Hydrologiska effekter av vattenfördröjande åtgärder i sjöar och våtmarker i Emåns avrinningsområde

Delområde 1. Kalvenäsesjön

Emåförbundet

Rapport

September 2022

The expert in **WATER ENVIRONMENTS**

Denna rapport har tagits fram inom DHI:s ledningssystem
för kvalitet certifierat enligt ISO 9001 (kvalitetsledning) av Bureau Veritas

ISO 9001
Management System Certification
BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S

Hydrologiska effekter av vattenfördröjande åtgärder i sjöar och våtmarker i Emåns avrinningsområde

Delområde 1. Kalvenäsesjön

Framtagen för	Emåförbundet
Kontaktperson	Jens Nilsson

Dike genom fastmarksudden strax nedströms Kalvenäsesjöns utlopp. Foto: Emåförbundet

Projektledare	Ola Nordblom
Kvalitetsansvarig	Markus Petzén
Handläggare	Stina Bång, Ola Nordblom

Uppdragsnummer	12804282
Godkänd datum	2022-09-19
Version	1.1
Klassificering	Öppen

DHI Sverige, Malmö • Södra Tullgatan 3, 9 vån • SE-211 40 Malmö • Sweden
Telefon: +46 10 685 08 00 • Fax: • info@dhi.se • www.dhi.se

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 Bakgrund och syfte 1
1.1 Frågeställning 1

2 Modeller och indata 2
2.1 Ytvattenmodellen 2
2.2 Grundvattenmodellen 2
2.3 Indata till modelleringen 3

3 Områdesbeskrivning 4
3.1 Kalvenäsesjöns avrinningsområde 4
3.2 Höjdförhållanden 6

4 Modellering av åtgärdseffekter 8
4.1 Modellering av åtgärdseffekter med ytvattenmodellen 8
4.1.1 Modellberäknade flöden 8
4.1.2 Modellering av nuvarande förhållanden i sjön 9
4.1.3 Beskrivning av åtgärden 10
4.1.4 Modellering av nivåer före och efter åtgärd 12
4.1.5 Modellering av flöden före och efter åtgärd 13
4.2 Modellering av åtgärdseffekter med grundvattenmodellen 15
4.2.1 Modell-setup 15
4.2.2 Resultat för normalår 16
4.2.3 Resultat för 100-årsscenariot 18

5 Diskussion och slutsatser 20

6 Referenslista 20

1 Bakgrund och syfte

DHI har på uppdrag av Emåförbundet gjort modellberäkningar och analyser av hydrologiska effekter av vattenfördröjande åtgärder i tidigare avsänkta sjöar och våtmarker i tre delavrinnings-områden inom Emåns avrinningsområde. Arbetet bygger på modeller och metoder som har tillämpats i tidigare utredningar för Länsstyrelsen i Kalmar län (/1/, /2/), men också på nya lokala modeller, inmätningar och hydrologiska data.

Syftet är att undersöka potentialen för flödesutjämning vid en höjning av trösklarna vid utloppen av de undersökta sjöarna och våtmarkerna. Följande områden har studerats:

- Kalvenäsesjön med angränsande våtmark runt sjön
- Tjuståsasjön med våtmarker längs med Lillån på sträckan mellan Tjuståsasjön och Lövshult
- Gösjön med våtmarker längs med åsträckan mellan Gösjön och Tigerstad kanal

I denna rapport redovisas resultaten för området **Kalvenäsesjön**. Resultaten för de andra områdena redovisas i separata rapporter.

Analysen bygger på modellberäkningar före och efter flödesutjämnande åtgärder vid sjöutloppet. Underlaget till modelleringen är översiktligt och tillgången till data för kalibrering och kontroll har varit begränsad. Resultaten ska därför i första hand användas för att utläsa relativa effekter av åtgärder på flöden och vattennivåer.

1.1 Frågeställning

Frågan som ska utredas för Kalvenäsesjön gäller vilka hydrologiska effekter som kan uppnås vid en höjning av vattennivån i sjön med några decimeter i förhållande till dagens sjönivåer (Tabell 1). Analysen omfattar både påverkan på grundvattennivåerna runt sjön och lågflödena nedströms sjön. En höjning av Kalvenäsesjön skulle betyda att torvmossarna närmast sjön hamnar under vatten en stor del av året med möjlig påverkan på dräneringen av bland annat Stora mossen som idag klassas som produktiv skogsmark. En höjning av sjön kan också innebära ökad översvämningsrisk för några av fastigheterna närmast sjön, vilket behöver utredas.

