHQ	1160	1130
Medeltillrinning	MQ	130	140
Medellågtillrinning	MLQ	-90	-130
Lägsta tillrinning	LLQ	-130	-170

## 4.5 Simuleringar

### 4.5.1 Befintligt förhållande

Befintliga förhållanden har återskapats genom att kalibrera fram ett avbördningssamband mot uppmätta sjönivåer. Beräkningsmodellen har bedömts som kalibrerad när god överensstämmelse uppnåtts mellan observerade och beräknade sjönivåer.

Vattenuttaget vid Hults vattenverk har i simuleringarna uppgått till normaluttag på 100 m<sup>3</sup>/dygn.

### 4.5.2 Ny dammkonstruktion och vattenuttag

I inledande utredningsarbete genomfördes simuleringar med olika stora råvattenuttag och olika tappningsställare (avbördningssamband) testades och utvärderades. Vattenuttag som testades var bland annat 12,5 l/s och 15 l/s samt 25 l/s kontinuerligt och 25 l/s under begränsad tid. I dessa simuleringar tillämpades tillståndsgivet årsmedeluttag vid Hults vattenverk, det vill säga 200 m<sup>3</sup>/dygn.

Utredningsarbetet mynnade ut i en tappningsställare som generellt innebar att mer vatten sparas i sjön genom att utflödet minskas vid en given sjönivå, jämfört med befintliga förhållanden. Tappningsställaren blev därefter underlag för förstudie av en ny dammkonstruktion vid Försjöns utlopp (Sweco, 2025). Avbördningssambandet för denna dammkonstruktion är den tappningsställare som tillämpats vid slutliga simuleringar som redovisas i föreliggande rapport.

Den planerade dammkonstruktionen och dess avbördning innebär en reglering av Försjöns nivå och utflöde. Regleringsstrategin går ut på att hushålla med vatten genom att mer vatten sparas i sjön från perioder med hög tillrinning till perioder med låg tillrinning. Vatten sparas i sjön när sjöns nivåer sjunker. Regleringen innebär inte någon begränsning av utloppets maximala avbördningskapacitet.

I slutliga simuleringar har tillämpats ett genomsnittligt råvattenuttag på 12,5 l/s, vilket är den bedömda framtida normaldriften med en kontinuerlig komplettering av Eksjöns vattenförsörjning. Ett årsmedeluttag på 16 l/s har också simulerats. Skillnaden mellan ett årsmedeluttag på 12,5 l/s och 16 l/s ger utrymme för att öka uttaget från 12,5 l/s till maximalt 25 l/s under tre månader.

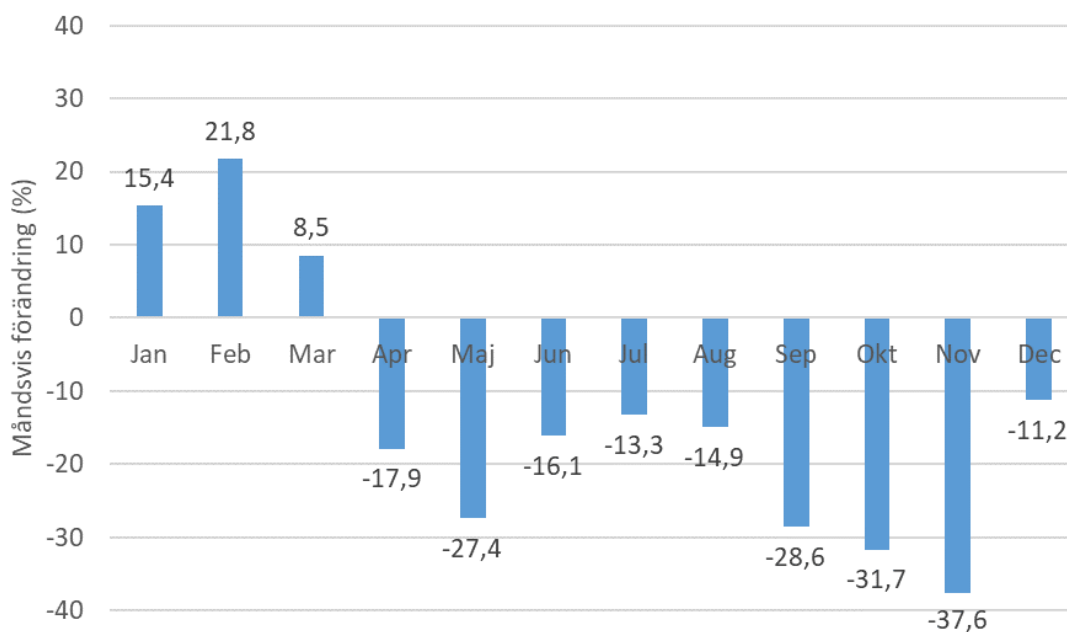
### 4.5.3 Känslighetsanalys

I utredningen har kompletterande driftscenarier simulerats med beräkningsmodellen i syfte att utreda effekten av andra storlekar på råvattenuttaget inom tänkt årsmedeluttag, se vidare avsnitt 5.9.

### 4.5.4 Klimatförändringar

Framtida påverkan av eventuella klimatförändringar simuleras i modellen genom att använda klimatjusterad tillrinning.

Simulering av framtida klimatförändringar har utförts grovt genom att tillrinningsdata justeras enligt de procentuella förändringar i flöde (klimatindikatorn "Vattenföring") för Övre Emån som redovisas på SMHI:s fördjupade klimatscenariotjänst (SMHI D, 2024). De procentuella förändringarna baseras på ett medelvärde från många olika klimatsimuleringar. Förändringen gäller för perioden 2071–2100 och utsläppsscenario RCP 8,5. Förändringen appliceras på de dagliga värdena på beräknad tillrinning.



**Figur 5.** Månadsvis förändring i tillrinning gällande för perioden 2071–2100 jämfört med perioden 1971–2000 enligt utsläppsscenario RCP 8,5.

Av Figur 5 framgår en förväntad ökning av tillrinning i januari till mars medan en minskning förväntas övriga delar av året. Totalt sett minskar den årliga tillrinningen med 7–8 % i detta framtida klimatscenario.

## 4.6 Omgivningspåverkan

### 4.6.1 Torrläggning av utloppet

Nolltappning i sjöns utlopp uppstår då sjönivån sjunker under tröskelnivån +216,20 m, vilket förekommit återkommande historiskt. Vid utvärdering av simuleringsresultaten har därför nolltappning ansatts som acceptabelt. Däremot

har kravet varit att med vattenuttag ska inte perioderna med nolltappning bli fler eller längre.

#### 4.6.2 Hydrologisk regim

Påverkan på den hydromorfologiska kvalitetsfaktorn hydrologisk regim har beräknats på parameternivå. Beräkningarna har utförts enligt HVMFS 2013:19 (HaV, 2019) för befintliga förhållanden samt för simuleringar med uttag av råvatten.

HaV föreskriver att vid beräkning av hydrologisk regim ska gällande (eller kommande) förhållanden jämföras mot opåverkade (helt naturliga) förhållanden. Då Försjön tidigare varit reglerad med en dammkonstruktion och fått sitt utlopp kanaliserat så har sjön under lång tid haft ett påverkat avbördningsförhållande (även om det inte varit reglerat sen relativt lång tid). Det är svårt att fastställa hur den naturliga avbördningen en gång sett ut. För att ändå kunna göra en bedömning är det möjligt att tillämpa teoretiska metoder som är framtagna för att beräkna oreglerade sjöars avbördningssamband utifrån parametrar som kan avläsas från kartor.

Sådana metoder har blivit undersökta i ett examensarbete som genomförts tillsammans med SMHI (Andersson, 2012). Syftet med arbetet var att förbättra de typkurvor som SMHI använder i sina modelleringar.

I rapporten beskrivs ett generellt avtappningssamband med följande ekvation:

$$Q = K(W - W_0)^P$$

I denna ekvation är  $W$  vattenstånd,  $W_0$  tröskel (det vattenstånd där flödet blir noll) och  $K$  och  $P$  parametrar som bestämmer formen på avbördningskurvan. Den metodik för att beräkna ut parametrarna  $K$  och  $P$  som rekommenderas i rapporten och som gav bäst resultat jämfört med kontrollmätningar, är den metodik som tillämpats i föreliggande utredning.

$K$  och  $P$  beräknas utifrån avrinningsområdets storlek, sjöarean samt antagande om utloppets ursprungliga bredd och tröskelnivå. Resultat är  $K = 2.2$  och  $P = 2.5$ .

Varje beräkning av parametrarna som ingår i hydrologisk regim ger ett nyckeltal som sedan tolkas till en klassificering; Hög, God, Måttlig, Otillfredsställande eller Dålig.

En kortfattad beskrivning av de analyserade parametrarna följer nedan:

- **Volymavvikelse i vattendrag** beskriver den genomsnittliga differensen i vattenföringen från sjön, mellan reglerade och naturliga förhållanden
- **Flödets förändringstakt** beskriver flödesvariationer i kort tidsskala, då flödesförändringen mellan två tidssteg jämförs mellan reglerade och naturliga förhållanden
- **Vattenståndsvariation i sjöar** beskriver förändringen i hur mycket vattenståndet varierar kring sitt medelvattenstånd mellan reglerade och naturliga förhållanden
- **Avvikelse i vintervattenstånd** beskriver samma sak som vattenståndsvariation i sjöar, men beräkningen görs enbart på perioden 1 november – 31 mars

- **Avvikelse i sommarvattenstånd** beskriver samma sak som vattenståndsvariation i sjöar, men beräkningen görs enbart på perioden 1 juni till 31 augusti
- **Vattenståndets förändringstakt** beskriver nivåvariationer i kort tidsskala, då flödesförändringen mellan två tidssteg jämförs mellan reglerade och naturliga förhållanden

Ekvationer angivna för Avvikelse i vintervattenstånd och sommarvattenstånd i HaVs föreskrifter bedöms vara felaktiga, varför ekvationen för parametern Vattenståndsvariation i sjöar har använts (dock tillämpad på respektive delperiod).

#### 4.6.3 Minskat flöde nedströms Försjön

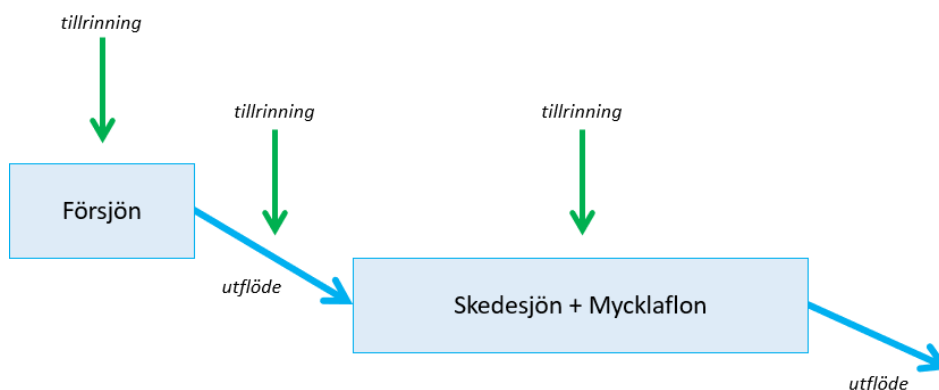
Ett uttag av råvatten från Försjön innebär över tid ett minskat flöde i vattensystemet nedströms Försjön. Medelvattenföringen minskar med samma storlek som uttaget.

Enligt vad som beskrivit under avsnitt 3.1 så uppkommer påverkan på vattenbalansen endast mellan Försjöns utlopp och nedströms till Järnforsen där vattendraget rinner samman med Emåns huvudfåra.

För att bedöma eventuell påverkan på intressen nedströms så har den procentuella minskningen av medelvattenföringen beräknats för varje delavrinningsområde nedströms om Försjön, ned till Järnforsen.

#### 4.6.4 Hydrologisk regim nedströms Försjön

Som underlag för bedömning av hur råvattenuttag ur och reglering av Försjön påverkar nedströms förhållanden så har utredningen också beräknat hydrologisk regim för Skedesjön+Mycklaflon och Bolstraån vid utloppet från Mycklaflon. För att kunna göra detta så har den hydrologiska modellen (avsnitt 4.3) byggts vidare för att kunna beskriva förändringar längre nedströms i systemet. Princip för utbyggd modell visas i Figur 6.



**Figur 6.** Princip för utbyggnad av den hydrologiska modellen för att kunna beräkna påverkan på hydrologisk regim längre nedströms

Från den utbyggda modellen kan erhållas dataserier för flöden och vattenstånd längre nedströms i systemet:

- Flödet i Smedhemsån in till Skedesjön beräknas som summan av flödet från Försjön plus den lokala tillrinningen mellan Försjön och Skedesjön

- Flödet ut till Bolstrån från Mycklaflon beräknas genom vattenbalansmodell för Skedesjön och Mycklaflon, motsvarande den för Försjön. Då Skedesjön och Mycklaflon är sammanbundna hanteras de som en sjö i beräkningen

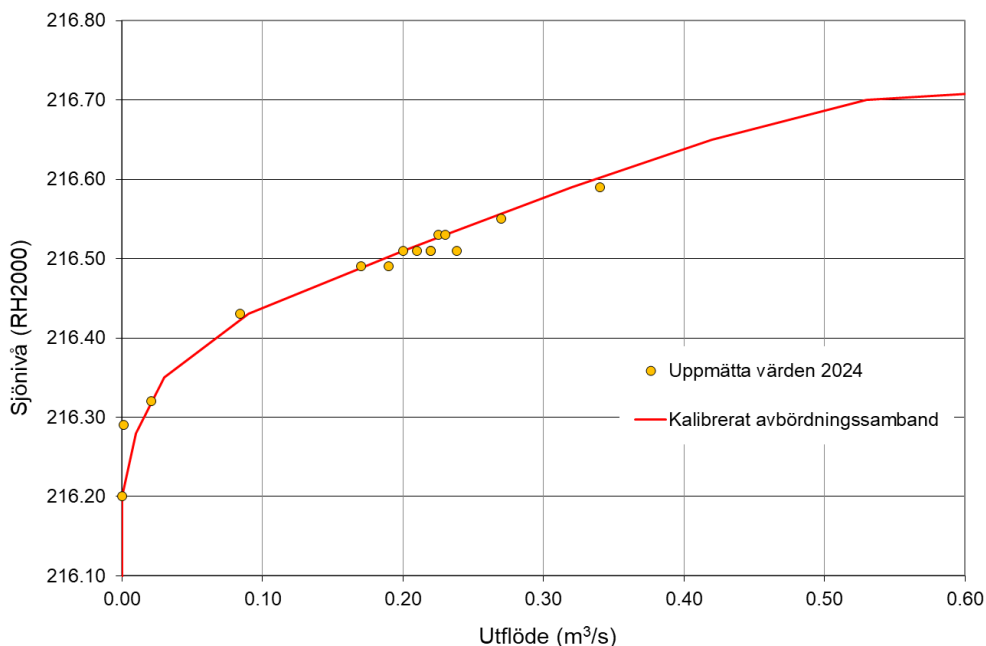
Tillrinning för nedströms delavrinningsområden är framtagna på motsvarande vis som redovisats för i avsnitt 4.4. Avbördningen från Mycklaflon är framtagen som ett generellt samband motsvarande vad som beskrivits i avsnitt 4.6.2. Det kan noteras att för syftet att analysera påverkan nedströms så är det inte kritiskt att avbördningssambandet för Mycklaflon blir helt riktigt. Detta eftersom det är den relativa skillnaden som ändrade förhållanden i Försjön leder till som ska analyseras. Därför har det bedömts att metoden är tillräcklig för syftet.

## 5 Resultat

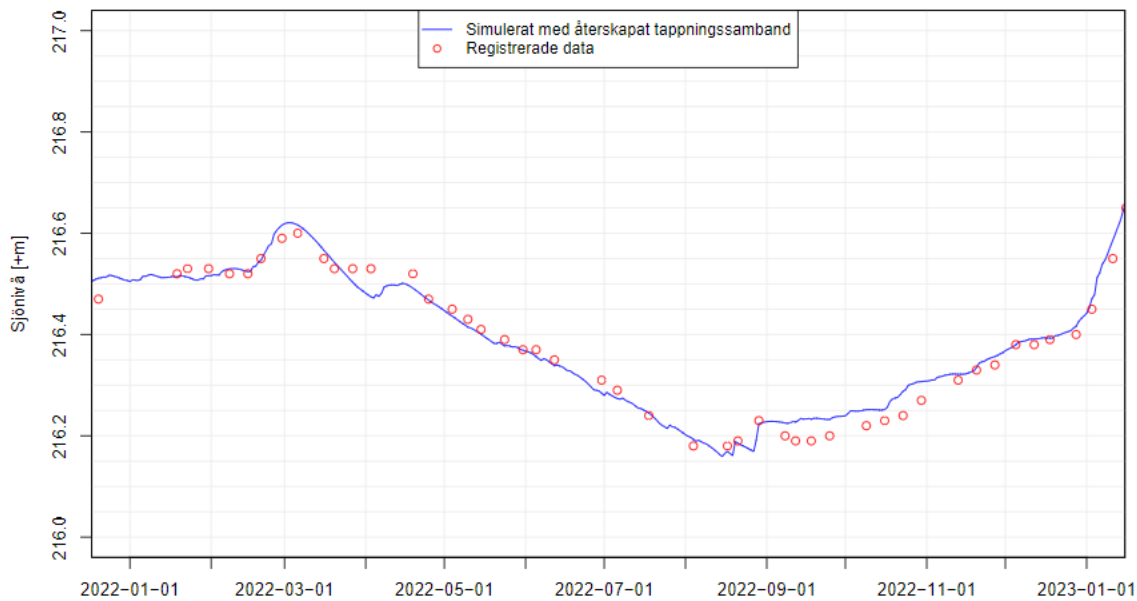
I kapitlet redovisas resultat från simuleringar med olika förhållanden. Simuleringsresultaten redovisas dels som resultat från enskilda år, dels kondenserat ner till statistiska grafer och karaktäristiska tal.

### 5.1 Befintligt förhållande

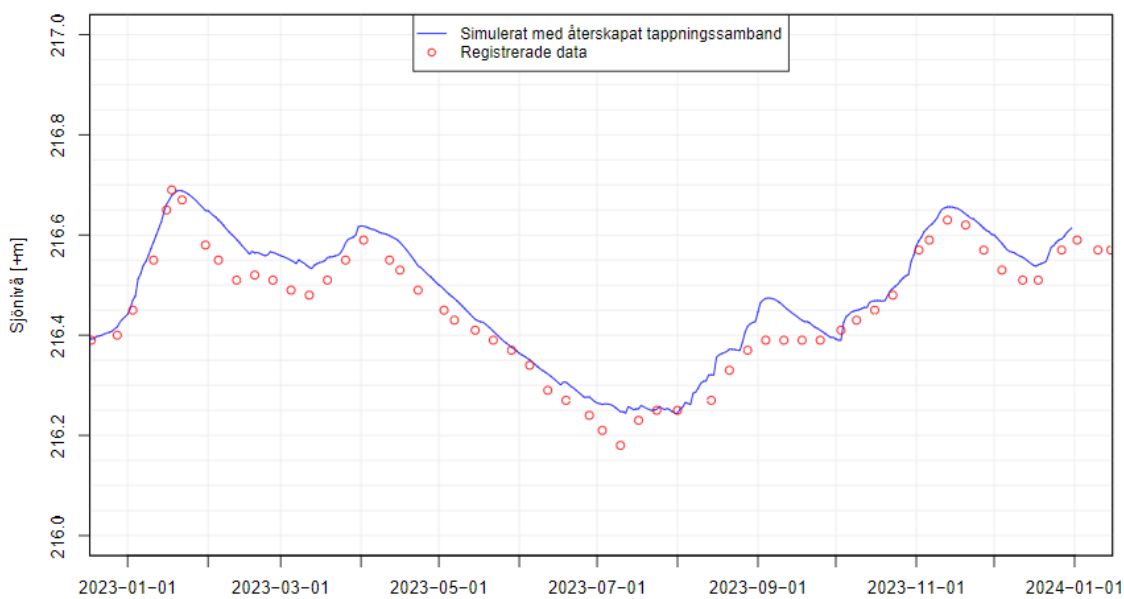
Avbördningssamband för befintliga förhållande har kalibrerats in med hjälp av uppmätta sjönivåer. Det kalibrerade avbördningssambandet framgår av Figur 6. Kalibrering har i huvudsak genomförts genom att söka bra passning mellan simulerade sjönivåer och registrerade sjönivåer, se resultat i Figur 8 och 9. Vid kalibreringen har tillrinningsdata framtagna av Sweco använts då denna dataserie bedömdes ge minst risk för att överskatta lågvattenföringarna, se avsnitt 4.4.