Tabell 1. Sammanställning av område, undersökt åtgärd och analys för Kalvenäsesjön.

Område/ avgränsning	Fokus	Undersökt åtgärd	Modellering / analys
Kalvenäsesjöns delavrinnings-område	Påverkan på grund-vattennivåer, speciellt i Stora mossen, samt lågflöden nedströms sjön	Höjning av sjön med ca 30 cm genom anläggning av flödesutjäm-nande utskov vid sjöutloppet	Simuleringar för en period på 2–3 år med en kopplad yt- och grund-vattenmodell, samt en längre period (30 år) med en ytvattenmodell. Beräkning av maxnivån i sjön vid ett 100-årsflöde.

2 Modeller och indata

2.1 Ytvattenmodellen

Ytvattenmodellen har byggts upp i DHI:s endimensionella hydrauliska modellverktyg MIKE Hydro River[1]. I modellen beskrivs sjöns och vattendragets magasinsvolym, geometri och lutning med ett antal tvärsektioner. Strömningsmotståndet beskrivs med en råhetsparameter (Mannings tal). Flödeskapaciteten genom kulvertar, vägtrummor och utskov beräknas med inbyggda empiriska formler. Modellen går snabbt att bygga upp från inmätta tvärsektioner och kan enkelt anpassas för att simulera effekter av fysiska åtgärder på flöden och vattennivåer.

Ytvattenmodellen innehåller även en hydrologisk del, NAM (nederbörd-avrinningsmodell), för beräkning av genomsnittlig avrinning över ett delavrinningsområde för olika hydrologiska situationer. NAM-modellen är en konceptuell hydrologisk modell (”box-modell”) där avrinning och grundvattenbildning beskrivs på ett förenklat sätt med några få parametrar. Modellen drivs med nederbörds- och temperaturdata, samt klimatologiska data för potentiell avdunstning. NAM-modellen behöver kalibreras in mot en känd flödesserie, men kan därefter användas för att simulera avrinningen för en annan (längre) tidsperiod eller för att simulera olika scenarier för nederbörd och temperatur, till exempel extrema regnhändelser eller längre torrperioder.

Beräknad avrinning med NAM-modellen kan läggas på som ett inflöde till den hydrauliska modellen. NAM-modellen beskriver totalvolymen i grundvattenmagasinet för hela delavrinnings-området, men kan inte användas för att simulera lokala grundvattennivåer eller förändringar av dessa på grund av åtgärder i avrinningsområdet. För detta krävs en distribuerad process-baserad grundvattenmodell som tar hänsyn till lokala förhållanden och kan kopplas till ytvattenmodellen, se nedan.

2.2 Grundvattenmodellen

Grundvattenmodellen är uppbyggd i DHI:s hydrologiska modellverktyg MIKE SHE. Till skillnad från NAM-modellen bygger SHE-modellen på fysikaliska modeller av vattnets transport-processer på markytan och genom marklagren. Indata till SHE-modellen är bland annat topografi, jordart och jorddjup. För respektive jordartstyp har standardvärden använts vid sättning av de hydrauliska parametrarna. Modellen drivs med samma meteorologiska data som NAM-modellen.

SHE-modellen har kopplats till ytvattenmodellen och kan därför simulera effekterna på grund-vattennivåerna av de fysiska åtgärder som beskrivs i ytvattenmodellen. Resultaten från den kopplade yt- och grundvattenmodellen utgörs av flöden i olika marklager, flöden och nivåer i vattendraget, samt grundvattennivåer. Mer information om modellen ges i Avsnitt 4.2.

[1] MIKE Hydro River är efterföljaren till DHI:s hydrauliska modellverktyg MIKE 11.

2.3 Indata till modelleringen

Indata till modelleringen har utgjorts av allmänt kartunderlag (höjdmodell, kartskikt, ortofoto, jordartskarta), inmätta tvärsektioner, data från flödesmätningar, samt hydrologiska modelldata, se Tabell 2.

Tillgången till lokala data för kalibrering och kontroll av modellerna har varit begränsad. I första hand har DHI utgått från höjdinformation enligt höjdmodellen för beskrivning av nuvarande nivåförhållanden i sjöar och vattendrag.

Allt underlag och alla resultat i rapporten redovisas i höjdsystemet RH 2000.

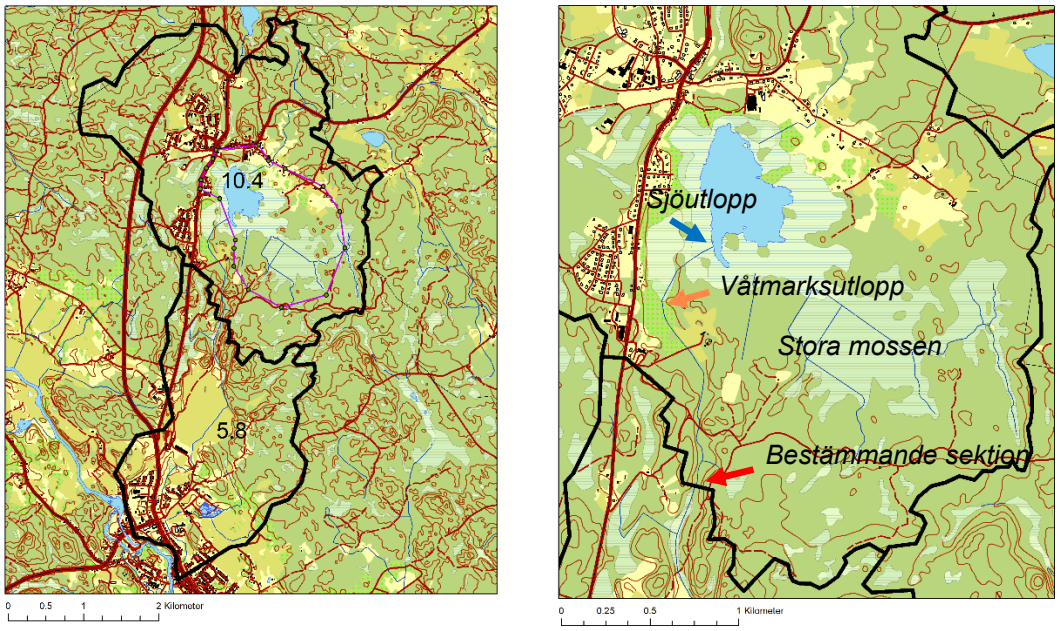
Tabell 2. Underlag till modelleringen.

Underlag	Kommentar
Höjdmodell	Raster 2x2 m från Lantmäteriets laserskanning (Länsstyrelsen).
Ortofoto	Ortofoto, Lantmäteriet, år 1960, 1975 och 2020 (Länsstyrelsen).
Jordartskarta	SGU:s jordartskarta (Länsstyrelsen)
Jorddjupsmodell	SGU:s jorddjupsmodell (10x10 m) med jorddjup i hela meter (Länsstyrelsen)
Fastighetskartan	Kartskikt med markanvändning, vattenytor, bebyggelse, vägar mm. (Länsstyrelsen)
Inmätningar	Data från inmätningar av tvärsektioner (Emåförbundet).
Flödesdata	Data från flödesmätningar vid Hanåsa (Länsstyrelsen).
Foton	Foton tagna i samband med inmätningar (Emåförbundet).
Nederbörd, temperatur	Stationsdata, dygnsmedel (SMHI)
S-HYPE-data	Hydrologiska modelldata, dygnsmedel (SMHI).