**Figur 7.** Kalibrerat avbördningssamband för att återskapa befintliga förhållanden. I grafen redovisas även uppmätta flöden och sjönivåer år 2024. Observera att mätvärdet med näst lägst sjönivå, nära +216,3 m i diagrammet bedöms som osäkert.

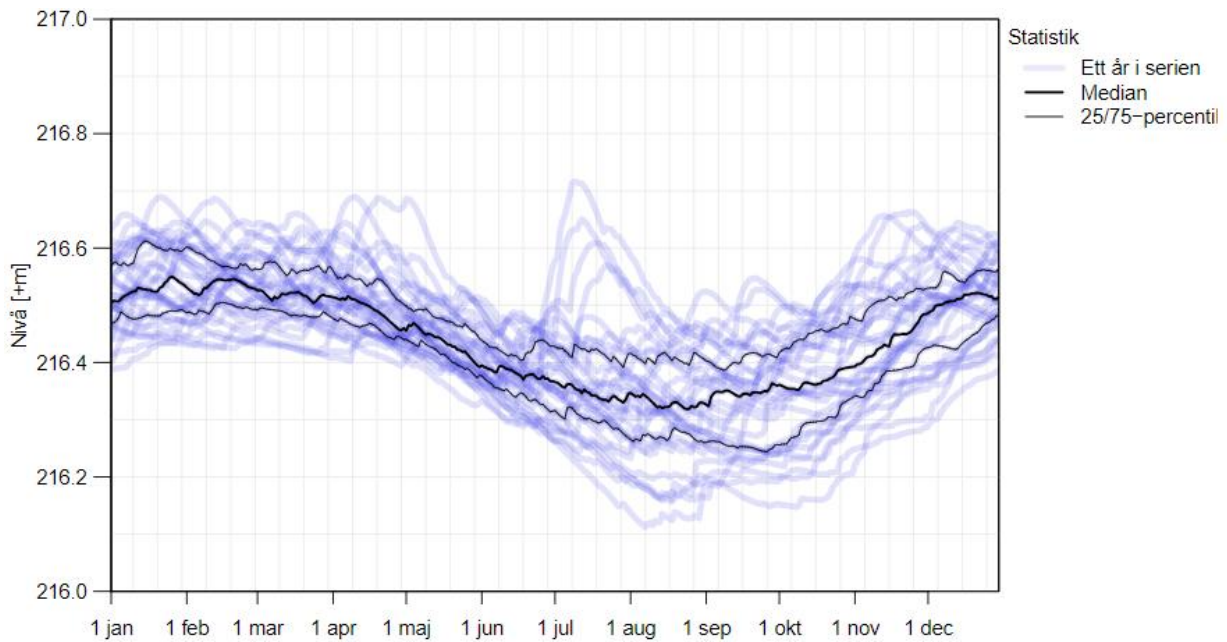


**Figur 8.** Simuleringsresultat, befintliga förhållanden, jämfört med registrerade mätningar av sjönivån (2022)

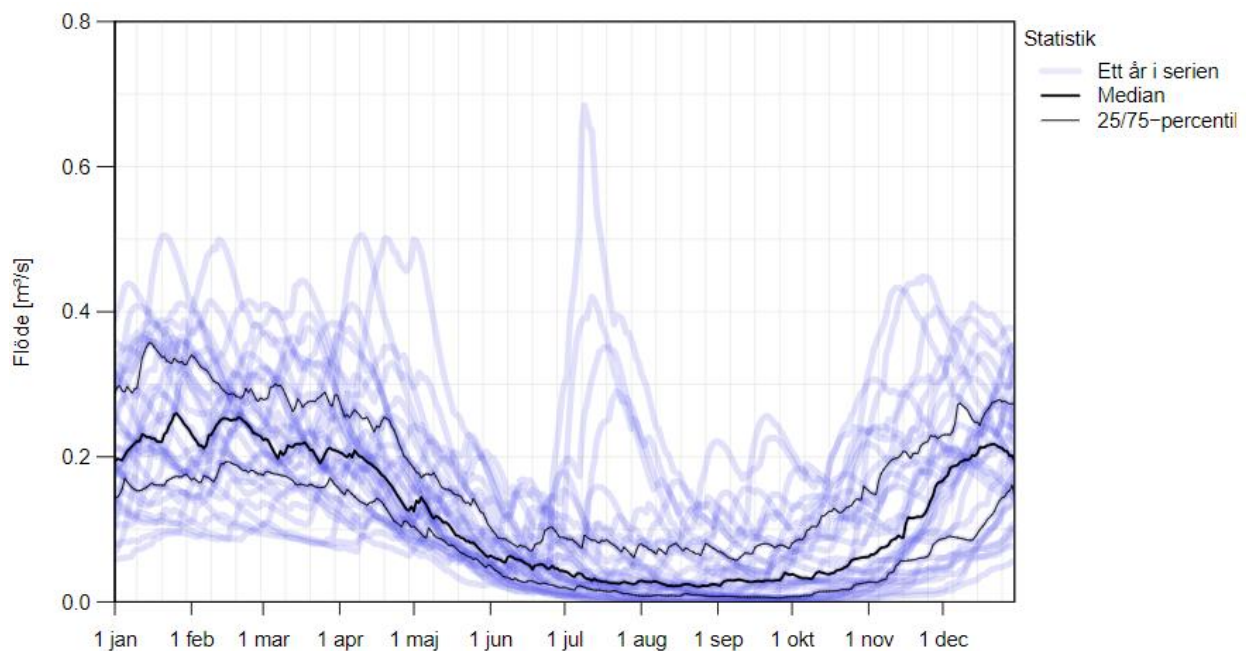


**Figur 9.** Simuleringsresultat, befintliga förhållanden, jämfört med mätningar av sjönivån (2023)

Resultatet från simulering av befintliga förhållanden med det kalibrerade avbördningssambandet redovisas i Figur 10 och 11 nedan i form varje års beräknade flöden och nivåer tillsammans med statistik.



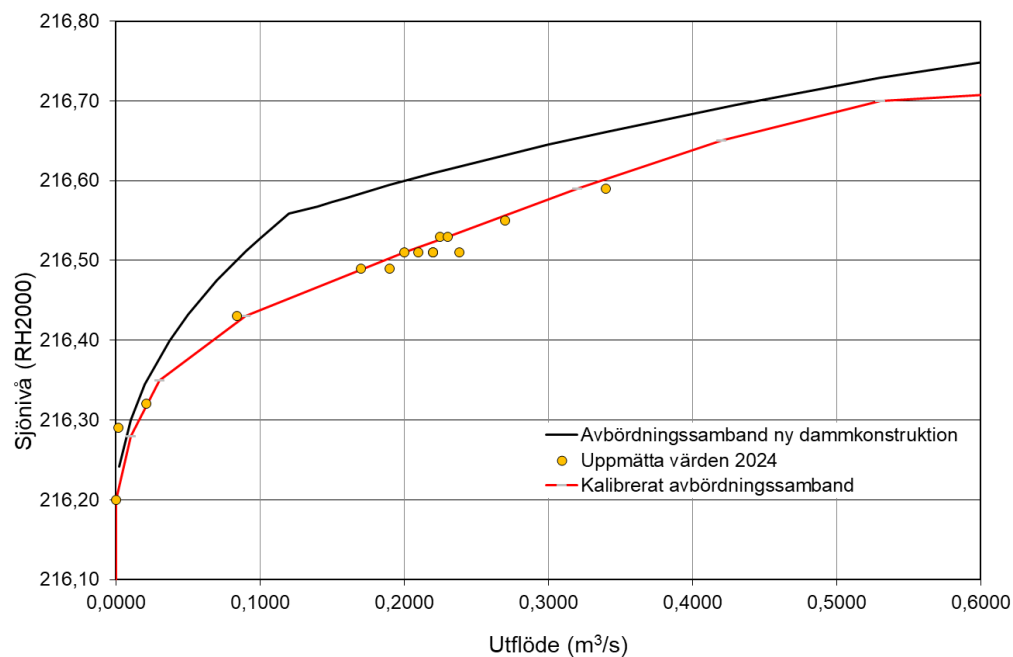
**Figur 10.** Statistik för beräknad sjönivå från simulering av befintliga förhållanden, samtliga år under perioden år 1991–2023.



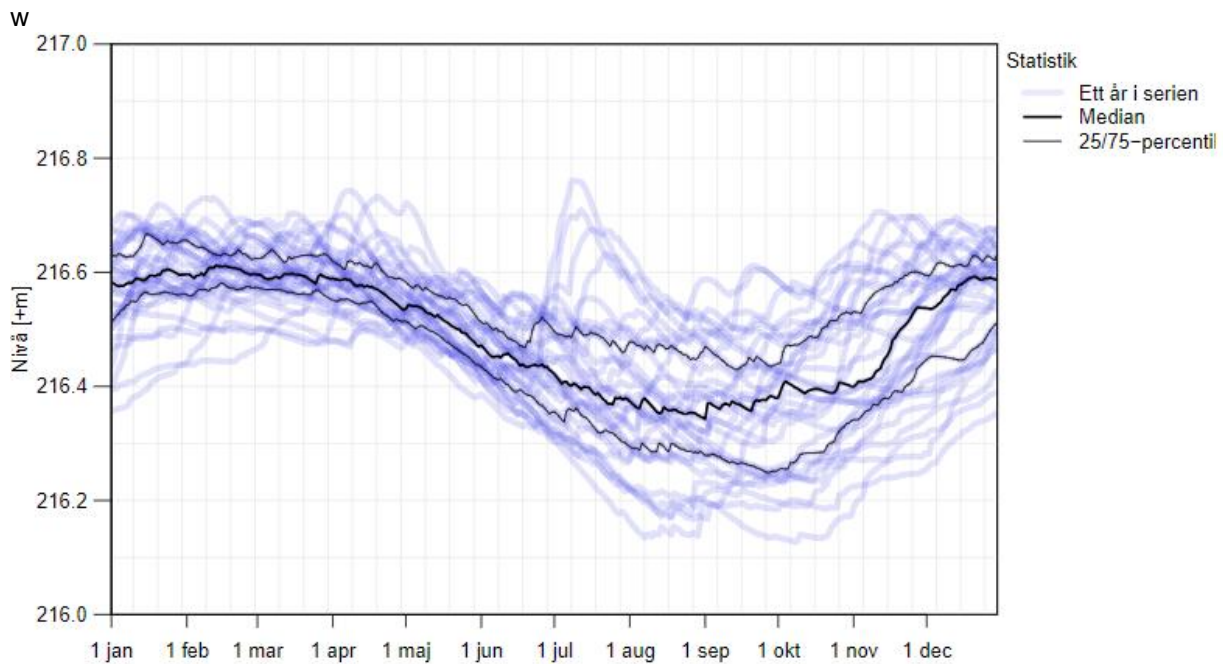
**Figur 11.** Statistik för beräknat flöde ut från Försjön från simulering av befintliga förhållanden, samtliga år under perioden år 1991–2023.

## 5.2 Ny dammkonstruktion och vattenuttag

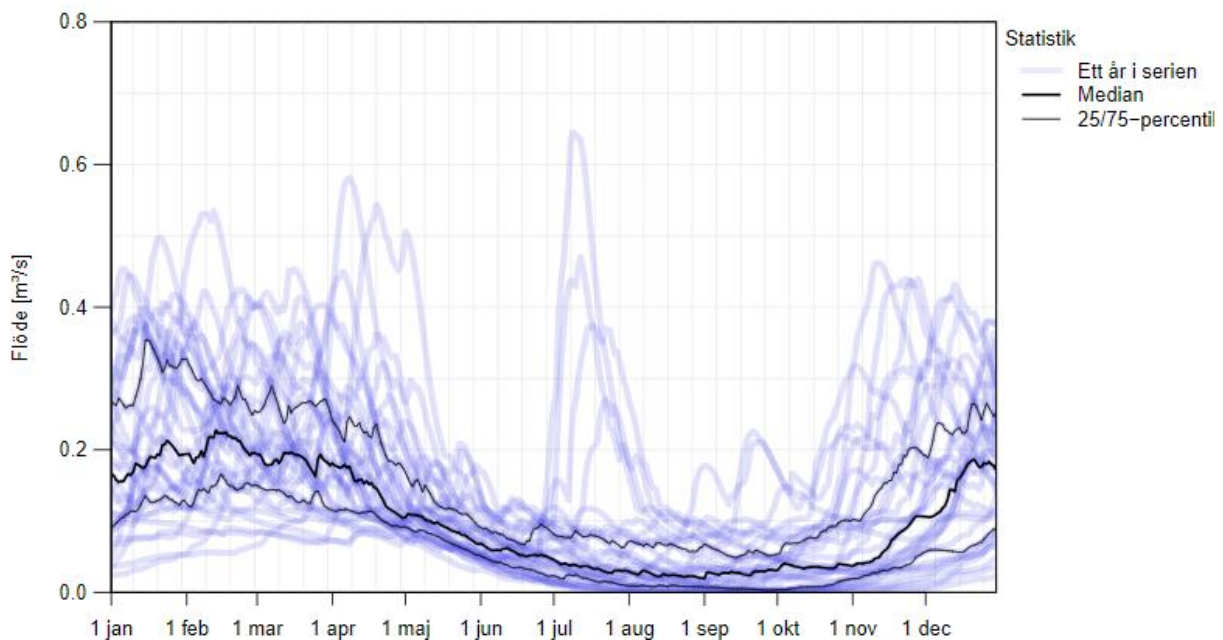
Förslag för en ny dammkonstruktion vid utloppet av Försjön har tagits fram i en förstudie (Sweco, 2025). Den föreslagna dammkonstruktionen innefattar en fast konstruktion utan rörliga element som luckor och har därmed ett fast avbördningssamband. Avbördningssambandet visas i Figur 12 och är det som är tillämpats vid simuleringar. Statistik över simuleringsresultat gällande nivå i Försjön samt flöde ut från Försjön redovisas i Figur 13 och 14.



**Figur 12.** Framtagen tappningsställare för att möjliggöra vattenuttag samt kalibrerat avbördningssamband för befintliga förhållanden. I grafen redovisas även uppmätta flöden och sjönivåer år 2024.



**Figur 13.** Statistik för beräknad sjönivå från simulering med föreslagen tappningsställare och kontinuerligt uttag om 16 l/s



**Figur 14.** Statistik för beräknat flöde ut från Försjön från simulering med föreslagen tappningsställare och kontinuerligt uttag om 12,5 l/s (normaluttag), samtliga år under perioden år 1991–2023.

### 5.3 Karaktäristiska tal

I Tabell 5 redovisas karaktäristiska tal för flödet ut från Försjön. Både resultat från SMHI:s modelleringar samt modellering genomförd i denna utredning redovisas. Motsvarande karaktäristiska tal för sjönnivån i Försjön visas i Tabell 6.

**Tabell 5.** Jämförelse av karaktäristiska vattenföringar beräknade med HBV-modellen (SMHI, 2022) samt S-HYPE (SMHI, 2024) och simulerade beräkningar, med och utan uttag. HQ5 och HQ50 avser statistiskt beräknade värden på högvattenföringar med återkomsttiden 5 år respektive 50 år.

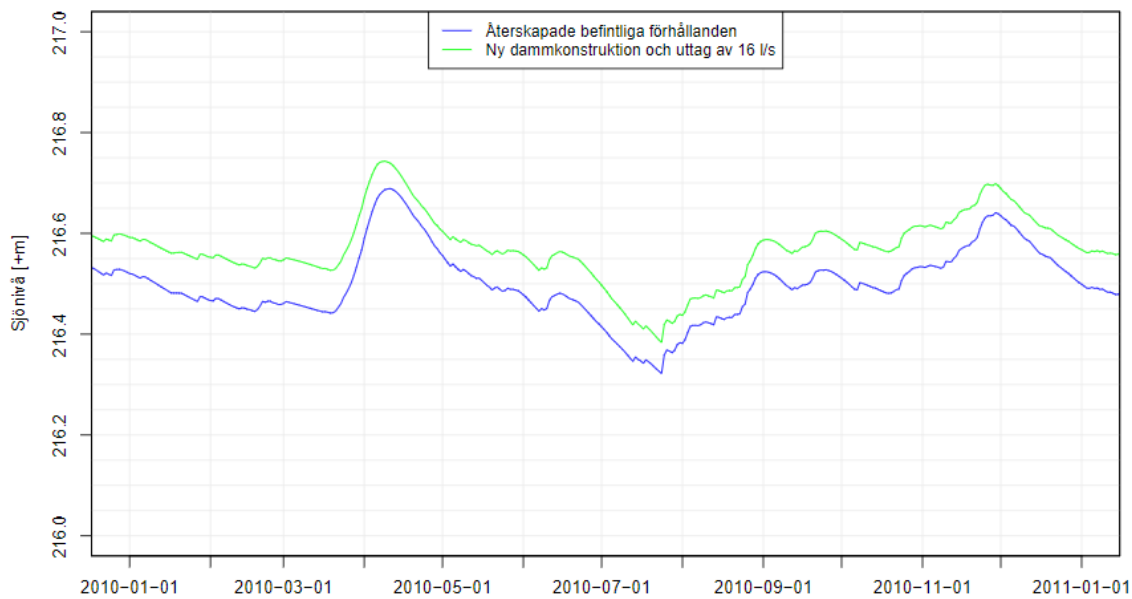
	SMHI S-HYPE 1991–2020 (l/s)	SMHI HBV-modell 1962–2021 (l/s)	Sweco Befintligt- förhållande 1991–2023 (l/s)	Sweco Uttag 16 l/s, 1991–2023 (l/s)	Sweco Uttag 12,5 l/s, 1991–2023 (l/s)
HHQ	-	1350	684	645	655
HQ50	430	-			
HQ5	330	-			
MHQ	290	430	386	393	399
MQ	140	130	138	121	125
MLQ	50	20	14	15	16
LLQ	-	0	0	0	0

**Tabell 6.** Karaktäristiska sjönnivåer baserat på mätningar år 2018, 2021 och 2022–2023 samt simulerade resultat.

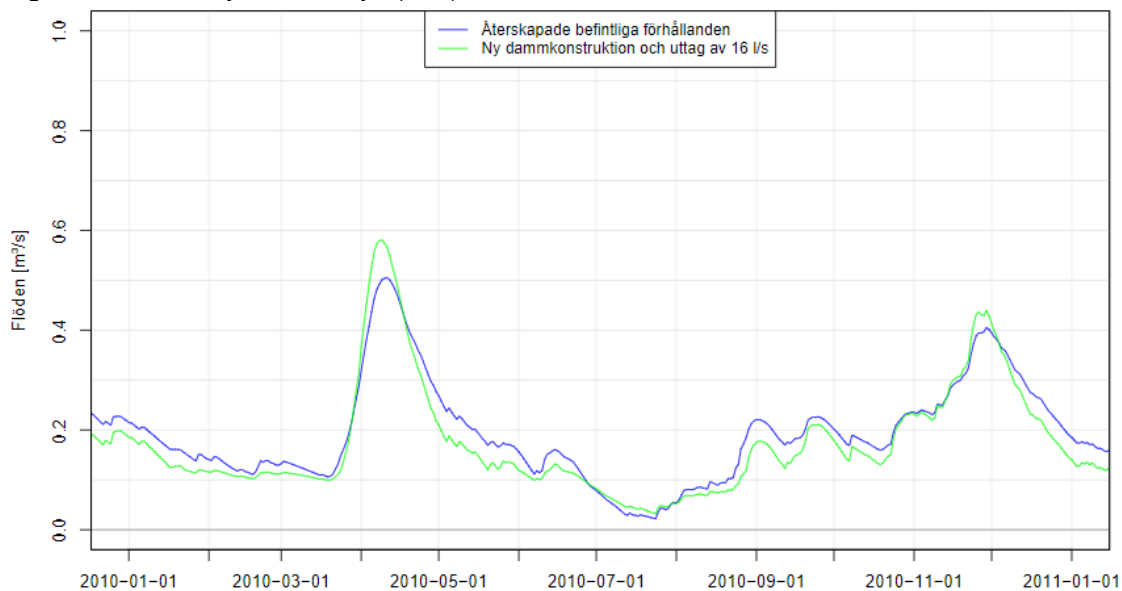
	Försjön Uppmätta nivåer (RH 2000)	Sweco Befintligt- förhållande 1991–2023 (RH 2000)	Sweco Uttag 16 l/s 1991–2023 (RH 2000)	Sweco Uttag 12,5 l/s 1991–2023 (RH 2000)
HHW	+216,69	+216,72	+216,76	+216,76
MHW	+216,58	+216,62	+216,68	+216,68
MW	+216,40	+216,44	+216,49	+216,50
MLW	+216,19	+216,27	+216,29	+216,30
LLW	+216,18	+216,11	+216,13	+216,14

## 5.4 Jämförelse av enskilda år

Simuleringsresultat för befintliga förhållanden samt förhållanden med föreslagen tappningsställare och uttag av råvatten redovisas nedan i årsgrafer. I Figur 15 och Figur 16 redovisas år 2010 (år utan extremvärden, normala förhållanden). Det kan observeras att sjöns nivå generellt ligger högre, vilket är en direkt konsekvens av den föreslagna dammkonstruktionen som innebär en större vattenhushållning än befintliga förhållanden. Det kan också observeras att flödet ut från sjön generellt är något lägre än vid befintliga förhållanden, men blir något högre när sjön stiger högt.

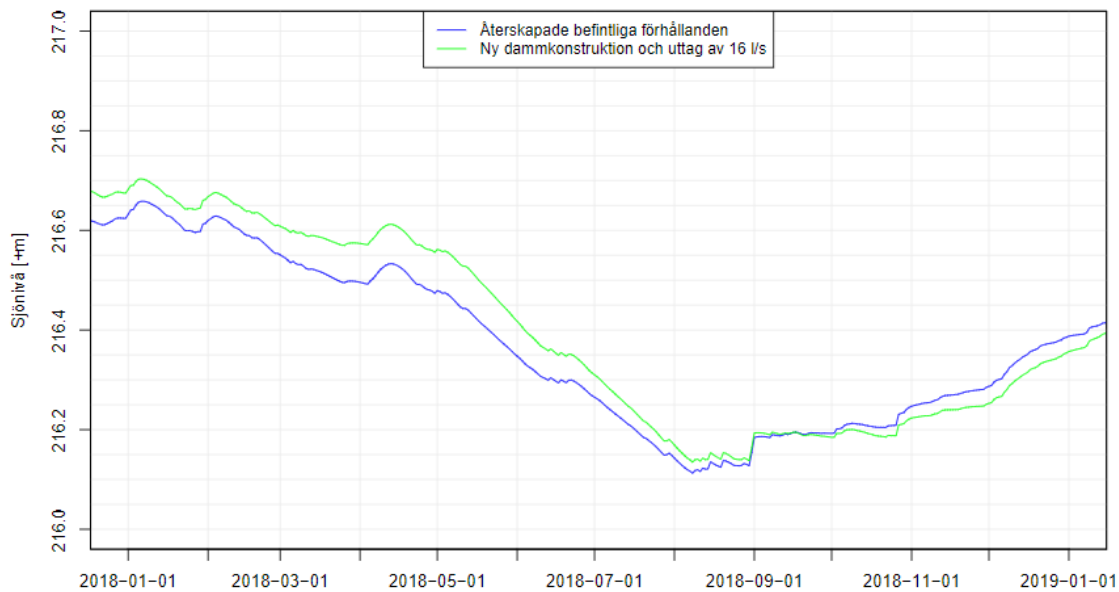


**Figur 15.** Simulerade sjönivåer i Försjön (2010)

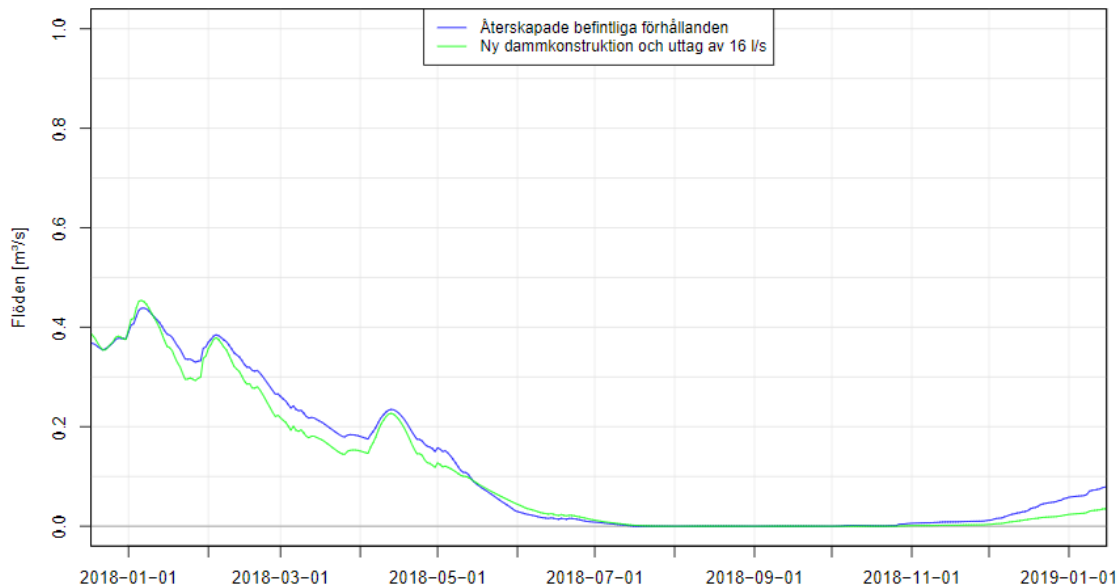


**Figur 16.** Simulerat flöde ut från Försjön (2010)

I Figur 17 och Figur 18 visas resultat från år 2018 som var ett torrt och varmt år med mycket avdunstning under sommarperioden. Simuleringarna visar att tack vare vattenhushållningen så ligger sjönivån högre inför sommarperioden jämfört med befintliga förhållanden, vilket gör att trots uttaget av råvatten så erhålls en högre lägsta beräknade nivå i sjön i simuleringarna med råvattenuttag. För år 2018 blir torrperioden något längre med det kontinuerliga uttaget 16 l/s jämfört med befintliga förhållanden, 93 dagar i stället för 78 dagar. För övriga år när det blir torrläggning är perioden kortare med den framtida regleringen och uttaget 16 l/s.



**Figur 17.** Simulerade sjönivåer i Försjön (2018)



**Figur 18.** Simulerat flöde ut från Försjön (2018)

## 5.5 Förändring av sjötor

Från de karakteristiska sjönivåerna i Tabell 6 framgår att medelvattenståndet respektive medelhögvattenståndet beräknas ökas med ca 5 cm respektive 6 cm vid framtida reglering och uttag av 16 l/s råvatten. Detta medför att strandlinjen längs sjön flyttas uppåt, men hur mycket beror på hur branta eller flacka stränderna är. För att bedöma hur sjöytan och strandlinjerna förändras så har analyser genomförts på Lantmäteriets höjddata. Den höjddata som användes var markhöjdmodell Grid 1+ som är ett grid i rasterformat med 1 meters upplösning och baseras på höjddata från Nationella höjdmodellen (Lantmäteriet, 2025).

Resultatet visar att stränderna kring sjön är övervägande branta och att det blir en liten påverkan. Den totala areaökningen uppgår till någon hektar, vilket motsvarar omkring en halv procents förändring av sjöytan (Tabell 7). Merparten av areaökningen och påverkan på strandlinjerna sker i ett begränsat antal låglänta myr- och våtmarksområden som ansluter till sjön. I bilaga 1-3 redovisas utbredningen av beräknade sjötor.

**Tabell 7.** Förändring av sjöarea vid de karaktäristiska vattenstånden, MW (medelvattenstånd), MHW (medelhögvattenstånd) och HHW (högsta högvattenstånd).

Beräknade värden	Area (ha)	Areaförändring (ha)	Areaförändring (%)
MW +216,44 m	257,1	-	-
MW +216,49 m	258,1	1,1	0,4
MHW +216,62 m	257,1	-	-
MHW +216,68 m	258,1	1,4	0,5
HHW +216,72 m	262,7	-	-
HHW +216,76 m	263,9	1,2	0,5

## 5.6 Torrläggning av utloppet

Antalet tillfällen och dagar där sjöutloppet går torrt i de olika simuleringarna har analyserats och sammanfattas i Tabell 8.

**Tabell 8.** Sammanställning av torrläggning av utloppet.

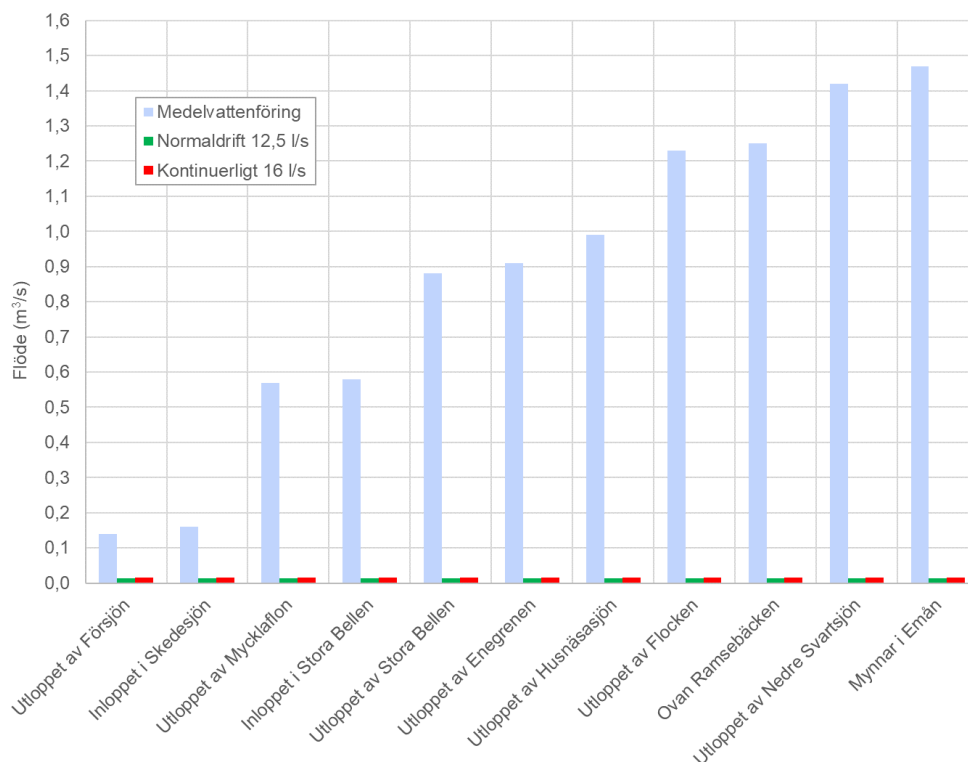
	Simulerat, befintliga förhållanden	Simulerat, föreslagen dammkonstruktion och uttag av 16 l/s	Simulerat, föreslagen dammkonstruktion och uttag av 12,5 l/s
Antal år där torrläggning sker	5 av 33 år	5 av 33 år	5 av 33 år
Totalt antal dagar med torrlagt utlopp	262 dagar	244 dagar	134
Medellängd på torrläggningsperiod	52 dagar	49 dagar	27 dagar
Andel av all tid	2,2 %	2,0%	1,1 %

## 5.7 Minskat flöde

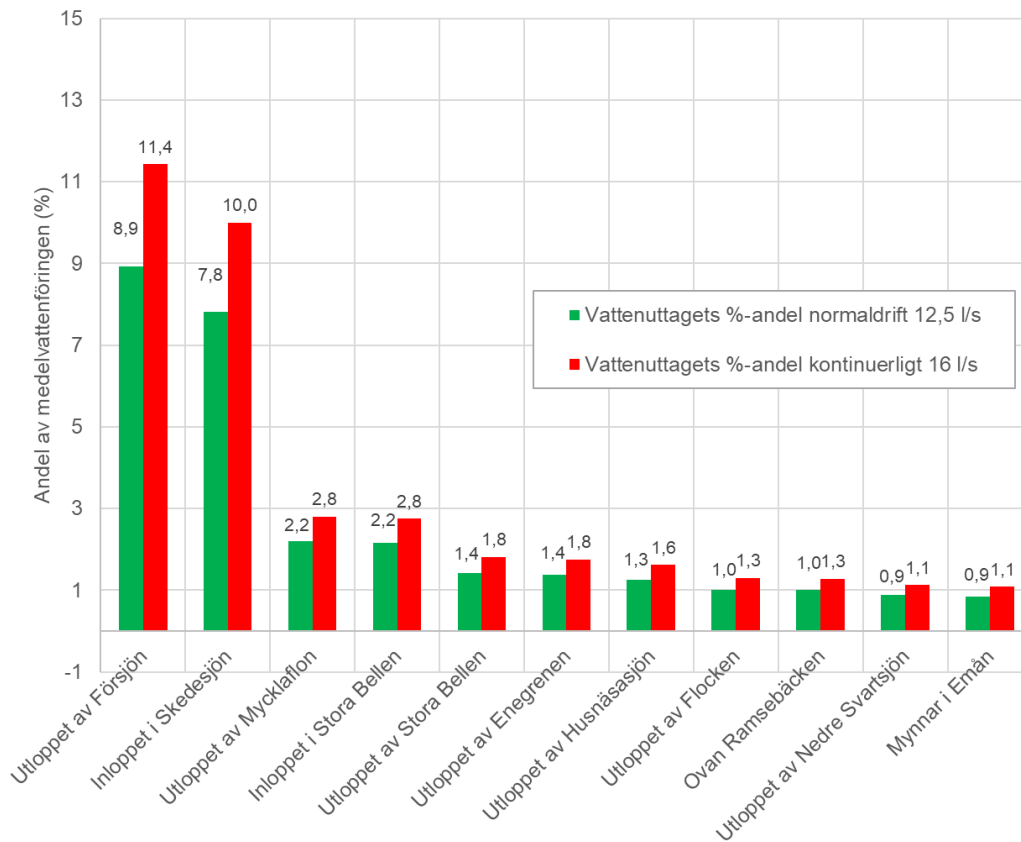
Den beräknade påverkan på medelvattenföringen nedströms Försjön vid normaldrift (uttag 12,5 l/s) redovisas i Figur 19 och 20 nedan. Även påverkan vid ett kontinuerligt uttag på 16 l/s redovisas i Figur 19 och 20 (det sökta uttaget kommer dock att uppgå till 15 l/s i medeltal).

Vid inloppet till Skedesjön, strax nedströms Hult, är påverkan på medelvattenföringen störst med en minskning på knappt 9 % vid normaldrift. Påverkan på medelvattenföringen minskar succesivt längre nedströms p.g.a. ökad avrinning och är som minst där vattendraget (Pauliströmsån) mynnar i Emån (knappt 1 %).

Av Figurerna 19 och 20 kan utläsas att påverkan minskar stegvis vid utloppen av de stora sjöarna Mycklaflon, Stora Bellen och Flocken samt Nedre Svartsjön.



**Figur 19.** Jämförelse mellan medelvattenföring och normaldriftsuttaget 12,5 l/s samt kontinuerligt uttag 16 l/s för olika platser längs vattendraget mellan Försjön och Jämforsen.



**Figur 20.** Procentuella andel av medelvattenföringen vid normaldrift (12,5 l/s) samt kontinuerligt uttag 16 l/s vid olika platser längs vattendraget mellan Försjön och Järnforsen.

## 5.8 Hydrologisk regim

Resultatet av klassificering av hydrologisk regim visas i Tabell 9–12.

**Tabell 9.** Parametrar i hydrologisk regim för Försjön

Parameter	Befintliga förhållanden	Föreslagen dammkonstruktion och uttag av 16 l/s
Vattenståndsvariation i sjön [cm]	Hög	Hög
Avvikelse i vintervattenstånd [cm]	Hög	Hög
Avvikelse i sommarvattenstånd [cm]	Hög	Hög
Vattenståndets förändringstakt [%]	Hög	Hög

**Tabell 10.** Parametrar i hydrologisk regim i vattendraget strax nedströms om Försjön

Parameter	Befintliga förhållanden	Föreslagen dammkonstruktion och uttag av 16 l/s
Volymavvikelse i vattendrag [%]	Hög	God
Flödets förändringstakt [%]	God	God

**Tabell 11.** Parametrar i hydrologisk regim för Mycklaflon.

Parameter	Befintliga förhållanden	Föreslagen dammkonstruktion och uttag av 16 l/s
Vattenståndsvariation i sjön [cm]	Hög	Hög
Avvikelse i vintervattenstånd [cm]	Hög	Hög
Avvikelse i sommarvattenstånd [cm]	Hög	Hög
Vattenståndets förändringstakt [%]	Hög	Hög

**Tabell 12.** Parametrar i hydrologisk regim i vattendraget strax nedströms om Mycklaflon

Parameter	Befintliga förhållanden	Föreslagen dammkonstruktion och uttag av 16 l/s
Volymavvikelse i vattendrag [%]	Hög	Hög
Flödets förändringstakt [%]	Hög	Hög

## 5.9 Känslighetsanalys

I ovanstående avsnitt har redovisats resultat från simuleringar med vattenuttag om 16 l/s, vilket är något högre årsmedeluttaget som Eksjö Energi planerar söka tillstånd för (15 l/s är det sökta årsmedeluttaget). Det normala råvattenuttaget bedöms dock uppgå till 12,5 l/s. Detta är den mängd som bedöms tas ut kontinuerligt för att komplettera och avlasta befintlig vattentäkt. Det är därför intressant att se hur omgivningspåverkan blir med detta något lägre uttaget, som är det som sannolikt kommer vara gällande den absoluta majoriteten av tiden. Känslighetsanalys med 12,5 l/s kontinuerligt uttag har genomförts och observationer med detta sammanfattas i nedan punkter:

- Beräknad hydrologisk regim som redovisats i avsnitt 5.7 ändras inte
- I Försjön ökar medelvattennivå (MW), medellågvattennivå (MLW) och lägsta beräknade nivå (LLW) med ca 1cm

- Antal år med torrläggning blir fortsatt 5 av 33 år, men det totala antalet dagar sjunker till 134 i stället för 244

Om det erhålls ett tillstånd som medger 15 l/s som maximalt årsmedeluttag och 25 l/s som maximalt uttag, kan Eksjö Energi potentiellt ta hela sitt råvattenbehov (25 l/s) från Försjön under tre månader (90 dygn) och halva behovet (12,5 l/s) resterande månader på året. Detta skulle kunna vara aktuellt vid till exempel planerade eller plötsliga leveransavbrott i dricksvattenförsörjningen från Norra Vixen. För att bedöma omgivningspåverkan vid uttag av 25 l/s har genomförts simuleringar med olika kombinationer av tre månader på året (enkel känslighetsanalys). Notera att det då är testat att ett högre uttag sker tre månader per år, varje år. Det är osannolikt det blir aktuellt att tillämpa ett högre uttag så frekvent. Observationerna från känslighetsanalyserna sammanfattas i nedan punkter:

- Beräknad hydrologisk regim som redovisats i avsnitt 5.7 ändras inte för någon av de genomförda analyserna
- Om det högre uttaget sker under vinterhalvåret där tillrinningen är högre, så minskas tiden som utloppet blir torrlagt
- När det högre uttaget sammanfaller med sommarmånader under ett torrt år ger det störst påverkan och skillnad jämfört med kontinuerligt uttag om 16 l/s. För vissa år blir utfallet värre med uttag under våren och sommaren medan för andra år blir utfallet värre med uttag under sensommar. Avsänkningen i sjön har dock inte blivit mer än 1 cm lägre för något av testade fall, jämfört med kontinuerligt uttag om 16 l/s
- När det högre uttaget sammanfallit med sommarmånader under ett torrt år ger det också påverkan på torrläggningsperioderna. Inget av de testade fallen introducerar några nya perioder med torrläggning, utan det är de år som erhåller torrläggning vid kontinuerligt uttag om 16 l/s, som också gör det vid uttaget 25 l/s i tre månader. Som mest ökar medellängden på torrperioderna till 64 dagar i stället för 49, men vid de flesta testade fall är medellängden endast få dagar längre eller kortare.

Det har också gjorts en känslighetsanalys med avbördningssambandet för den föreslagna dammkonstruktionen, men utan uttag av råvatten från sjön. Detta skulle kunna representera ett leveransavbrott, planerat eller plötsligt, från Försjön som gör att produktionen och uttaget stannar upp. Denna känslighetsanalys är också genomförd över hela simuleringsperioden.