3 Områdesbeskrivning

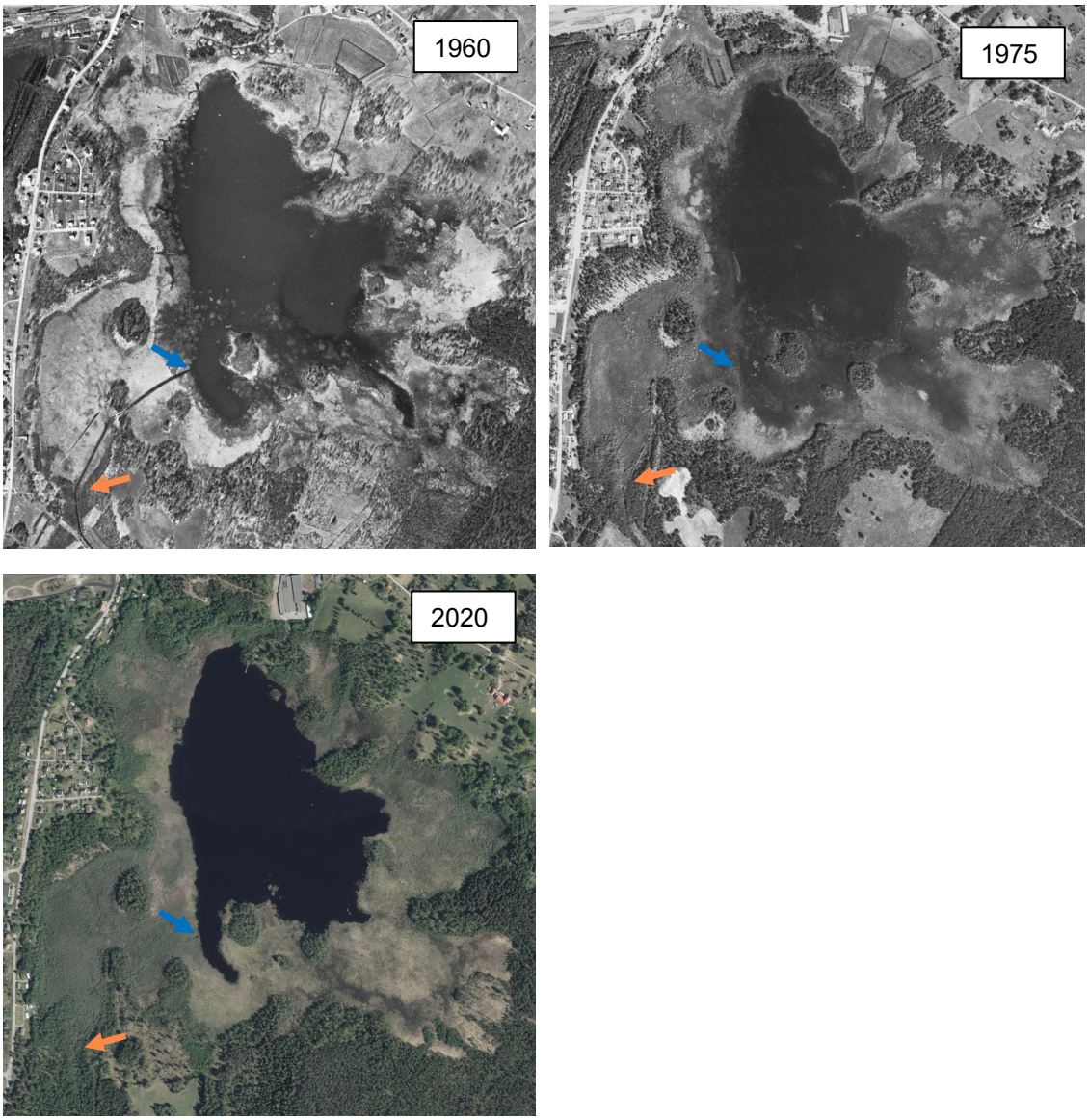
3.1 Kalvenäsesjöns avrinningsområde

Figur 1 visar avrinningsområdet för Kalvenäsesjön och sträckan ner till Emån. Området har delats upp i en övre del med arean 10.4 km^2 och en nedre del med arean 5.8 km^2. Gränsen har dragits ca 1.5 km nedströms sjön, vid den branta delen (2-3 % lutning) där man sannolikt har en bestämmande sektion. Denna punkt benämns ”bestämmande sektionen” och är en lämplig nedre avgränsning för modellen. Åtgärder för att höja Kalvenäsesjön behöver dock ske närmare sjön på grund av nivåskillnaden (ca 2 m) mellan sjön och bestämmande sektionen.



Figur 1. Kalvenäsesjöns avrinningsområde. I detaljkartan till höger markeras nuvarande sjöutlopp, våtmarksutloppet, bestämmande sektionen och Stora mossen. ©Lantmäteriet.

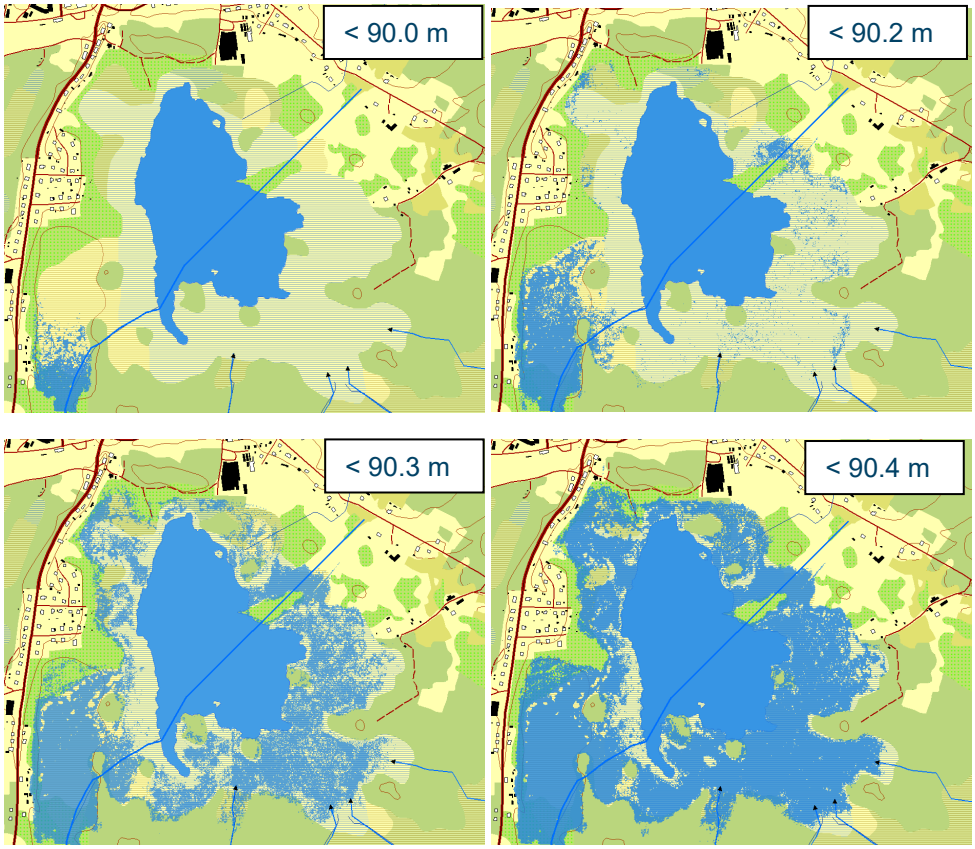
Figur 2 visar ortofoton över det låglänta området runt Kalvenäsesjön från 1960, 1975 och 2020. Bilden från 1960 antas vara tagen nära i tiden efter en större dikesrensning. Man kan här tydligt se diket som går från sjön genom sankmarken väster om sjön och vidare söderut. I bilderna från 1975 och 2020 är det svårare att urskilja diket. Vid jämförelser mellan bilderna framgår även att mossmarken runt sjön har vuxit in en bit i sjön sedan 1960.



Figur 2. Ortofoto från 1960, 1975 och 2020 (ungefärliga årtal). Pilarna markerar sjöutloppet (blå pil) och våtmarksutloppet (orange pil). ©Lantmäteriet. https://minkarta.lantmateriet.se/.