Observationer från denna känslighetsanalys sammanfattas i nedan punkter:

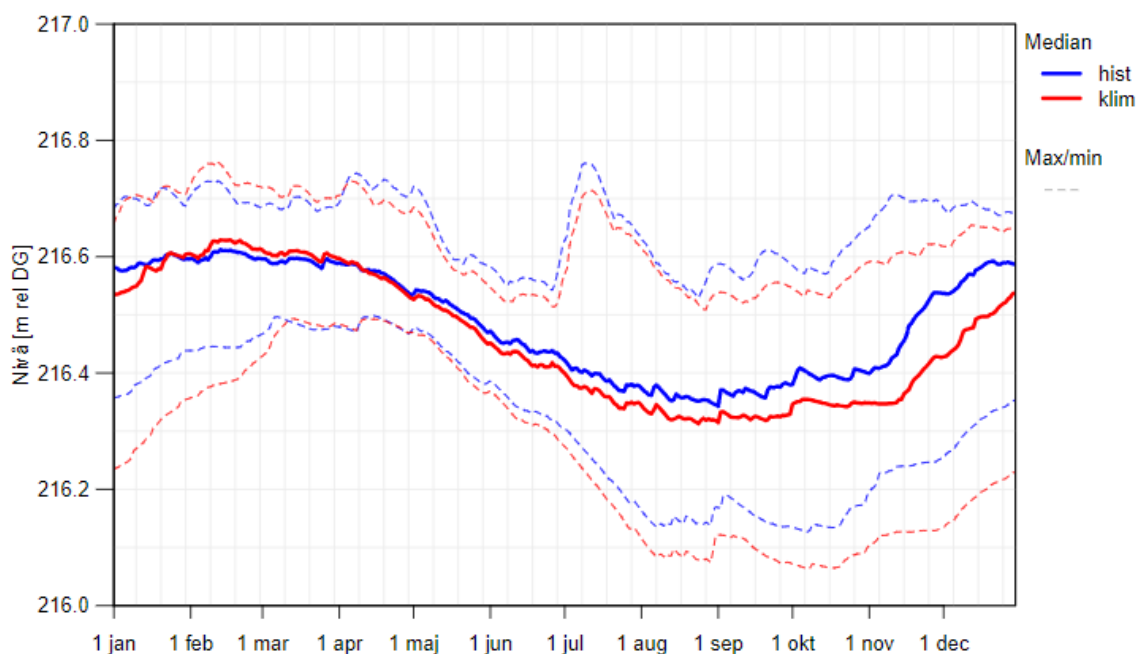
- Beräknad hydrologisk regim för flödets förändringstakt vid Försjöns utlopp, förändras från God till Måttlig. Resultatet är nära gränsen mellan klasserna. I övrigt ändras inte parametrarna från det resultat som redovisats i avsnitt 5.7.
- Torrläggning av utloppet sker 2 av 33 år, i stället för 5 av 33 år med uttag om 16 l/s
- Lägsta beräknade vattenstånd ökar 5 cm, medelvattenståndet ökar 2 cm och högsta beräknade vattenstånd ökar 1 cm, jämfört med uttag om 16 l/s

## 5.10 Klimatförändringar

Underlag för framtida klimatscenarier har inhämtats från SMHI:s fördjupade klimatscenariotjänst som baseras på SMHI:s klimatforskning (SMHI, 2022). Förändrat klimat ger mer tillrinning januari till och med mars, jämfört med historiskt klimat, och mindre tillrinning april till och med december, se kapitel 4.4.

Simulering har genomförts med tillrinningsserier som blivit justerad för framtida klimat, för befintliga förhållanden utan vattenuttag samt för föreslagen dammkonstruktion och råvattenuttag om 16 l/s. Resultaten redogörs här som jämförelse av statistiska sjönivåer (Figur 21), karaktäristiska tal (Tabell 13 och 14) samt statistik gällande torrläggning av sjöutloppet (Tabell 15).

Observera att klimatsimuleringar generellt är förknippade med stora osäkerheter och att den klimatjusterade tillrinningen som använts är en grov ansats.



**Figur 21:** Jämförelse av statistik för beräknad sjönivå från simulering med föreslagen dammkonstruktion och kontinuerligt uttag om 16 l/s vid simulering med tillrinning enligt historiskt klimat respektive framtida klimatscenario (perioden 2071–2100 och utsläppsscenario RCP 8,5).

**Tabell 13. Jämförelse av karaktäristiska sjönivåer.**

Tal	Befintliga förhållanden, historiskt klimat	Befintliga förhållanden, framtida klimat	16 l/s vattenuttag, historiskt klimat	16 l/s vattenuttag, framtida klimat
HHW	+216,72	+216,72	+216,76	+216,76
MHW	+216,62	+216,63	+216,68	+216,68
MW	+216,44	+216,42	+216,49	+216,46
MLW	+216,27	+216,24	+216,29	+216,26
LLW	+216,11	+216,06	+216,13	+216,06

**Tabell 14. Jämförelse av karaktäristiska flöden ut från Försjön.**

Tal	Befintliga förhållanden, historiskt klimat	Befintliga förhållanden, framtida klimat	16 l/s uttag, historiskt klimat	16 l/s uttag, framtida klimat
HHQ	684	690	645	650
MHQ	386	393	393	396
MQ	138	124	121	106
MLQ	14	10	15	10
LLQ	0	0	0	0

Som förväntat visar simulering med förändrat klimat att sjönivån i Försjön under sommaren generellt blir lägre till följd av torrare sommarperioder med mer avdunstning. Medianen för vattenståndet sommartid sänks ungefär en halv decimeter och detsamma gäller lägsta beräknade vattenstånd i sjön. Vidare kan ses att på grund av en lägre tillrinning under hösten så tar det längre tid för sjön att återhämta sig upp till högre nivå efter sommaren. Under februari – mars blir sjönivån generellt något högre till följd av högre tillrinning i denna period.

Längre sommarperioder med mer avdunstning ger större risk för torrläggning av Försjöns utlopp. Vid simulering av framtida klimat ökar antalet tillfällen som utloppet blir torrlagt, se Tabell 15. Det kan konstateras att antal tillfällen och medellängden på dem ökar ungefär lika mycket vid simuleringen för befintliga förhållanden och simulering med dammkonstruktion och vattenuttag om 16 l/s. Vid simulering av framtida klimat och det bedömda normalvattenuttaget, 12,5 l/s, blir antalet tillfällen med torrläggning av utloppet och längden på dem något färre och kortare, jämfört med simulering av befintliga förhållanden och framtida klimat.

**Tabell 15.** Sammanställning av torrläggning av utloppet vid simulering av historiskt respektive framtida klimat

	Befintliga förhållanden, historiskt klimat	Befintliga förhållanden, framtida klimat	16 l/s vattenuttag, historiskt klimat	16 l/s vattenuttag, framtida klimat	12,5 l/s vattenuttag, historiskt klimat	12,5 l/s vattenuttag, framtida klimat
Antal år	5 av 33 år	10 av 33 år	5 av 33 år	11 av 33 år	5 av 33 år	8 av 33 år
Totalt antal dagar	262	587	244	625	134	508
Andel av all tid	2,2 %	4,9 %	2,0%	5,2 %	1,1 %	4,2%

## 6 Diskussion

Den upprättade regleringsmodellen för Försjön är i grunden en vattenbalansmodell som hanterar tillrinning, magasinering samt uttag och utflöde, dag för dag. Regleringsmodellen bygger på gjorda bedömningar av utloppets avbördning och viss osäkerhet i indata, till exempel beräknad tillrinning och sjöns magasineringsförmåga. Regleringsmodellen kan efter kalibrering av avbördningssambandet på ett bra sätt simulera och återskapa de senaste årens observerade sjönivåer.

Modellen bedöms därför som tillräckligt tillförlitlig för att kunna användas för bedömning av hur sjön påverkas vid råvattenuttag och av eventuellt framtida klimatförändringar.

Som underlag för studien fanns två dataserier med beräknad tillrinning. En serie var tidigare framtagen av SMHI för perioden 1962–2021 (SMHI, 2022). Swecos beräknade tillrinning är i grunden tillflöden till Försjön beräknade av SMHI med S-HYPE modellen, men nederbörd och avdunstning har justerats på sjöytan. Swecos beräknade tillrinning inkluderar åren 2022–2023 för vilka sjönivåmätningar finns. Detta är huvudanledningen till att Swecos beräknade tillrinning använts för kalibreringen. En annan anledning är att Swecos tillrinning uppvisar lägre tillrinning vid lågvattenföring. Detta beror sannolikt på att Sweco räknat med större avdunstning på sjöytan, vilket innebär ett konservativt antagande.

Regleringsmodellen innehåller ett antagande om att sjöns yta är konstant och inte ökar med ökad sjönivå. Detta innebär att sjöns magasinering förmåga inte ökar med ökande sjönivå. Detta är ett rimligt antagande då sjöns stränder huvudsakligen är branta. Utbredda svämplan etc. saknas kring sjön. I praktiken kommer dock sjöytan att öka med ökad sjönivå i någon utsträckning. Att fastställa ett samband mellan sjöyta och sjönivå inom hela sjönivåintervallet är en svår uppgift och risk finns att såväl över- som underskatta magasinering förmågan.

Den regleringsstrategi som nu simulerats och som baseras på avbördningen hos föreslagen fast dammkonstruktion innebär att sjönivåerna ligger något högre jämfört med historiska förhållanden. Vatten kommer i större utsträckning att sparas i sjön från perioder med hög tillrinning till perioder med låg tillrinning.

Ett kontinuerligt vattenuttag på 12,5 l/s (normaldrift) är med föreslagen tappningsställare möjligt över tid utan negativ omgivningspåverkan. Perioderna

med nolltappning i utloppet kommer att bli färre och längden på dessa perioder kortare.

Vid ett vattenuttag på 25 l/s (till exempel ett reservvattenuttag) blir antalet perioder med nolltappning och längden på dessa likt de befintliga/historiska förhållandena. Ett kontinuerligt vattenuttag på 25 l/s är dock, enligt simuleringarna med föreslagen tappningsställare, inte möjligt över tid. Det är försämring av klassningen av den hydromorfologiska kvalitetsfaktorn hydrologisk regim som begränsar (parametern volymavvikelse i vattendrag).

Flera simuleringar har gjorts av vattenuttag på 25 l/s under begränsade tider och under olika perioder på året. Beräkningsresultatet visar att det är möjligt att ta ut 25 l/s i cirka tre månader per år utan att det orsakar oacceptabel omgivningspåverkan, oavsett vilken tid på året som uttaget sker. Om uttag görs med ca 25 l/s under 3 månader och ca 12,5 l/s under resterande månader på ett år, medför det ett årsmedeluttag om knappt 16 l/s.

Simuleringar i regleringsmodellen har därför även utförts med ett kontinuerligt vattenuttag som visar att upp till ca 16 l/s är möjligt. Högre kontinuerliga uttag än 16 l/s innebär en risk för försämring av klassningen av hydrologisk regim (parametern volymsavvikelse i vattendrag).

Beräkningsresultatet visar att sjönivåerna ökar med ca 5 cm i genomsnitt med den nya överfallsdammen och vid ett kontinuerligt uttag på 16 l/s. Vid normaldrift med ett uttag på 12,5 l/s och den nya överfallsdammen så ökar sjönivåerna med ytterligare någon centimeter på grund av lägre uttag. Framför allt sker denna förändring inom historiska sjönivåintervallet. Sjönivåer och flöden kommer dock ha stor likhet och följsamhet mot befintliga förhållanden. Förändringen bedöms som liten och kommer inte att gå att fastställa för ett enskilt år utan kan möjligen påvisas statistiskt efter många års driftuppföljning av sjönivåer, flöden och vattenuttag.

Flödet i vattendraget ned till Emåns huvudfåra vid Järnforsen kommer att minska med samma storlek som det genomsnittliga vattenuttaget. Vid normaldrift minskar flödet med 12,5 l/s. Detta är en förenklad och teoretisk beskrivning av omgivningspåverkan då utjämnings effekter i vattendrag och sjöar nedströms Försjön i praktiken kommer att ha stor betydelse för den verkliga påverkan på de hydrologiska förhållandena.

Simulering med ett i framtiden förändrat klimat visar att kraftigare avsänkning av sjön och torrläggning av sjöns utlopp blir vanligare vid befintliga avbördningsförhållanden. Föreslagen regleringsstrategi och framtida normaldrift ger en generell minskning av torrlägningsperioderna jämfört med befintliga förhållanden, också i ett framtiden förändrat klimat. Vid ett kontinuerligt uttag på 16 l/s ökar nolltappningen något jämfört med befintliga förhållanden (ytterligare under 1 år av totalt 33 simulerade år). Kontinuerligt uttag av 16 l/s är dock inte den planerade normaldriften.

Framtida klimatscenerier är generellt att betrakta som osäkra och resultaten ska inte tolkas exakt. Simulering med klimatförändringar ska snarare ses som en typ av känslighetsanalys och ett stresstest av regleringsstrategin.

## 7 Sammanfattning

Regleringsmodellens tillförlitlighet efter kalibrering bedöms som god.

Simuleringar av uttag i den kalibrerade regleringsmodellen visar, med den föreslagna överfallsdammen, att:

- ett vattenuttag vid normaldrift på 12,5 l/s är möjligt
- ett kontinuerligt vattenuttag på 25 l/s är inte möjligt
- ett högsta kontinuerligt vattenuttag på ca 16 l/s är möjligt
- ett maximalt uttag på 25 l/s är möjligt i upp till ca 3 månader per år, givet att ett årsmedeluttag på 16 l/s inte överskrids.

Med "möjligt" avses här att omgivningspåverkan bedöms till acceptabel.

Begränsande är påverkan på hydrologisk regim i vattendraget nedströms Försjön, Smedhemsån.

## 8 Referenser

Ansökan om tillstånd till bortledning av ytvatten för kommunal vattenförsörjning m.m., M 3305-20, daterad 2020-07-08, Nordic law.

Ansökan om tillstånd till bortledning av ytvatten för kommunal vattenförsörjning m.m., M 6042-21, daterad 2021-11-30, Nordic law

Homepage "The R-project" (2024). [www] The R Project for Statistical Computing <<http://www.r-project.org>> hämtad 2024-01-17.

Vattenförsörjning för Eksjö tätort, Översiktlig utredning om nytt uttagsområde, Vatten och samhällsteknik (VoS), 2017-10-26.

Försjön/Hult vattenskyddsområde, Eksjö Energi, Teknisk underlag med avgränsning av vattenskyddsområde och skyddsföreskrifter, Sweco Sverige AB, 2022-02-17.

Söderbygdens vattendomstol 1921-01-08. Utslag givet den 8 januari 1921.

Platsbesök Eksjö Energi och Sweco Sverige, Försjön, 2023-12-05.

Arbetsmaterial, sjönivåmätningar och vattenuttag Hults vattenverk, från Eksjö Energi (Eksjö Energi, 2024)

Lågflöden Försjön, Rapport nr 2022-35, SMHI, 2022-05-05.

Underlag internet Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), <<http://smhi.se>> (2024):

- SMHI A, Vattenwebb – modelldata per område, <https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>
- SMHI B, Vattenwebb – multinedladdning, Nedladdning av S-HYPE-data 1991-2023, <<https://vattenwebb.smhi.se/nadia/>>
- SMHI C, Griddade nederbörds- och temperaturdata – PTHBV, <<https://www.smhi.se/data/ladda-ner-data/griddade-nederbord-och-temperaturdata-pthbv>>
- SMHI D, Fördjupad klimatscenariotjänst, <<https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/fordjupade-klimatscenarier/hyd/-/nederbord/rcp45/2071-2100/year>>

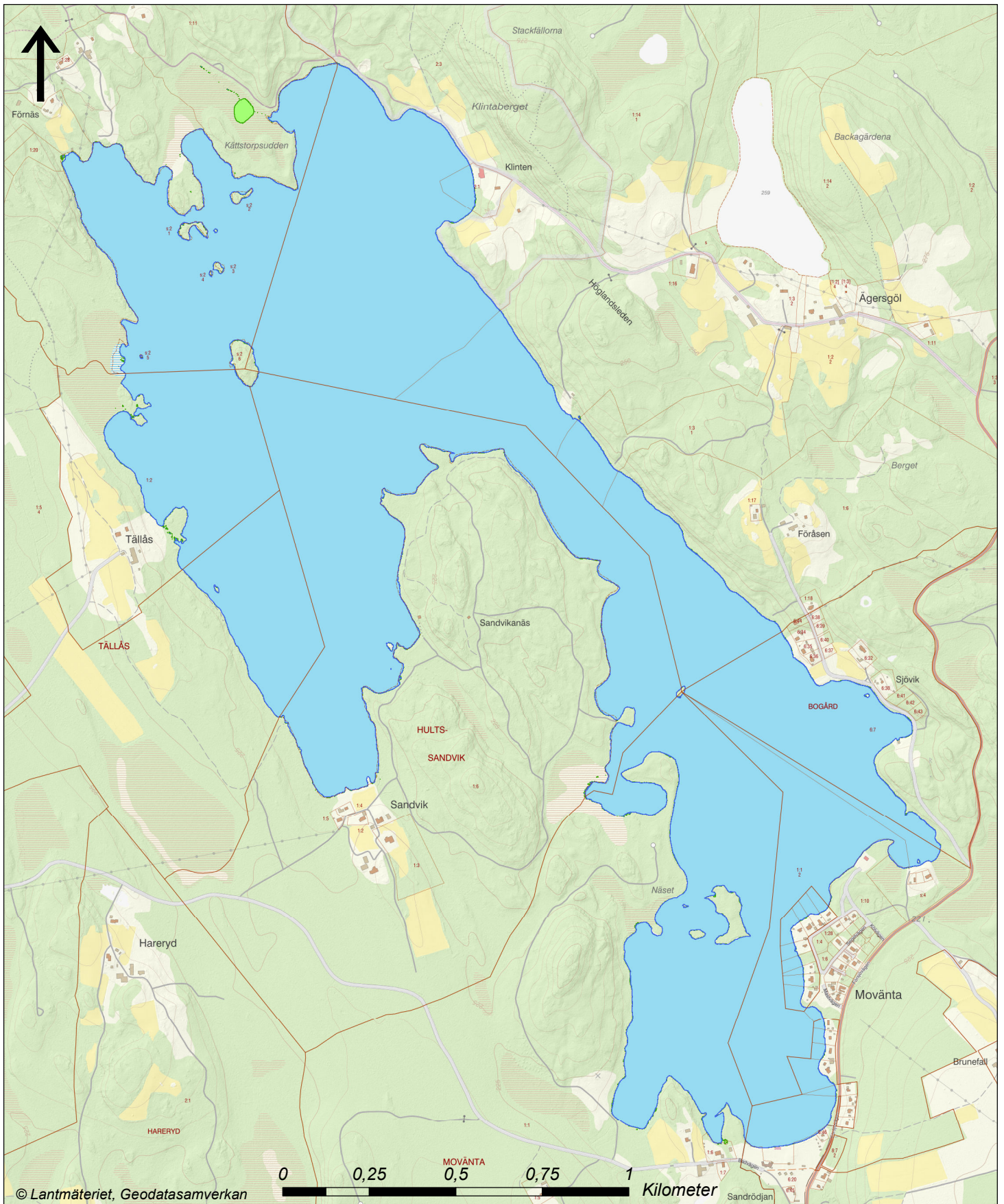
Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten, HVMFS 2013:19, Havs- och vattenmyndigheten (HaV), 2013-07-04, uppdaterad 2019-01-01.

Avbördningsekvationer för sjöar utan vattenföringsmätningar, S. Andersson, (2012) Examensarbete, Institutionen för Geovetenskaper, Luft-, vatten- och landskapslära, Uppsala universitet.

Sjöarea, Scalgo Live <<https://scalgo.com/live>>

Höjddata, markhöjdmodell, grid 1+ Lantmäteriet, 2025-01-17

Förstudie inkl. ritningar – Avbördande tröskel vid Försjöns utlopp, Sweco Sverige AB, 2025-03-31.



## BILAGA 1A

Jämförelse av sjöytor

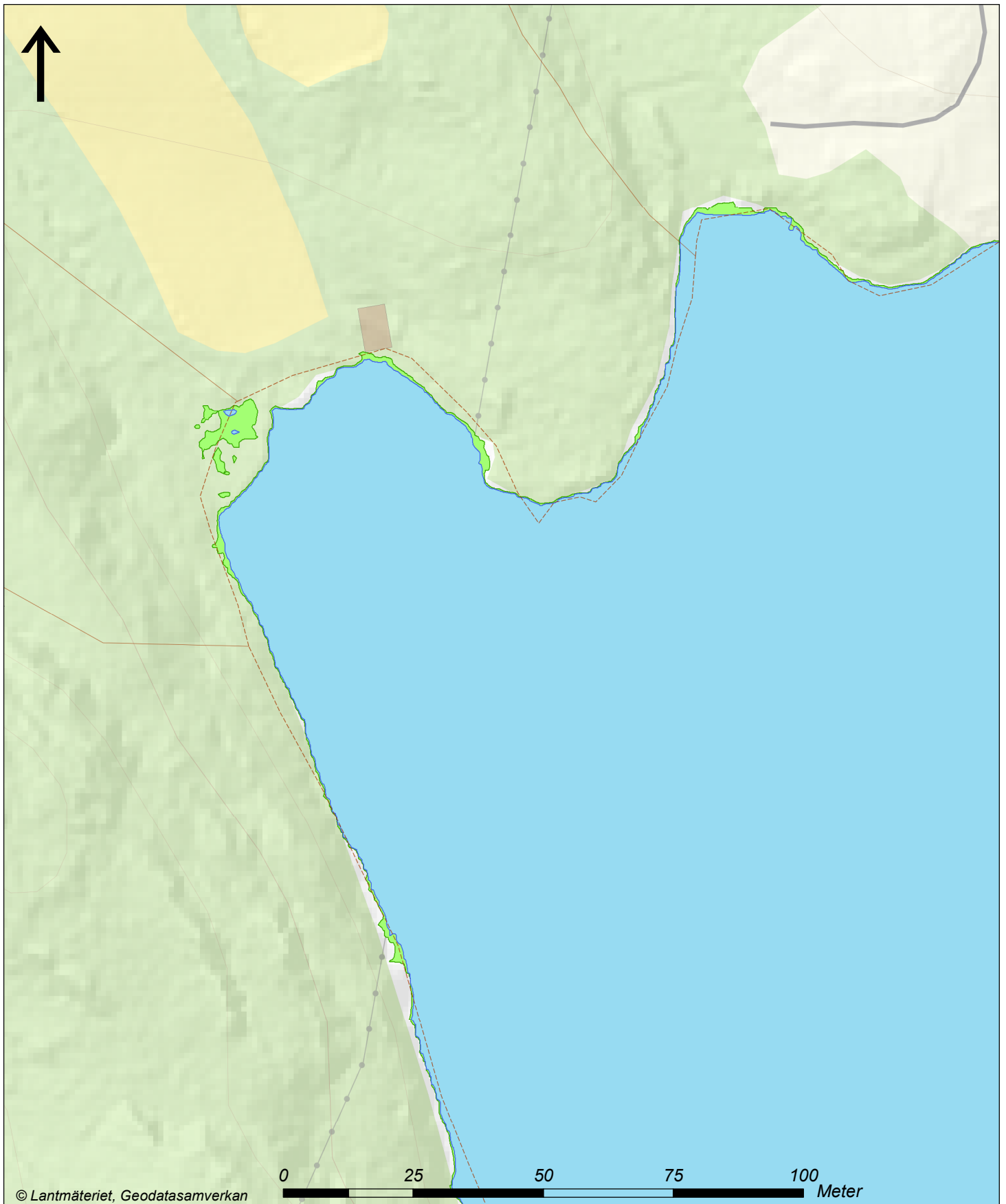
### TECKENFÖRKLARING

- Beräknad sjöyta vid MW, 1991-2023 nuvarande förhållanden
- Tillkommande sjöyta vid MW, framtida reglering och medeluttag 16 l/s

**SWECO**

Parkgatan 2, 553 15 Jönköping  
Växel: 08-695 60 00 Fax: 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Niklas Ekstrand	KONSTR Niklas Ekstrand	
ORT Jönköping	DATUM 2025-02-20	
SKALA 1:15 000	FORMAT A4	REV



## BILAGA 1B

Jämförelse av sjötytor, NV Försjön

### TECKENFÖRKLARING

- Beräknad sjöyta vid MW, 1991-2023 nuvarande förhållanden
- Tillkommande sjöyta vid MW, framtida reglering och medeluttag 16 l/s

**SWECO** 

Parkgatan 2, 553 15 Jönköping  
Växel: 08-695 60 00 Fax: Fax 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Niklas Ekstrand	KONSTR Niklas Ekstrand	
ORT Jönköping	DATUM 2025-02-20	
SKALA 1:1 000	FORMAT A4	REV



## BILAGA 1C

Jämförelse av sjötytor, Movänta, Försjön

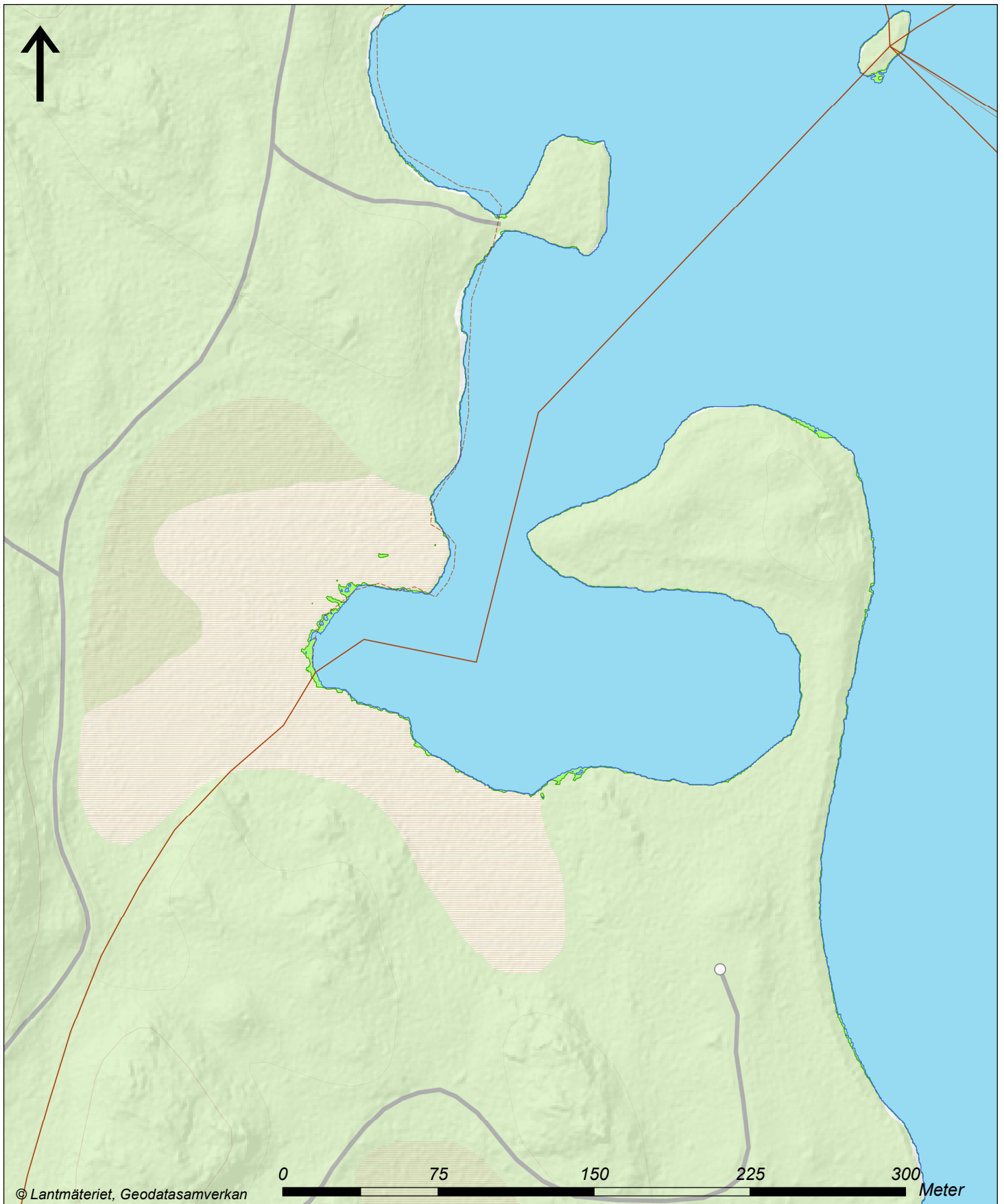
### TECKENFÖRKLARING

- Beräknad sjöyta vid MW, 1991-2023 nuvarande förhållanden
- Tillkommande sjöyta vid MW, framtida reglering och medeluttag 16 l/s

**SWECO**

Parkgatan 2, 553 15 Jönköping  
Växel: 08-695 60 00 Fax: Fax 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Niklas Ekstrand	KONSTR Niklas Ekstrand	
ORT Jönköping	DATUM 2025-02-20	
SKALA 1:2 500	FORMAT A4	REV



## BILAGA 1D

Jämförelse av sjöytor, Våtmark, Forsjön

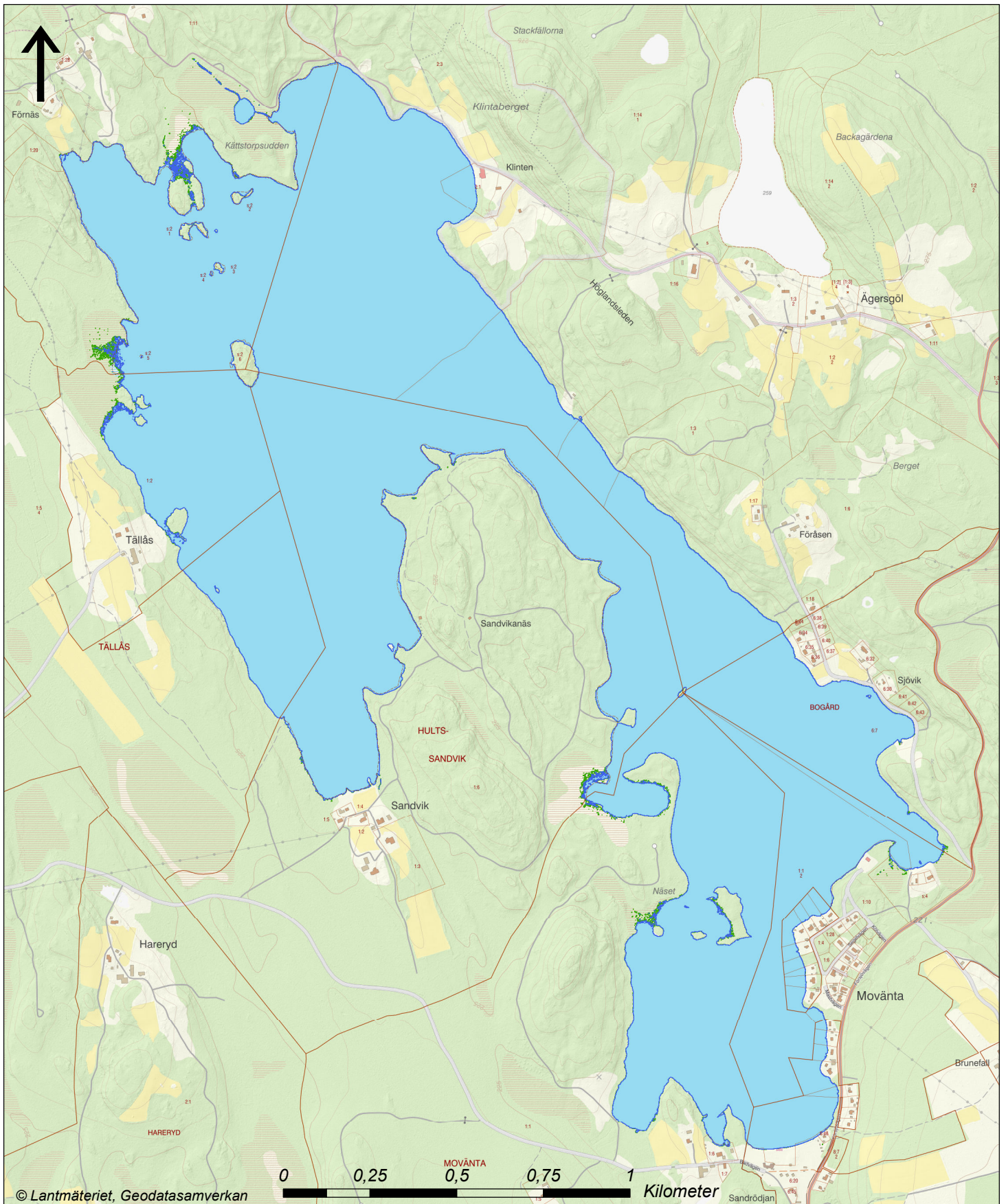
### TECKENFÖRKLARING

- Beräknad sjöyta vid MW, 1991-2023 nuvarande förhållanden
- Tillkommande sjöyta vid MW, framtida reglering och medeluttag 16 l/s

**SWECO**

Parkgatan 2, 553 15 Jönköping  
Växel: 08-695 60 00 Fax: Fax 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Niklas Ekstrand	KONSTR Niklas Ekstrand
ORT Jönköping	DATUM 2025-02-20
SKALA 1:2 500	FORMAT A4
	REV



## BILAGA 2A

Jämförelse av sjöytor

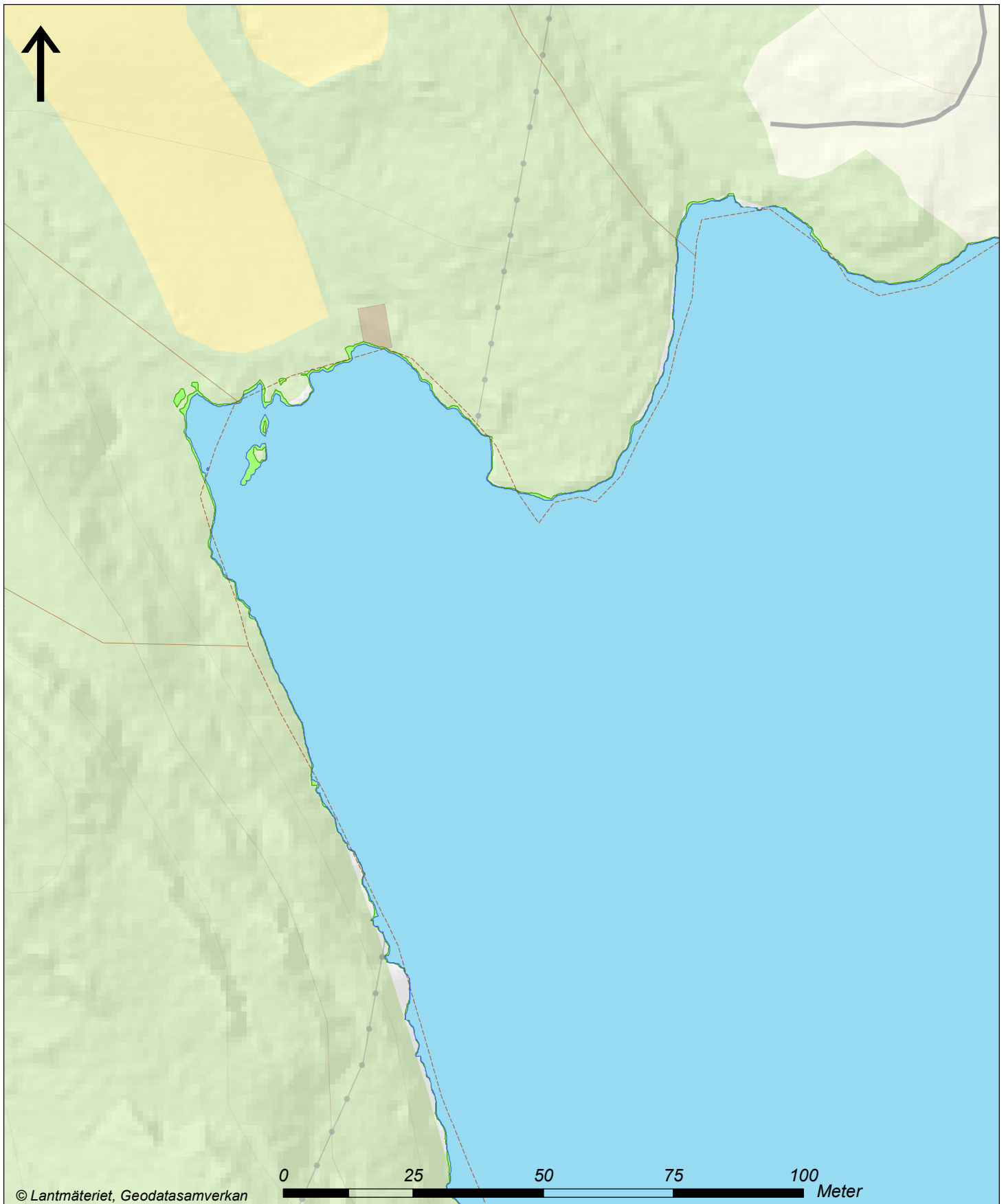
### TECKENFÖRKLARING

- Beräknad sjöyta vid MHW, 1991-2023 nuvarande förhållanden
- Tillkommande sjöyta vid MHW, framtida reglering och medeluttag 16 l/s

**SWECO**

Parkgatan 2, 553 15 Jönköping  
Växel: 08-695 60 00 Fax: Fax 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Niklas Ekstrand	KONSTR Niklas Ekstrand	
ORT Jönköping	DATUM 2025-02-20	
SKALA 1:15 000	FORMAT A4	REV



## BILAGA 2B

Jämförelse av sjötytor, NV Försjön

### TECKENFÖRKLARING

- Beräknad sjöyta vid MHW, 1991-2023 nuvarande förhållanden
- Tillkommande sjöyta vid MHW, framtida reglering och medeluttag 16 l/s

**SWECO**

Parkgatan 2, 553 15 Jönköping  
Växel: 08-695 60 00 Fax: Fax 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Niklas Ekstrand	KONSTR Niklas Ekstrand	
ORT Jönköping	DATUM 2025-02-20	
SKALA 1:1 000	FORMAT A4	REV



## BILAGA 2C

Jämförelse av sjötor, Movänta, Forsjön

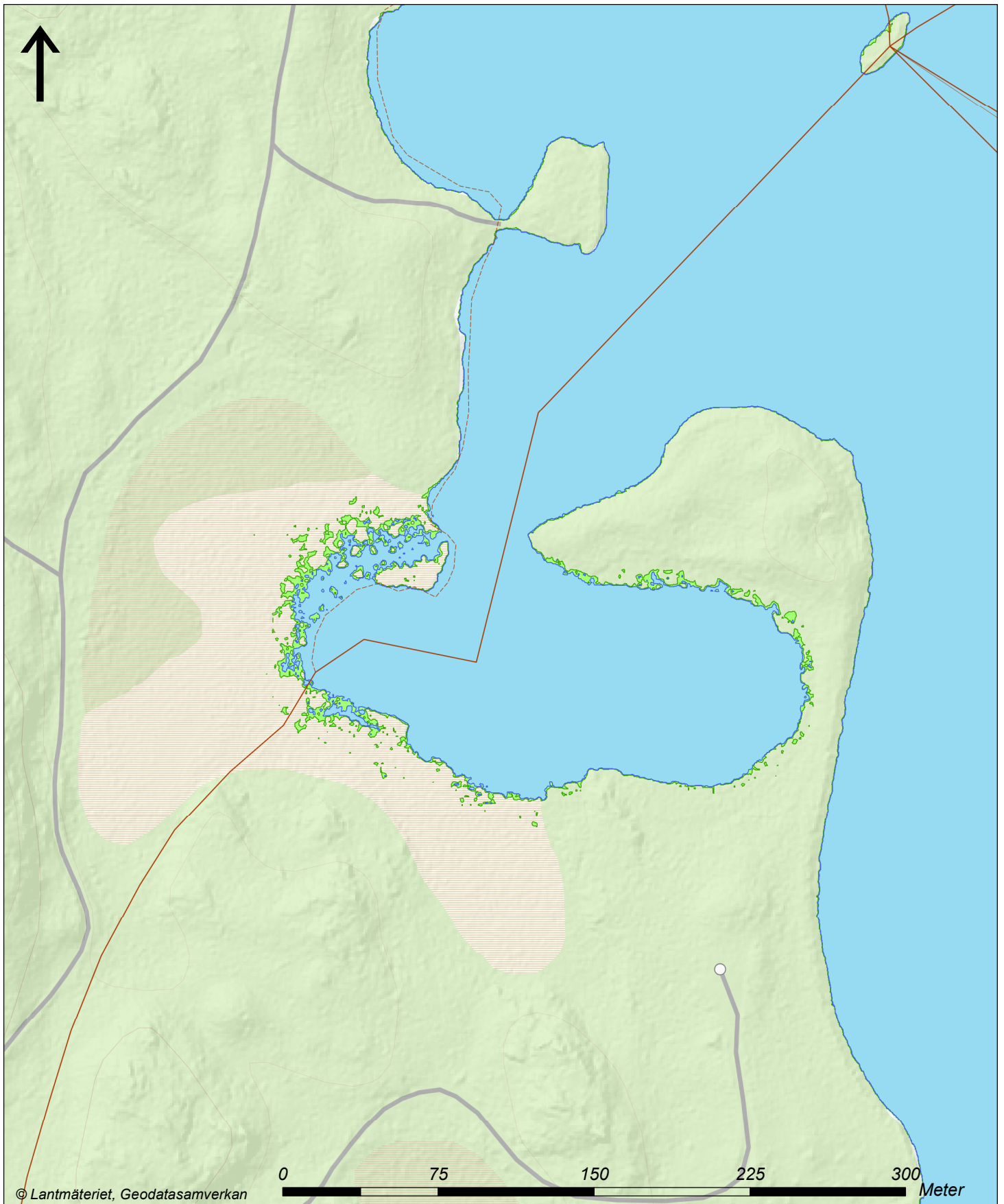
### TECKENFÖRKLARING

- Beräknad sjöyta vid MHW, 1991-2023 nuvarande förhållanden
- Tillkommande sjöyta vid MHW, framtida reglering och medeluttag 16 l/s

**SWECO**

Parkgatan 2, 553 15 Jönköping  
Växel: 08-695 60 00 Fax: Fax 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Niklas Ekstrand	KONSTR Niklas Ekstrand	
ORT Jönköping	DATUM 2025-02-20	
SKALA 1:2 500	FORMAT A4	REV