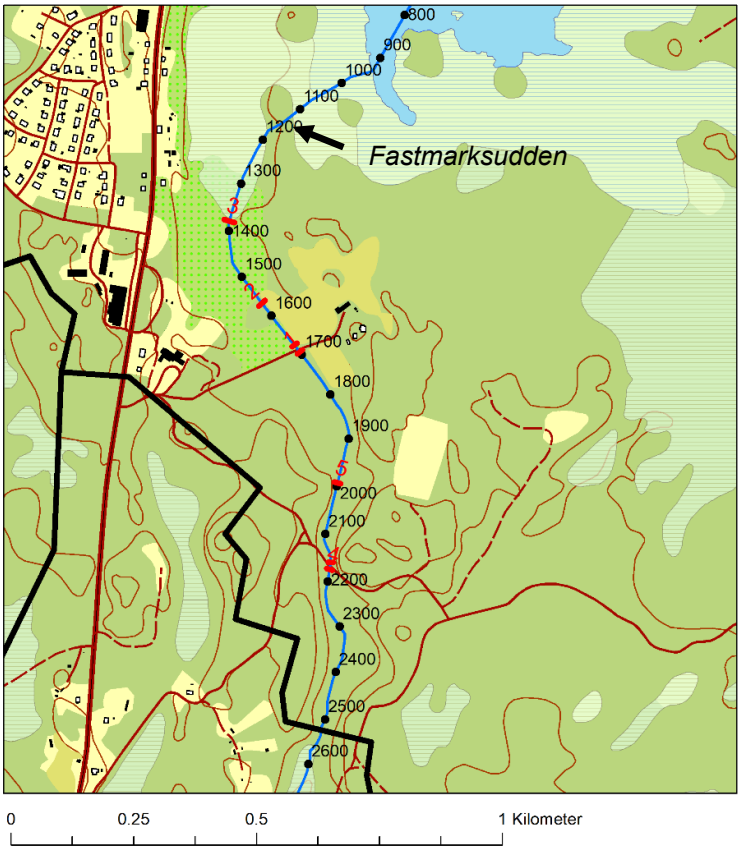
3.2 Höjdförhållanden

Figur 3 visar vilka områden runt Kalvenäsesjön som enligt höjdmodellen ligger under nivån +90.0 m, +90.2 m, +90.3 m och +90.4 m. Vattenutbredningen vid +90.3 till +90.4 m sammanfaller i stort sett med sankmarkens utsträckning enligt fastighetskartan.

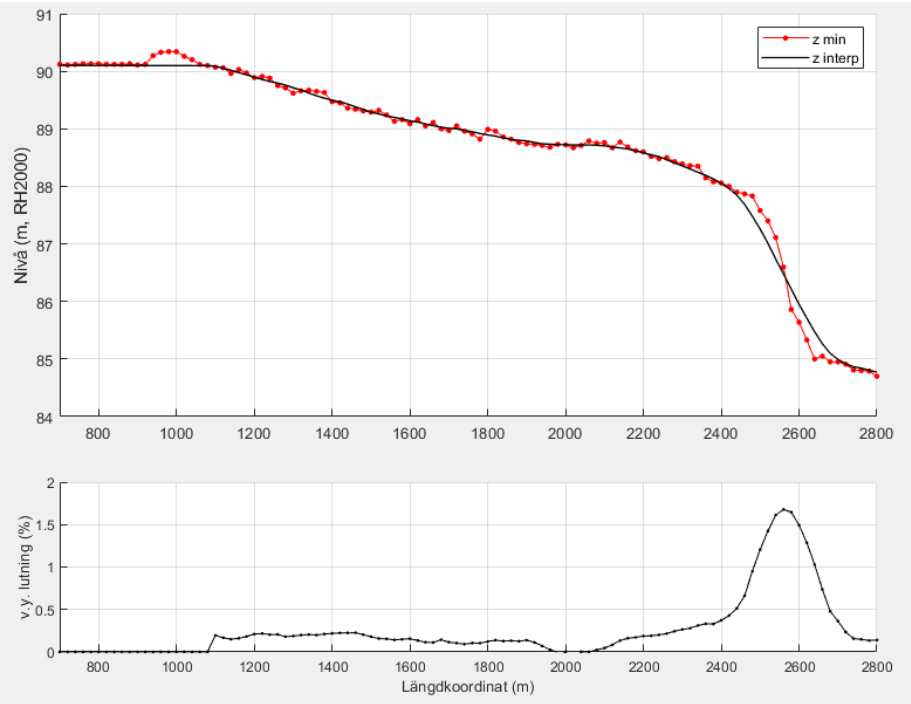


Figur 3. Områden som enligt höjdmodellen ligger under +90.0 m, +90.2 m, +90.3 m och +90.4 m. ©Lantmäteriet.

Figur 4 visar en karta med längdkoordinater och Figur 5 visar fallprofilen för diket nedströms sjön. Området mellan sjöutloppet vid 900 m och våtmarksutloppet vid 1400 m är relativt svårtillgängligt. Till den genomgrävda udden som ligger vid 1150 m är det dock lättare att ta sig och här föreslås att tröskeln som höjer sjön anläggs. Denna plats kallas fortsättningsvis för ”fastmarksudden”.



Figur 4. Längdkoordinater från sjön och ner till bestämmande sektionen vid 2500 m. De röda strecken markerar inmätta tvärsektioner. ©Lantmäteriet.



Figur 5. Fallprofil (övre) och vattenytans lutning (nedre) enligt höjdmodellen från sjön till bestämmande sektionen vid ca 2500 m. I den övre figuren visar röda punkter data från höjdmodellen och svart linje interpolerade värden.