## BILAGA 2D

Jämförelse av sjöytor, Våtmark, Forsjön

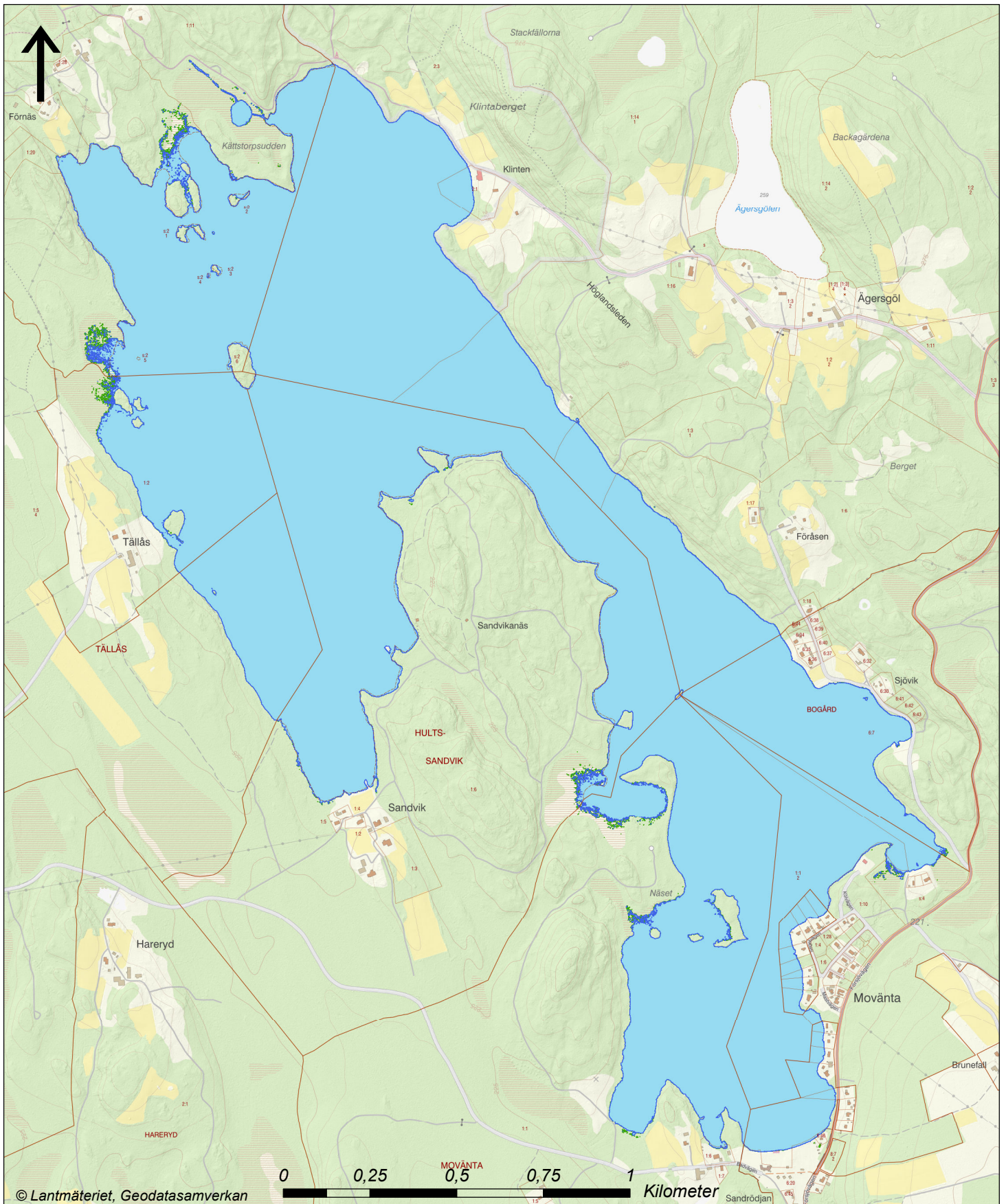
### TECKENFÖRKLARING

- Beräknad sjöyta vid MHW, 1991-2023 nuvarande förhållanden
- Tillkommande sjöyta vid MHW, framtida reglering och medeluttag 16 l/s

**SWECO** 

Parkgatan 2, 553 15 Jönköping  
Växel: 08-695 60 00 Fax: Fax 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Niklas Ekstrand	KONSTR Niklas Ekstrand
ORT Jönköping	DATUM 2025-02-20
SKALA 1:2 500	FORMAT A4
	REV



## BILAGA 3A

Jämförelse av sjöytor

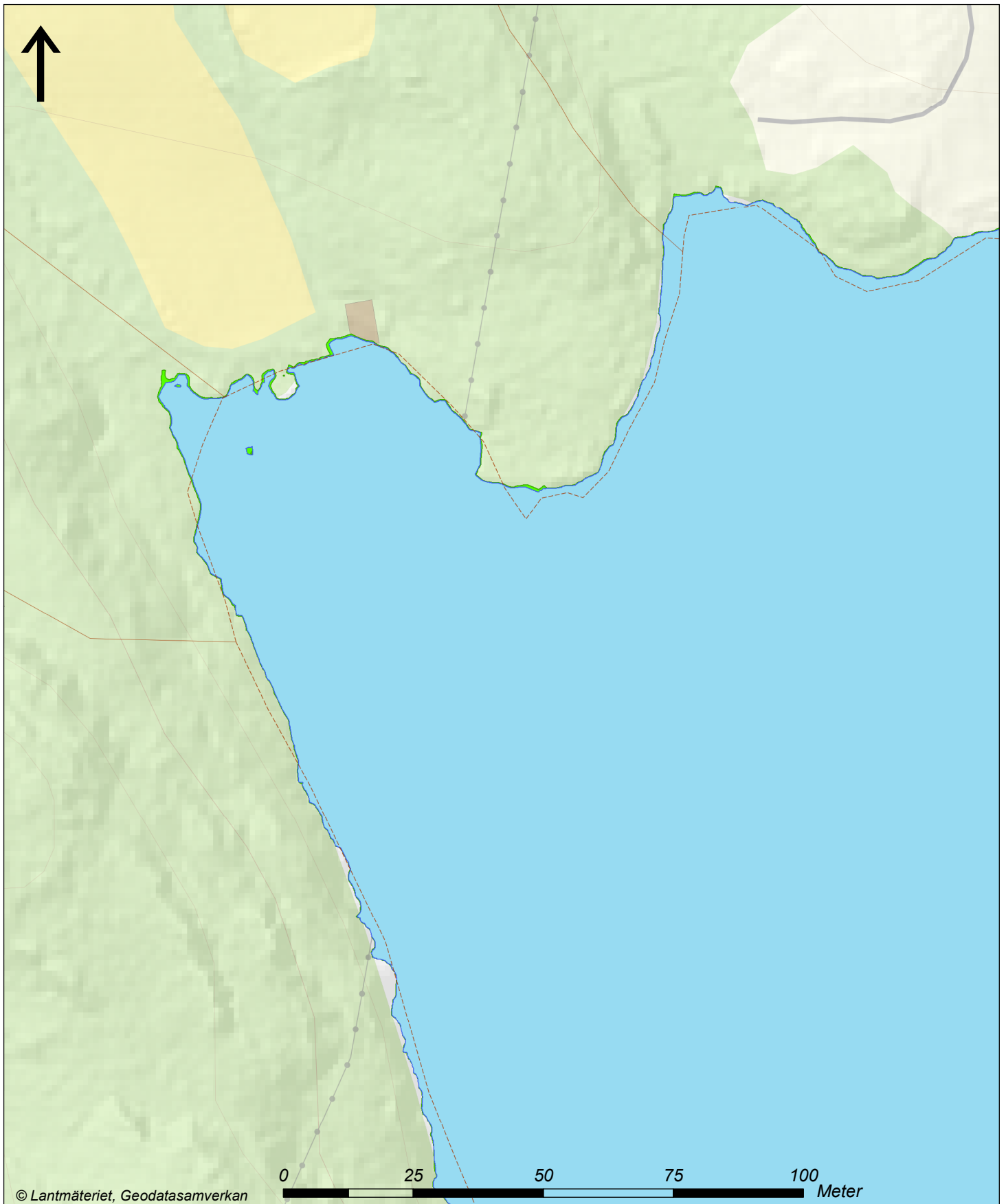
### TECKENFÖRKLARING

- Beräknad sjöyta vid HHW, 1991-2023 nuvarande förhållanden
- Tillkommande sjöyta vid HHW, framtida reglering coh medeluttag 16 l/s

**SWECO**

Parkgatan 2, 553 15 Jönköping  
Växel: 08-695 60 00 Fax: Fax 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Niklas Ekstrand	KONSTR Niklas Ekstrand
ORT Jönköping	DATUM 2025-04-24
SKALA 1:15 000	FORMAT A4
	REV



## BILAGA 3B

Jämförelse av sjöytor, NV Försjön

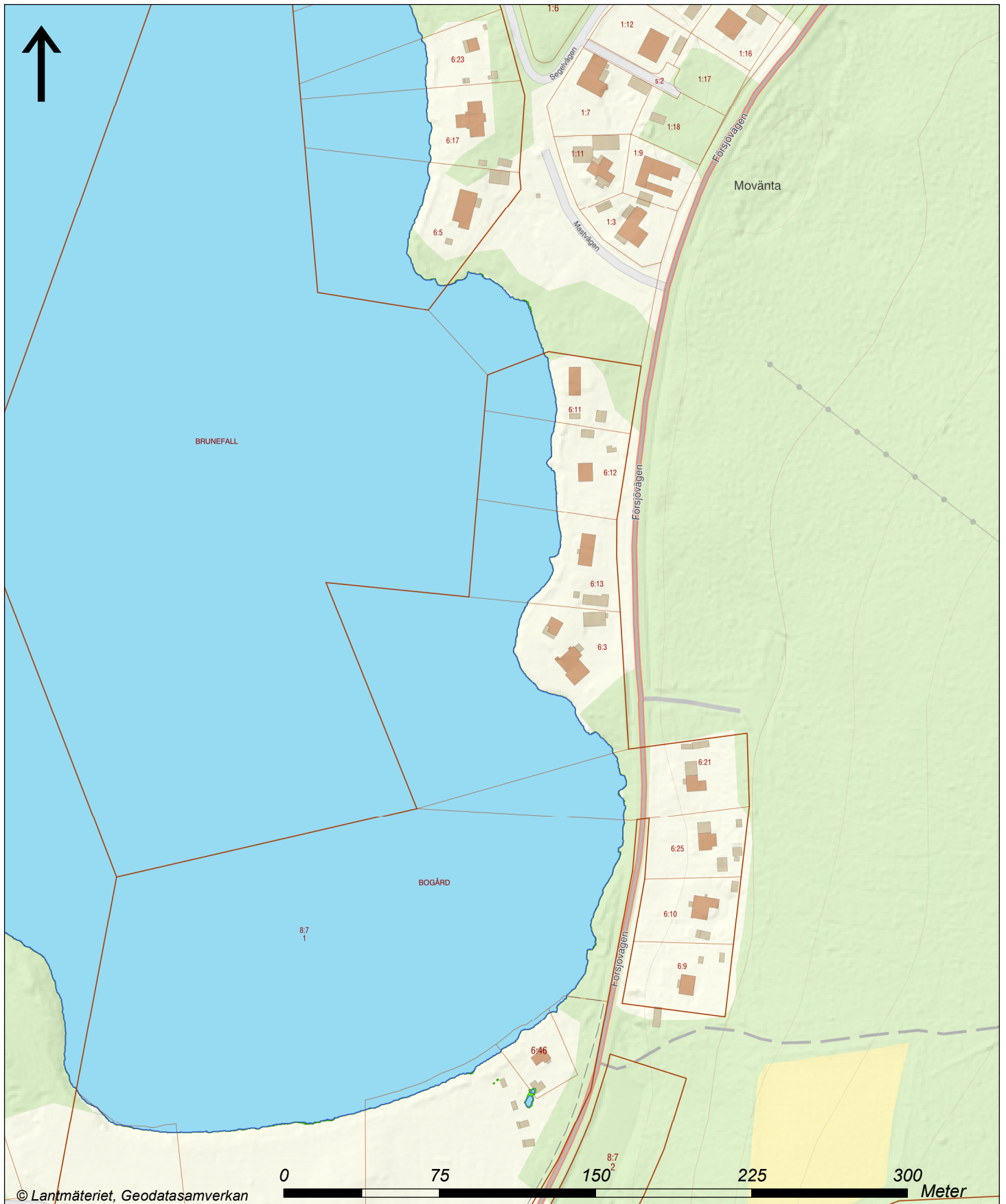
### TECKENFÖRKLARING

- Beräknad sjöyta vid HHW, 1991-2023 nuvarande förhållanden
- Tillkommande sjöyta vid HHW, framtida reglering coh medeluttag 16 l/s

**SWECO**

Parkgatan 2, 553 15 Jönköping  
Växel: 08-695 60 00 Fax: Fax 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Niklas Ekstrand	KONSTR Niklas Ekstrand
ORT Jönköping	DATUM 2025-04-24
SKALA 1:1 000	FORMAT A4
	REV



## BILAGA 3C

Jämförelse av sjötor, Movänta, Forsjön

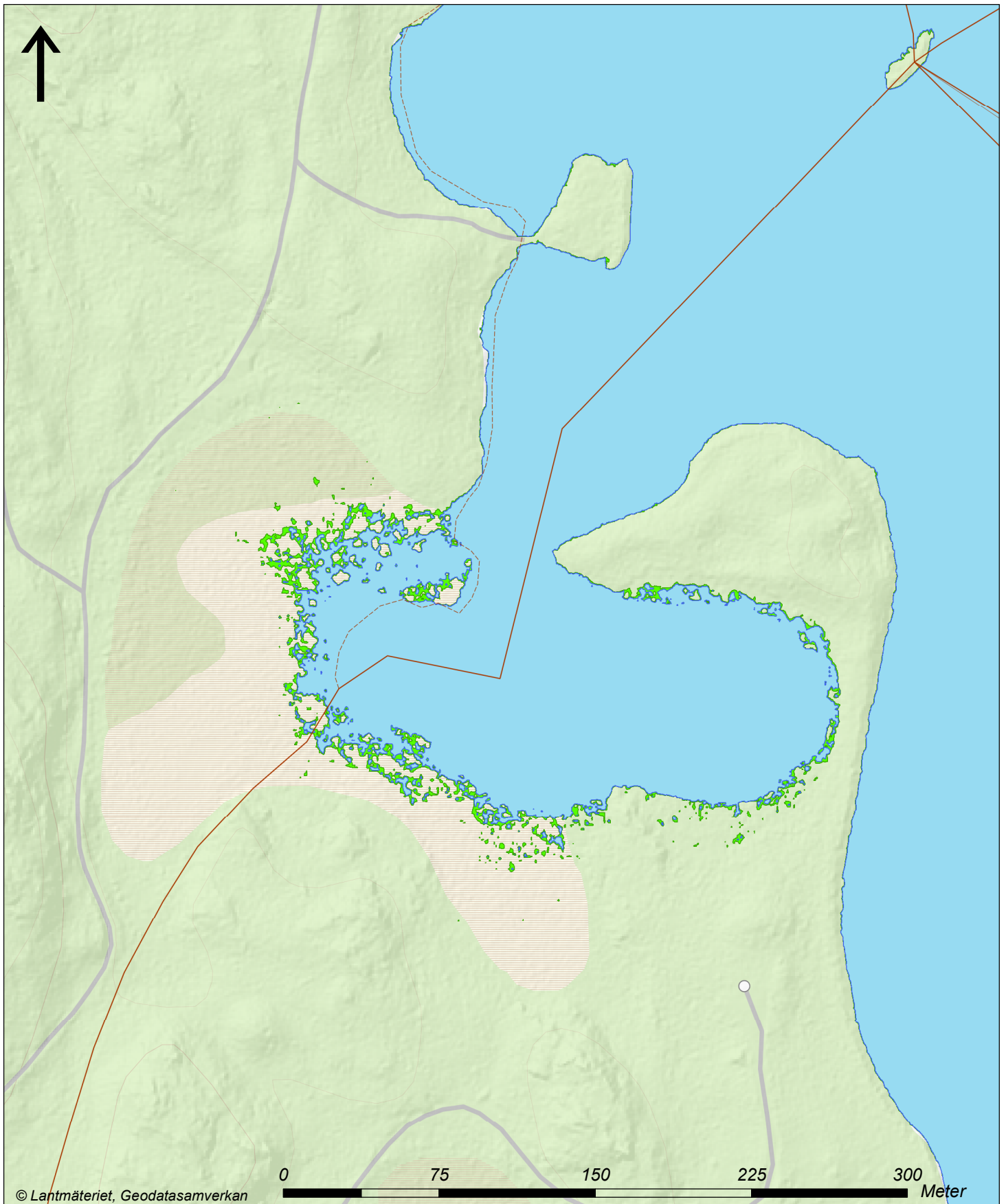
### TECKENFÖRKLARING

- Beräknad sjöyta vid HHW, 1991-2023 nuvarande förhållanden
- Tillkommande sjöyta vid HHW, framtida reglering coh medeluttag 16 l/s

**SWECO**

Parkgatan 2, 553 15 Jönköping  
Växel: 08-695 60 00 Fax: Fax 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Niklas Ekstrand	KONSTR Niklas Ekstrand	
ORT Jönköping	DATUM 2025-04-24	
SKALA 1:2 500	FORMAT A4	REV



## BILAGA 3D

Jämförelse av sjöytor, Våtmark, Forsjön

### TECKENFÖRKLARING

- Beräknad sjöyta vid HHW, 1991-2023 nuvarande förhållanden
- Tillkommande sjöyta vid HHW, framtida reglering coh medeluttag 16 l/s

**SWECO**

Parkgatan 2, 553 15 Jönköping  
Växel: 08-695 60 00 Fax: Fax 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Niklas Ekstrand	KONSTR Niklas Ekstrand
ORT Jönköping	DATUM 2025-04-24
SKALA 1:2 500	FORMAT A4
	REV

# Ny tröskel vid Försjöns utlopp

Förstudierapport



## Ändringsförteckning

Ver	Datum	Ändringsbeskrivning	Granskad	Godkänd av

**Sweco Sverige AB** 556767-9849  
**Uppdrag** Eksjö reservvatten  
**Uppdragsnummer** 30064955  
**Kund** Eksjö Energi  
**Upprättad av** Camilla Hamberg, Johan Nilsson  
**Datum** 2025-03-31  
**Dokumentreferens** Förstudierapport - ny tröskel vid Försjöns utlopp\_slutversion

# Innehållsförteckning

1	Inledning .....	4
2	Förutsättningar på platsen .....	4
2.1	Hydrologiska förhållanden .....	4
2.2	Höjdsystem .....	5
2.3	Batymetri och inmätning.....	5
3	Hydraulisk modellering av tröskel vid Försjöns utlopp .....	6
4	Beskrivning av planerade åtgärder .....	10
4.1	Ny överfallsdamm .....	10
4.2	Plan för arbetenas bedrivande .....	11
4.3	Kostnadsuppskattning.....	12
5	Referenser.....	12

## **Bilagor**

Bilaga 1 – Ritningar

# 1 Inledning

Sweco har på uppdrag av Eksjö Energi genomfört en förstudie som omfattar en hydraulisk modellering och förprojektering av en ny tröskel vid Försjöns utlopp. Föreslagen geometri på tröskeln har utformats utifrån ett önskat samband mellan vattennivå i sjön och avbördning som studerats i genomförd regleringsstudie (Sweco, 2025-02-24). Utifrån framtagna geometri för tröskeln har en förprojektering genomförts för att hitta en lämplig utformning som även tar hänsyn till förhållandena på platsen. Valt alternativ innebär att tröskeln utformas som en överfallsdamm i betong med upptröskling av natursten på nedströmssidan.

I denna förstudierapport sammanfattas genomförande och resultat av den hydrauliska modelleringen. Föreslagen utformning av tröskeln vid sjöns utlopp redovisas i text och på ritning tillsammans med uppskattade kostnader.

## 2 Förutsättningar på platsen

Försjön är belägen i Eksjö kommun, knappt 1 mil öster om Eksjö tätort. Sjöns utlopp ligger i södra delen, ca 1,5 km norr om samhället Hult.

### 2.1 Hydrologiska förhållanden

I regleringsstudien har de hydrologiska förhållanden på platsen beskrivits och analyserats. Försjöns sjönivå mäts regelbundet sedan hösten år 2021 och karaktäristiska sjönivåer har i studien bedömts baserat på dessa mätningar.

I tabell 1 redovisas karaktäristiska vattenföringar och i tabell 2 visas karaktäristiska sjönivåer. Båda tabellerna kommer från reglerstudien (Sweco, 2025-02-24).

Tabell 1 Karaktäristiska vattenföringar beräknade med HBV-modellen (SMHI, 2022) samt S-HYPE (SMHI, 2024). Tabell från reglerstudien för Försjön (Sweco, 2025-02-24).

		SMHI S-HYPE 1991-2020 (l/s)	SMHI HBV-modell 1962-2021 (l/s)
Högsta högvattenföring	HHQ	-	1350
Högvattenföring med återkomsttid 50 år.	HQ50	430	-
Högvattenföring med återkomsttid 5 år.	HQ5	330	-
Medelhögvattenföring	MHQ	290	430
Medelvattenföring	MQ	140	130
Medellågvattenföring	MLQ	50	20
Lägsta lågvattenföring	LLQ	-	0

Tabell 2 Karaktäristiska sjönivåer baserat på mätningar år 2018, 2021 samt 2022-2023. Från reglerstudien (Sweco, 2025-02-24).

		Försjön (m, RH 2000)
Högsta högvattenstånd	HHW	+216,69
Medelhögvattenstånd	MHW	+216,58
Medelvattenstånd	MW	+216,40
Medellågvattenstånd	MLW	+216,19
Lägsta lågvattenstånd	LLW	+216,18

## 2.2 Höjdsystem

Alla höjder i denna förstudie anges i Sveriges nationella höjdsystem, RH 2000.

En pegelskala finns monterad vid sjöns utlopp, ca 6 meter uppströms vald plats för utloppets bestämmande tröskel. Pegelns nollnivå ligger på +216,28 m i RH2000 enligt en inmätning utförd 2019.

## 2.3 Batymetri och inmätning

Sjöns utlopp är kanalformat, vilket bedöms vara en rest från tidigare kvarnverksamhet, se Figur 1. Uppströms utloppet från sjön finns sediment och växtrester på botten såsom löv som har ansamlats på botten. I den smalare utloppskanalen är botten mer rensplad och i några partier utgörs botten helt av rensplad berg. Utloppets lägsta tröskelnivå bedöms vara ca +216,2 m.



Figur 1 Utloppet från Försjön, sett från höger sida av utloppskanalen, mot sjön. På bilden syns de stäckäppar som sattes upp för att markera sektioner för inmätning av kanalen, vid platsbesök av Sweco 2024-11-14.

En inmätning av 14 tvärsektioner i sjöns utlopp och utloppskanalen gjordes den 21 november 2024. Inmätningen har utgjort underlag för en hydraulisk modell och förprojektering av tröskel. De inmätta tvärsektionerna har benämnts efter hur många meter sektionen är nedströms den monterade pegelskalan nära sjöns utlopp.

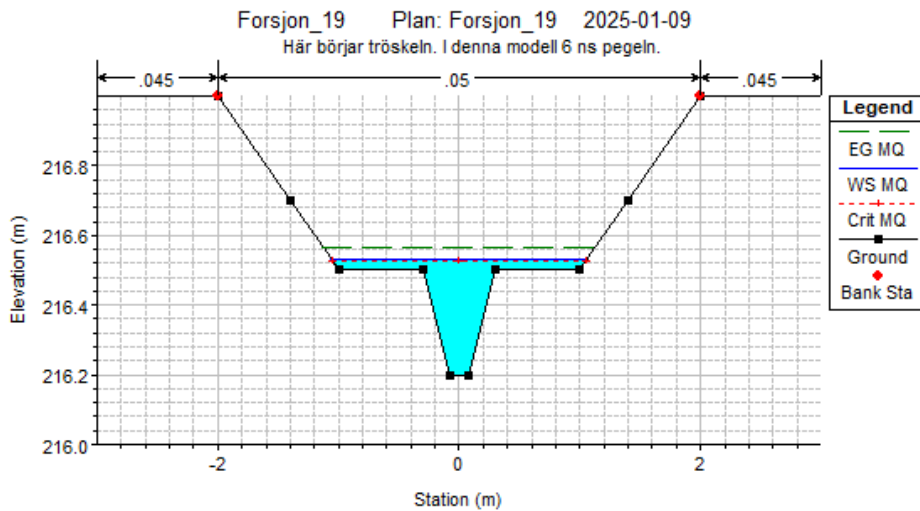
### 3 Hydraulisk modellering av tröskel vid Försjöns utlopp

Föreslagen geometri på en ny tröskel vid Försjöns utlopp har utformats baserat på en önskad tappningsställare som simulerades fram i en regleringsstudie (Sweco, 2025-02-24). Tappningsställaren togs fram för att möjliggöra ett vattenuttag i Försjön utan att riskera för stor omgivningspåverkan.

I innevarande förstudie har en hydraulisk modell upprättats och använts för att hitta en geometri för en tröskel i sjöns utlopp som i möjligaste mån ger ett avbördningssamband motsvarande den önskade tappningsställaren.

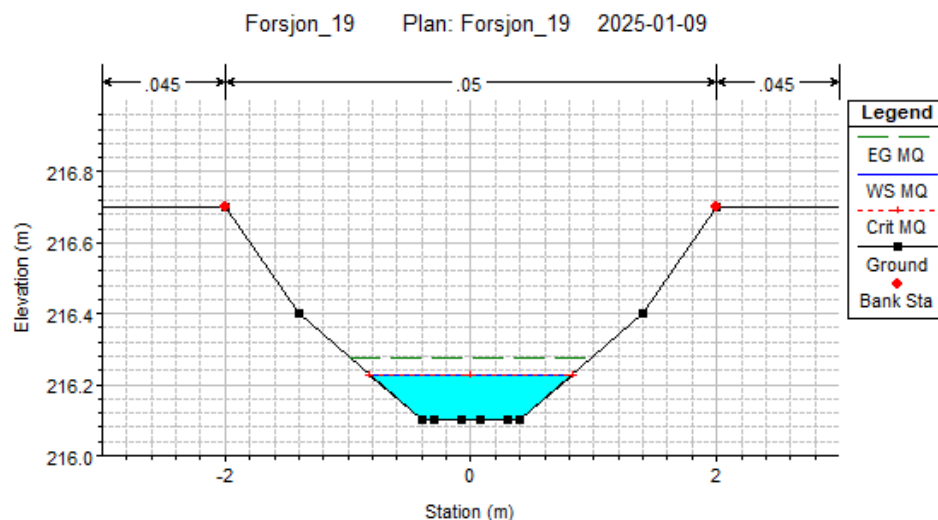
En hydraulisk endimensionell modell har upprättats i HEC-RAS (HEC-RAS 6.5, U.S. Army corps of Engineers). Modellen upprättades först baserat på inmätningar som Eksjö kommun genomförde 2019 och en ansats till utloppets geometri gjordes efter inledande avbördningsberäkningar med handboksformler. I november gjorde Sweco en inmätning av 14 tvärsektioner i sjöns utlopp och kanal, varefter den hydrauliska modellen gjordes om med de inmätta tvärsektionerna på sträckan från pegeln till 25 m nedströms pegeln. Mellan de inmätta tvärsektionerna interpolerades kompletterande tvärsektioner innan beräkningar i modellen utfördes.

I modellen har tvärsektionerna på en sträcka av 6 meter (med början 6 m nedströms pegeln och i nedströms riktning) modifierats för att simulera att en tröskel byggs upp på den sträckan. Tvärsektionen 6 m nedströms pegeln blir bestämmande sektion och har givits en tydlig definierad form med en djupfåra med bottennivå +216,2 m och bredd 16 cm, se Figur 2. Från botten och till en höjd av 30 cm ovan botten lutar väggarna 1:0,73. På nivån +216,5 m breddar tröskeln horisontellt till en bredd av 2 m och slänterna ovan den breddade tröskeln lutar 1:2.



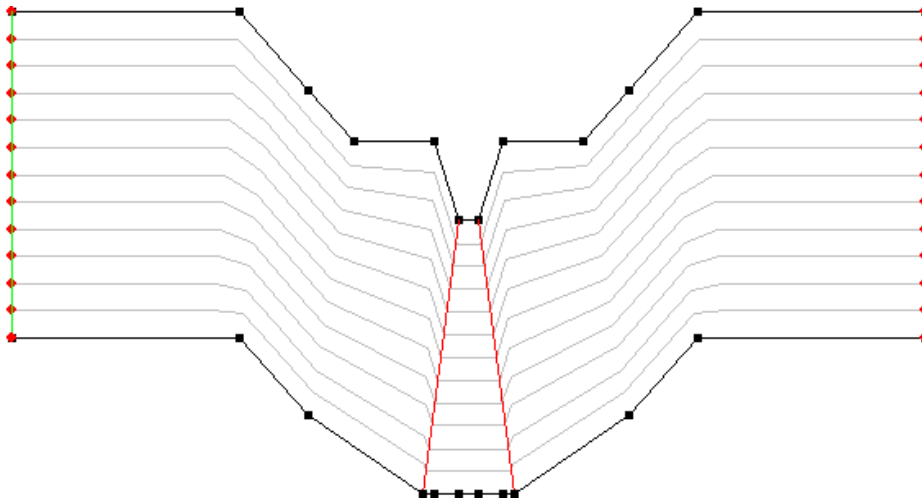
Figur 2 Tvärsektion i den hydrauliska modellen, 6 m nedströms pegeln. I figuren visas även modellerat vattendjup i sektionen vid flödet 150 l/s (WS MQ).

Tvärsektionen 12 m nedströms pegeln, dvs där upptrösklingen med djupfåra avslutas, har en geometri enligt Figur 3. Där har botten en nivå på +216,10 m och bredden 80 cm. Från botten lutar väggarna 3:10 till en nivå på +216,40 m.



Figur 3 Tvärsektion i den hydrauliska modellen, 12 m nedströms pegeln. I figuren visas även modellerat vattendjup i sektionen vid flödet 150 l/s (WS MQ).

Mellan dessa två tvärsektioner har HEC-RAS interpolerat tvärsektioner varje halvmeter som använts för modellens beräkningar. De interpolerade tvärsektionerna visas i Figur 4



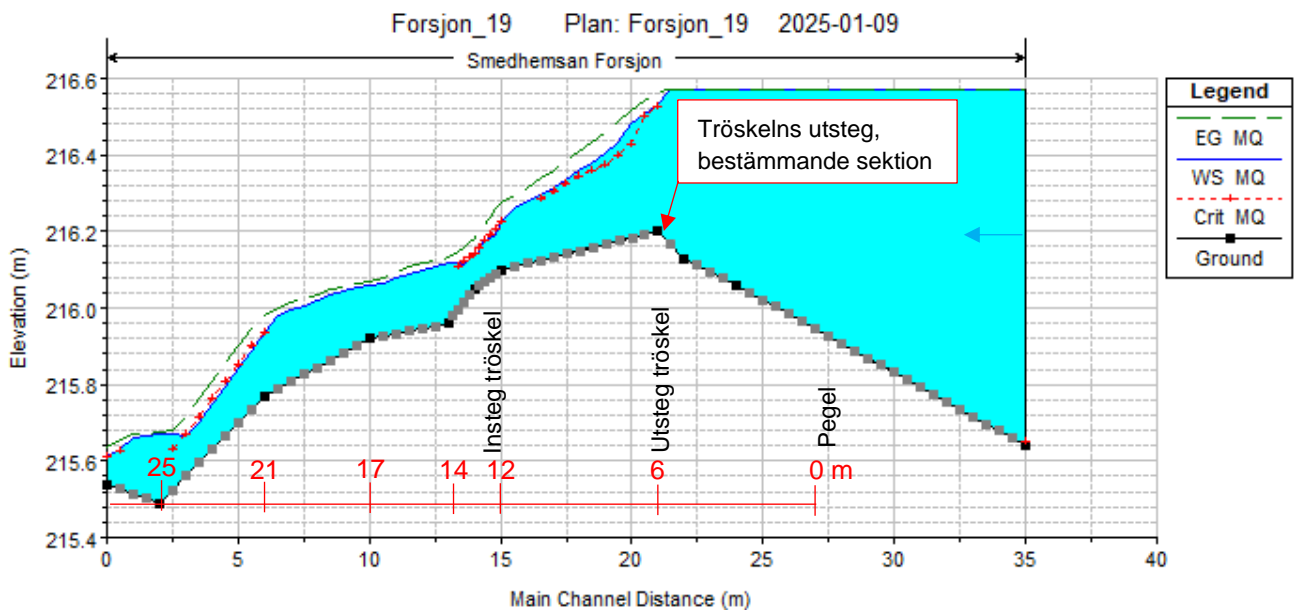
Figur 4 Interpolerade tvärsektioner för beräkning mellan början och slut på den tänkta anlagda tröskeln med djupfåra.

Uppströms och nedströms den anlagda tröskeln har inmätta tvärsektioner lagts in i modellen. Tvärsektionen strax nedströms tröskeln (13 m nedströms pegeln) har några inmätta punkter på botten som är ca +216,0 m. I modellen har denna sektion modifierats så att bottenivån i tvärsektionen inte understiger +216,05 m i någon punkt, för att minska fall och vattenhastigheter lokalt i den sektionen.

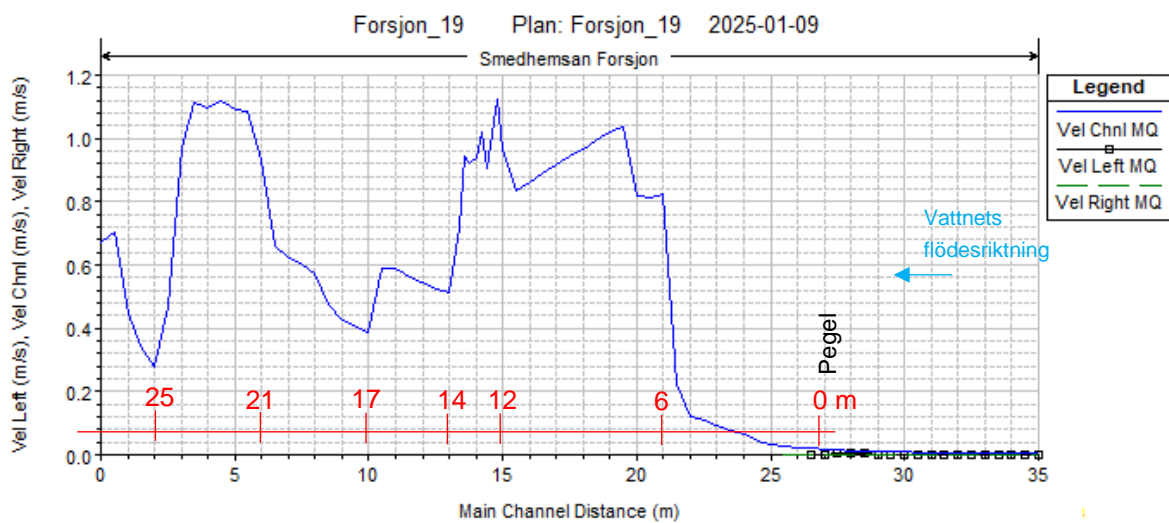
Råheten i kanalen har i modellen antagits med Mannings skrovlighetskoefficient  $n=0,05 \text{ s/m}^{1/3}$  i hela tröskeln och kanalen nedströms. Det motsvarar ett Mannings tal på  $M=20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ . Som randvillkor har ansatts " normalt djup" nedströms och "kritiskt djup" uppströms.

I Figur 5 visas modellerad längdprofil i sjöns utlopp, där tröskelns ut- och insteg har pekats ut. Den röda skalan i figuren avser avstånd från pegeln. I figuren visas modellerade lägsta bottenivåer i varje tvärsektion och ett modellerat vattendjup vid flödet 150 l/s.

I Figur 6 visas vilka medelvattenhastigheter som beräknats i varje tvärsektion. Precis nedströms insteget till tröskeln ökar vattenhastigheten i modellen, främst beroende på att bottenlutningen ökar. Eftersom modellen är en förenkling av verkligheten och endast tvärsektioner varje meter har mätts in är dessa beräkningar osäkra, men om vattenhastigheten blir för hög även i praktiken så går det att göra en omflyttning av sten eller andra åtgärder på platsen för att minska vattenhastigheten.



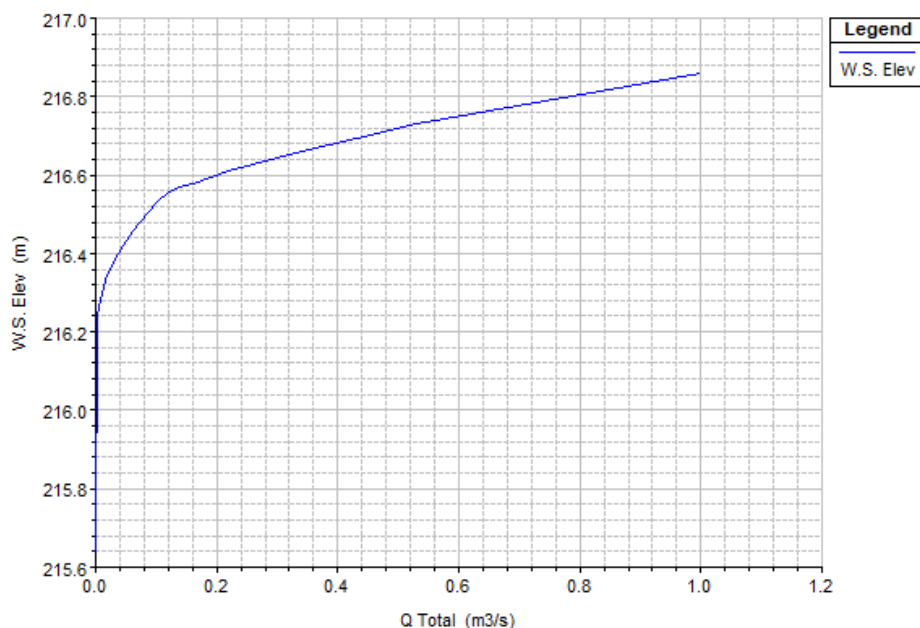
Figur 5 Längdprofil som visar modellerat vattendjup och lägsta bottennivå längs sjöns utloppskanal. Röd skala visar meter nedströms pegelskalan. Modellerat flöde är 150 l/s, vilket i modellen motsvarar ett vattenstånd i sjön på +216,57 m.



Figur 6 Diagrammet visar modellerade vattenhastigheter längs sjöns utlopp, med en 6 m lång upptröskling enligt beskrivningarna ovan. Röd skala visar avstånd nedströms pegelskalan.

Modellen har körts med flera olika antagna flöden för att erhålla ett samband mellan flöde och vattenståndet i sjön. Erhållet samband framgår i avbördningskurvan i Figur 7.

Forsjon\_19 Plan: Forsjon\_19 2025-01-09  
8 m uppströms pegel, schematisk från bara en mätpunkt



Figur 7 Avbördningskurva som visar sambandet mellan sjönivå (y-axeln) och avbördat flöde (x-axel) i Försjön med uppsatt HEC-RAS-modell.

## 4 Beskrivning av planerade åtgärder

### 4.1 Ny överfallsdamm

Vid Försjöns utlopp ordnas en tröskel i form av en överfallsdamm med syfte att hålla uppe vattennivån och magasinera mer vatten i sjön för att möjliggöra ett hållbart vattenuttag. I genomförd regleringsstudie redovisas sjöns framtida förhållanden mer i detalj.

Överfallsdammens krönnivå kommer ligga på +216,5 m och centralt i dammen kommer en djupfåra ordnas. Den nya dammen placeras ca 6 m nedströms om den befintliga pegeln som sitter i ett betongfundament i sjön. Dammen kommer placeras i ungefär samma läge som där befintligt sjöutlopp har sin bestämmande sektion, d.v.s. där bottennivån är som högst och bredden som smalast. Dammens läge och utformning framgår av ritningar i Bilaga 1.

Överfallsdammens tätning kommer utgöras av en tvärgående gjuten betongmur. Betongmuren grundläggs troligen på berg. Ytligt berg finns längre nedströms i åfåran och troligen är det förhållandevis grunt till berg i läget där betongmuren anläggs. Betongmuren ges en fri bredd på ca 2 m vid krönet. Centralt i betongmuren ordnas en djupfåra med bottenbredden 0,16 m på nivån +216,2 m. Botten på djupfåran kommer ligga på ungefär samma nivå som dagens naturliga botten. Djupfåran kommer ges en höjd på 0,3 m och sidorna kommer att luta så att bredden i toppen blir 0,6 m. Betongmurens tjocklek blir ca 0,3 m.

Nedströms betongmuren ordnas en ramp genom en upptröskling av natursten som ansluter till murens krön. Upptrösklingen sträcker sig ca 6 m nedströms om

muren och här kommer övergången anpassas till den befintliga åfåran. Syftet med upptrösklingen är att undvika att skapa ett fall för vattnet vid muren.