The expert in WATER ENVIRONMENTS

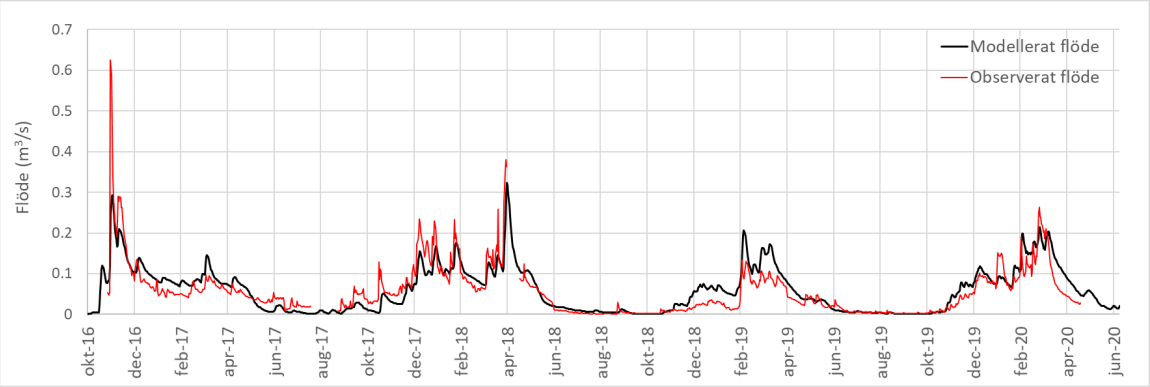
4 Modellering av åtgärdseffekter

4.1 Modellering av åtgärdseffekter med ytvattenmodellen

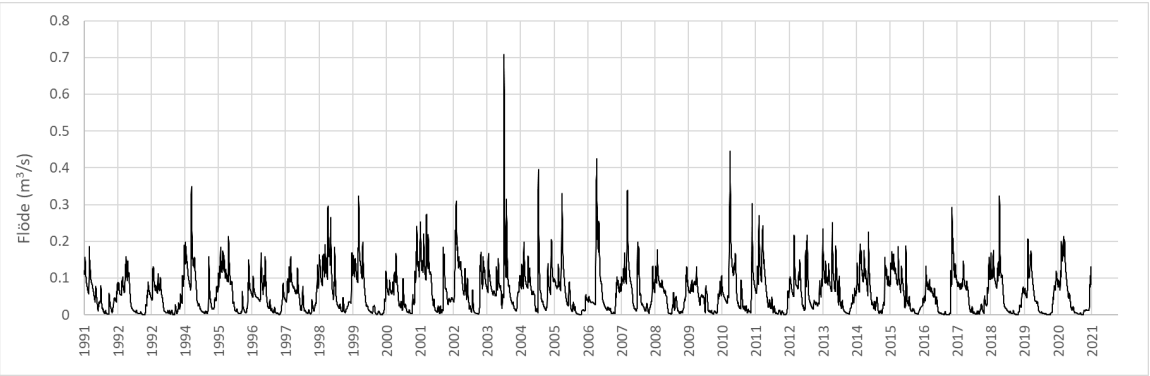
Nedan redovisas beräkningar av flöden och nivåer före och efter höjning av Kalvenäsesjön. Beräkningarna har i ett första steg gjorts enbart med ytvattenmodellen (MIKE Hydro River och NAM). Syftet med dessa beräkningar är att ta fram långa tidsserier för beräkning av karakteristiska nivåer och flöden, samt iterera fram lämplig dimension och tröskelnivå för ett flödesutjämnande utskov vid fastmarksudden. Resultaten från beräkningar med grundvatten-modellen redovisas i Avsnitt 4.2.

4.1.1 Modellberäknade flöden

Flödet i Kalvenäsesjöns avrinningsområde har beräknats med NAM-modellen. Data hämtades från närliggande väderstationer i SMHI:s stationsnät med viktning av nederbördsdata från stationerna Krokshult och Målilla. Modellen kalibrerades först mot en tre år lång observerad flödesserie från Hanåsa. Denna period bedömdes dock vara för kort och den kalibrerade modellen visade tecken på alltför snabb respons på nederbörd. Modellen kalibrerades därför om mot en längre modellberäknad flödesserie från S-HYPE för ett närliggande avrinningsområde med likartade förhållanden (SMHI Vattenwebb, AROID. 634423-558893, 2004-2020). Efter denna kalibrering kördes modellen för ett avrinningsområde med motsvarande storlek som Hanåsa (13.4 km^2) för att kontrollera att modellen fortfarande gav rimlig överensstämmelse med flödesserien från Hanåsa (Figur 6). Därefter simulerades en 30 år lång flödesserie (Figur 7).



Figur 6. Jämförelse mellan modellerade och observerade flöden vid Hanåsa (2016-11–2020-04).



Figur 7. Modellerade flöden vid Hanåsa (1991–2020).