En djupfåra ordnas i upptrösklingen som ansluter till öppningen i muren. Djupfåran kommer följa den naturliga botten som lutar ca 2%. Som framgår av bifogade ritningar kommer djupfårans höjd successivt att minska och bredden att öka med ett ökat avstånd från öppningen i muren. Djupfårans geometri kommer att byggas upp i upptrösklingen av natursten. Närmast öppningen i muren kommer djupfårans sidor att luta så pass brant att naturstenen behöver hållas på plats av betong mellan stenarna. Betongen kommer även ha en tätande funktion som undviker att vattnet strömmar ut i upptrösklingens sidor vid låga flöden.

Vid låga flöden kommer vattnet endast strömma i djupfåran. Genom att koncentrera flödet till djupfåran kommer vattendjupet att prioriteras vid låga flöden. Vid medel och höga flöden kommer vattnet att strömma över hela murens bredd.

Nedströms om den planerade överfallsdammen är vattendraget av en mer strömmande karaktär med fall där vattenhastigheten är relativt hög. Justeringar i den naturliga fåran kommer behöva göras där upptrösklingen slutar och övergår i den naturliga fåran för att undvika att vattenhastigheten ökar markant i övergången.

Slänterna kommer ges en lutning på ca 1:2 i läget för betongmuren och kommer successivt att anpassas till de naturliga slänterna där upptrösklingen slutar, ca 6 m nedströms om muren. Slänterna kommer kläs med ett erosionsskydd av natursten. Natursten kommer även läggas ut uppströms betongmuren för att delvis täcka muren.

## 4.2 Plan för arbetenas bedrivande

Arbetena med överfallsdammen behöver utföras i torrhet och för detta krävs att en fångdamm anläggs uppströms. Under byggtiden kommer pumpar användas för att leda vattnet förbi arbetsplatsen. Arbetena bör utföras under sommar eller höst då det historiskt varit låga flöden på platsen. Arbetstiden beräknas till ca 2 månader.

Efter att fångdammen är på plats utförs schaktarbeten i botten och i slänterna. Troligen ligger bergytan relativt grunt i läget för betongmuren och här kommer bergytan schaktas fram på hela bredden. Betongmuren gjuts på plats och förankras i berg. Efter rivning av formen utförs upptrösklingen av natursten och slänterna justeras och kläs med ett erosionsskydd av natursten. Arbetena avslutas med att fångdammen rivs.

En arbetsväg behöver ordnas till arbetsplatsen. Troligen anläggs arbetsvägen från Badvägen och norrut mellan bostadsfastigheten och åfåran.

Sly behöver röjas och ett lite större träd behöver fällas för att ge plats åt överfallsdammen och för åtkomst till arbetsområdet. Det aktuella trädet som behöver tas ner står på höger strand strax nedströms spången, se Figur 8.



Figur 8 Träd längs höger strand som behöver tas ner.

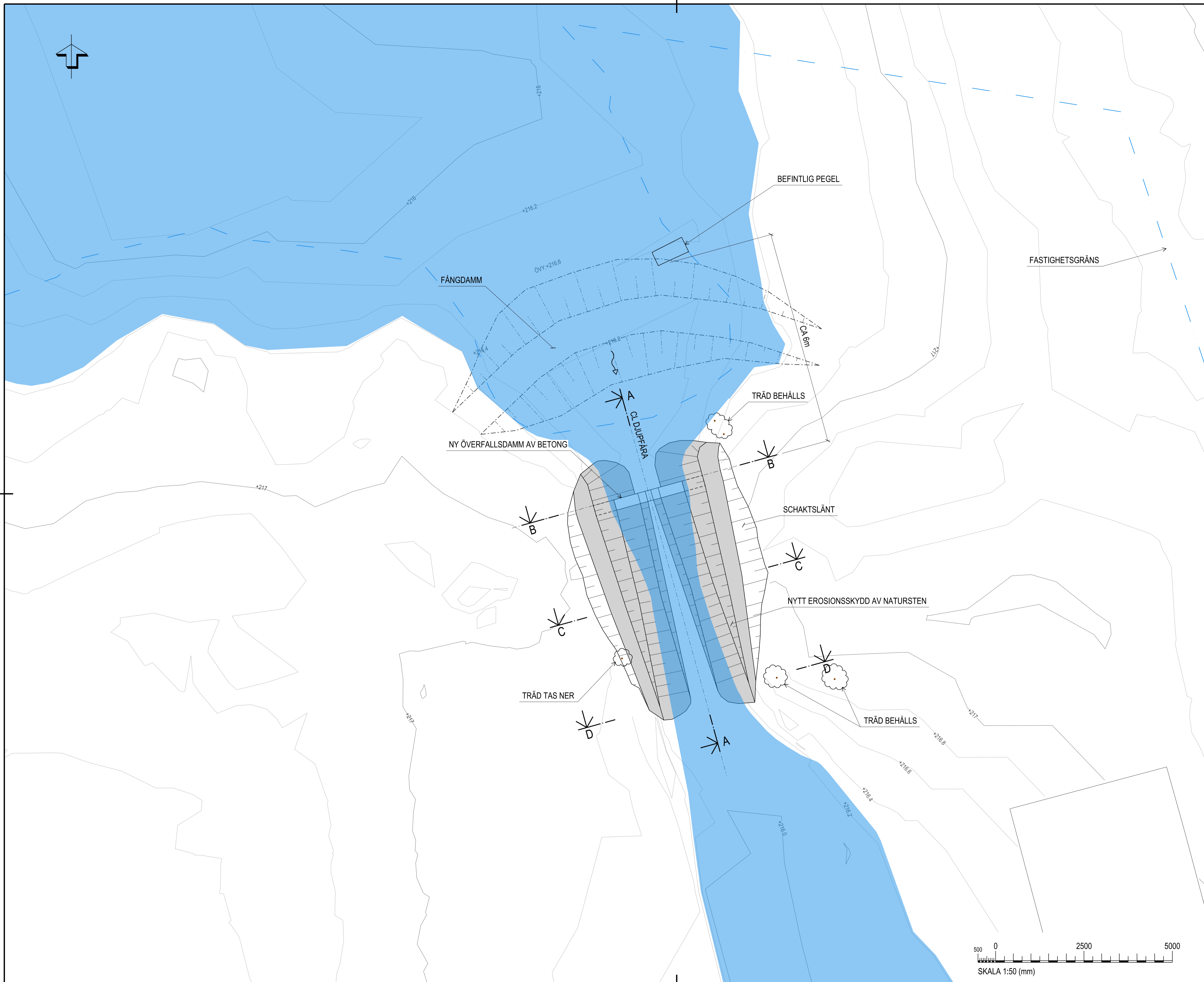
### 4.3 Kostnadsuppskattning

Kostnaden för att anlägga överfallsdammen uppskattas till ca 600 000 kr.

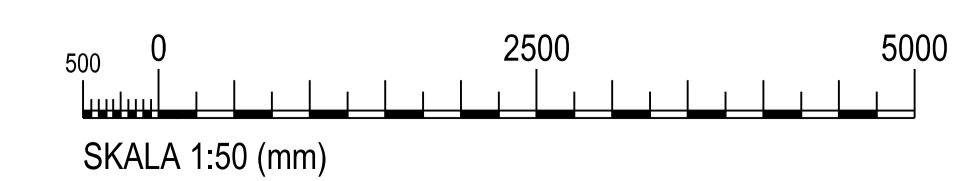
## 5 Referenser

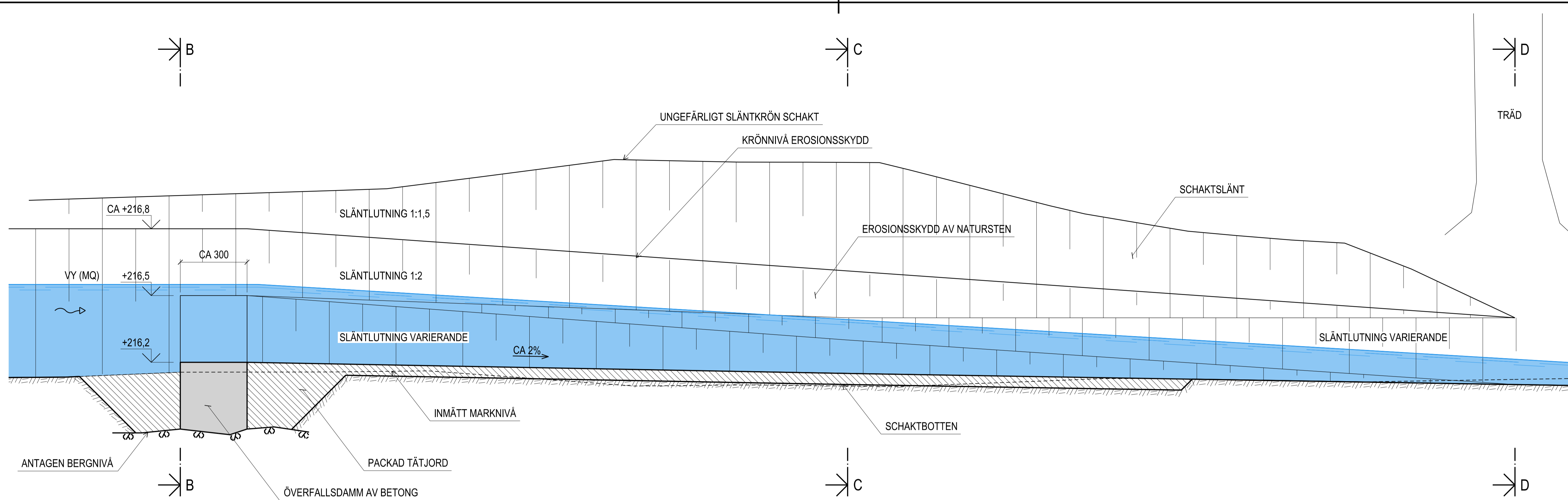
Sweco. (2025-02-24). *Rapport Regleringsstudie Försjön.*

HÖJDSYSTEM  
RH2000

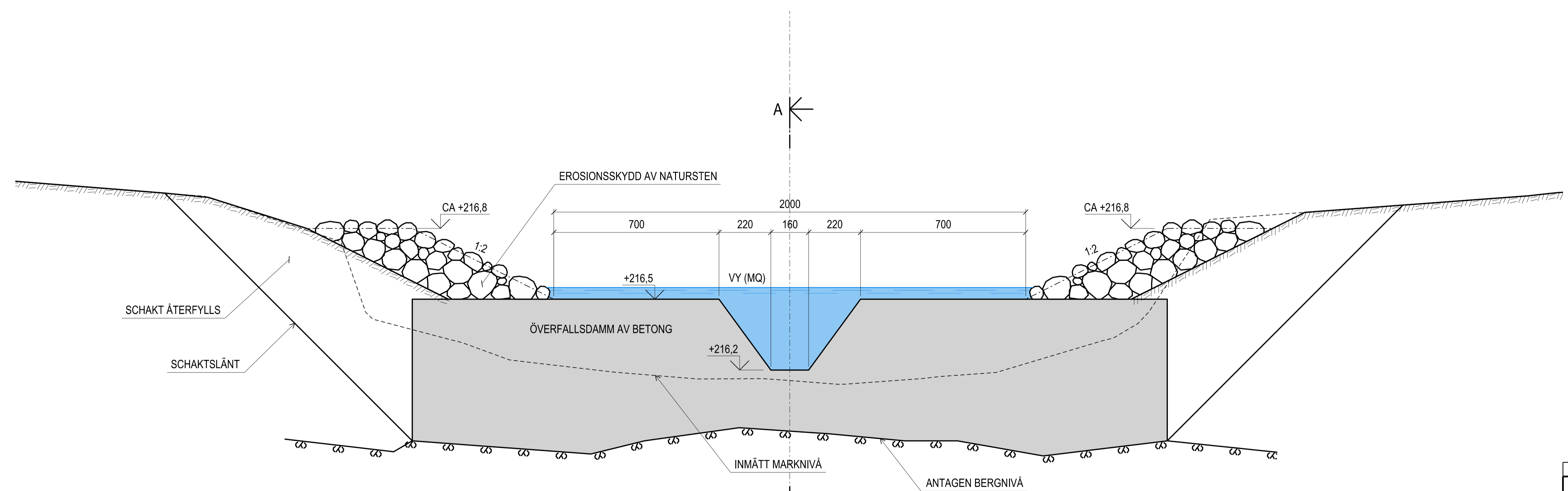


BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
<b>TEKNISK BESKRIVNING</b>				
<b>FÖRSJÖN NY ÖVERFALLSDAMM</b>				
<small>SWECO SVERIGE AB Gjörvelsgatan 22, Box 34044, 100 26 Stockholm Telefon 08-695 60 00 www.sweco.se</small>				
<small>JOHAN NILSSON SEJNNI</small>		<small>KONTAKTPERSON SESJPE</small>	<small>SKAPAD AV UPPRAGSNUMMER</small>	
<small>SKISS</small>		<small>RETNINGSKATEGORI</small>	<small>DATUM</small>	<small>INNEHÅLL</small>
<small>ÖVERFALLSDAMM PLAN</small>		<small>30064955</small>	<small>2025-03-31</small>	<small>A1</small>
<small>SKALA 1:50 (mm)</small>			<small>1:50</small>	<small>SKALA</small>
<small>1</small>			<small>NUMBER</small>	<small>BET</small>

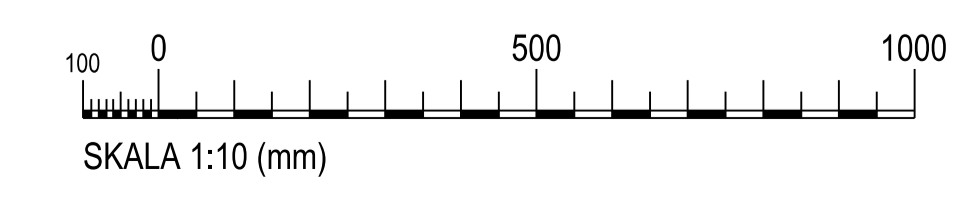




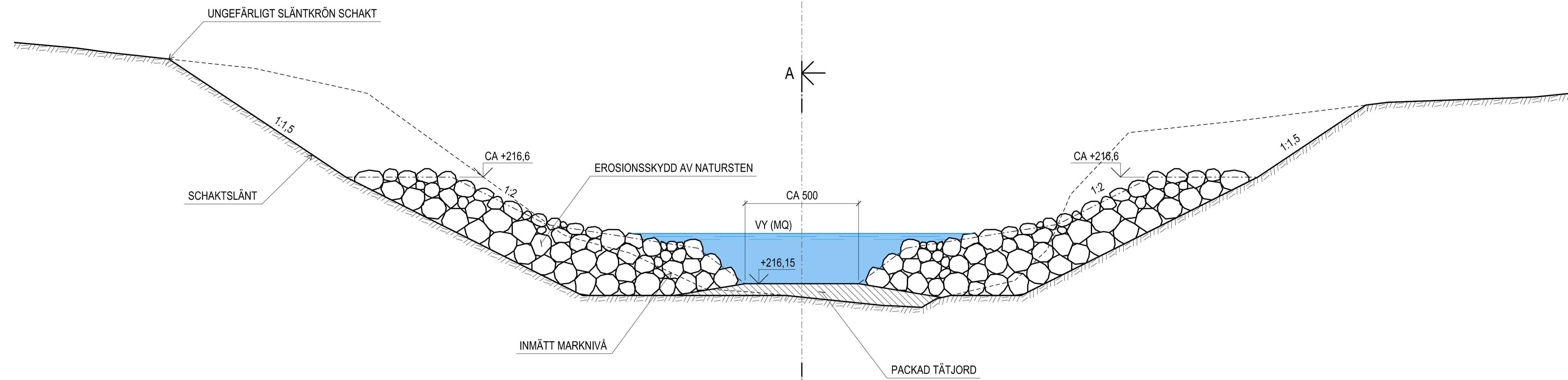
A-A SKALA 1:10  
LÄNGDSEKTION



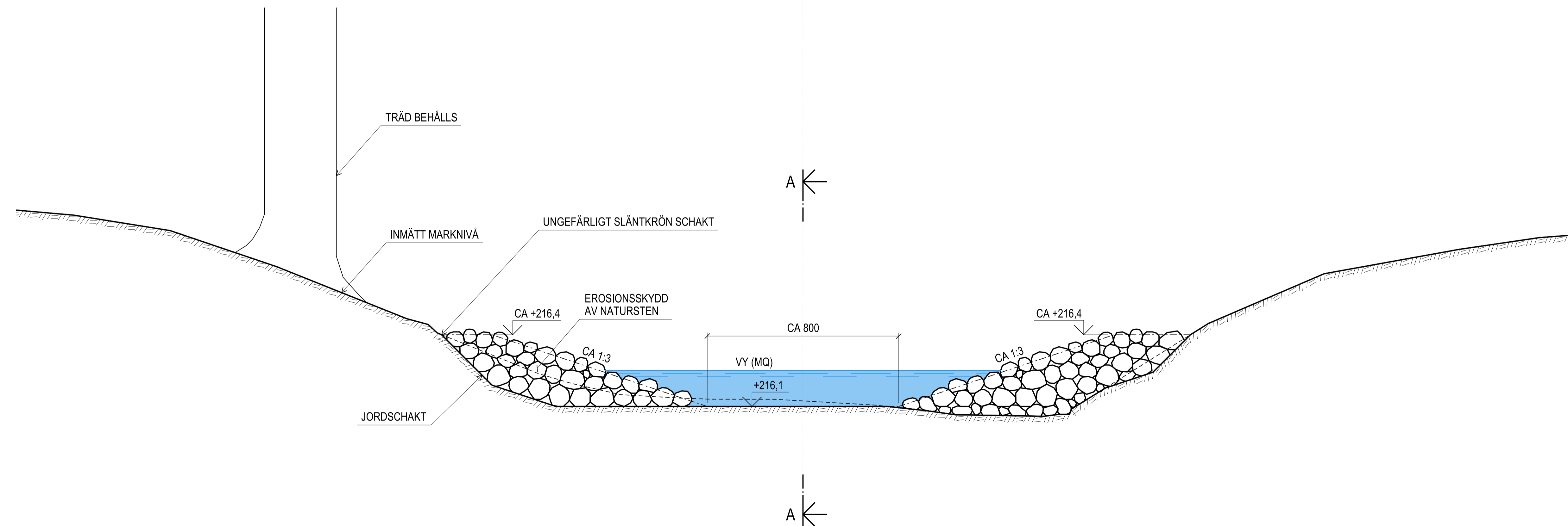
B-B SKALA 1:10  
TVÄRSEKTION, 6m NEDSTRÖMS PEGELN



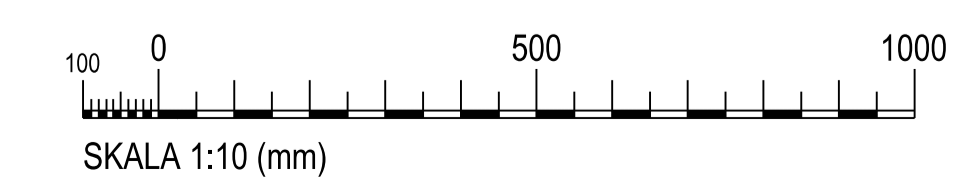
BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
<b>TEKNISK BESKRIVNING</b>				
<b>FÖRSJÖN NY ÖVERFALLSDAMM</b>				
<small>SWECO SVERIGE AB Gjörvelsgården 22, Box 34044, 100 26 Stockholm Telefon 08-695 60 00 www.sweco.se</small>				
<small>JOHAN NILSSON SEJNNI</small>		<small>KONTAKTPERSON SESİPE</small>		<small>SKAPAD AV 30064955</small>
<small>SKISS</small>			<small>RETNINGSKATEGORI 2025-03-31</small>	<small>DATUM</small>
<small>ÖVERFALLSDAMM SEKTIONER</small>			<small>INNEHÅLL A1</small>	<small>FORMAT</small>
			<small>SKALA 1:10</small>	<small>SKALA</small>
			<small>NUMBER 2</small>	<small>BET</small>



C-C SKALA 1:10  
TVÄRSEKTION, 9m NEDSTRÖMS PEGELN



D-D SKALA 1:10  
TVÄRSEKTION, 12m NEDSTRÖMS PEGELN



BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
<b>TEKNISK BESKRIVNING</b>				
<b>FÖRSJÖN NY ÖVERFALLSDAMM</b>				
<small>SWECO SVERIGE AB Gjörvelsgatan 22, Box 34044, 100 26 Stockholm Telefon 08-695 60 00 www.sweco.se</small>				
<b>SWECO</b>				
JOHAN NILSSON	KONTAKTPERSON	SESIPE	SKAPAD AV	
SEJNNI	GRÄND AV	30064955	UPPRAGSNUMMER	
SKISS	RETNINGSKATEGORI	2025-03-31	DATUM	
ÖVERFALLSDAMM SEKTIONER	INNEHÅLL	A1	FORMAT	
	SKALA	1:10	SKALA	
	NUMMER	3	BET	