Från den modellerade flödesserien beräknades karakteristiska flöden enligt Tabell 3 för Hanåsa och (genom arealviktning) för våtmarksutloppet strax nedströms Kalvenäsesjön.

Tabell 3. Karakteristiska flöden (m^3/s) för Hanåsa och våtmarksutloppet nedströms Kalvenäsesjön baserat på den modellerade flödesserien 1991–2020.

Flöde	Hanåsa (13.4 km^2)	Våtmarksutloppet (9.7 km^2)
Medel högflöde (MHQ)	0.270	0.200
Medelflöde (MQ)	0.061	0.044
Medel lågflöde (MLQ)	0.003	0.002

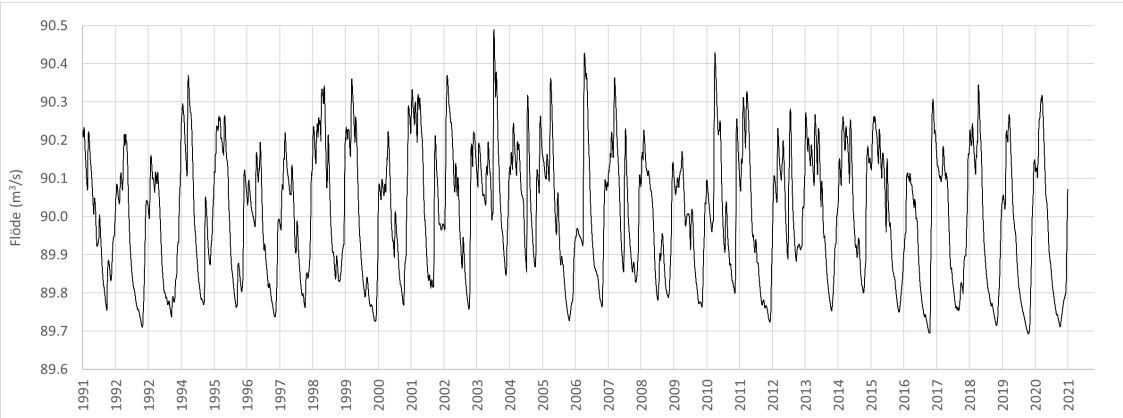
4.1.2 Modellering av nuvarande förhållanden i sjön

De beräknade flödesserierna användes i den hydrauliska modellen (MIKE HYDRO River) för att beräkna tidsserier för vattennivån i sjön och flödena nedströms sjön, före och efter åtgärd.

Observationer som visar hur vattennivån i Kalvenäsesjön varierar över året för nuvarande förhållanden saknas. Enligt den topografiska kartan ligger sjöns medelvattennivå på +90.0 m över havet. Höjdmodellen visar samma nivå i RH 2000 vid skanningstillfället 2010-10-21 och 2011-04-15 (två olika skanningsdatum för samma område). Vid en kontrollmätning av Emåförbundet 2021-11-08 låg sjön på +90.25 m i RH 2000, vilket med hänsyn till de hydrologiska förhållandena under denna period bör motsvara en nivå strax över sjöns medelnivå.

Vid kontrollmätningen 2021-11-08 mättes vattenytan vid fastmarksudden till +90.0 m, vilket visar på en icke försumbar nivåskillnad mot sjön. Även bottennivån mättes in vid fastmarksudden (+89.6 m). I modellen antas samma bottennivå i diket mellan sjön och fastmarksudden. Nedströms fastmarksudden antas jämnt fall ned till närmaste inmätta tvärsektion vid våtmarks-utloppet (bottennivå +89.25 m). Bottenbredden i diket har på denna sträcka satts till 1 m och sluntlutningen till 1:1. Friktionsmotståndet i diket har därefter justerats in så att den beräknade nivåskillnaden blir ca 0.2 m mellan fastmarksudden och sjön vid flöden omkring medelflödet.

Med dessa inställningar har vattennivån i sjön modellerats för 30-årsperioden 1991–2020, se Figur 9. Resultaten visar ett typiskt nivåspann mellan +89.8 m (medel lågvattennivå) och +90.3 m (medel högvattennivå). Sjöns medelnivå hamnar på +90.0 m. Begränsningar i modellbeskrivningen när sjön svämmar över i samband med kraftiga högflöden, samt osäkerheter i höjdmodellens nivåer i torvmarkerna runt sjön, innebär att de högsta vatten-nivåerna blir särskilt osäkra och sannolikt överskattas av modellen. Medelvärdet över hela perioden påverkas i mindre grad av detta.

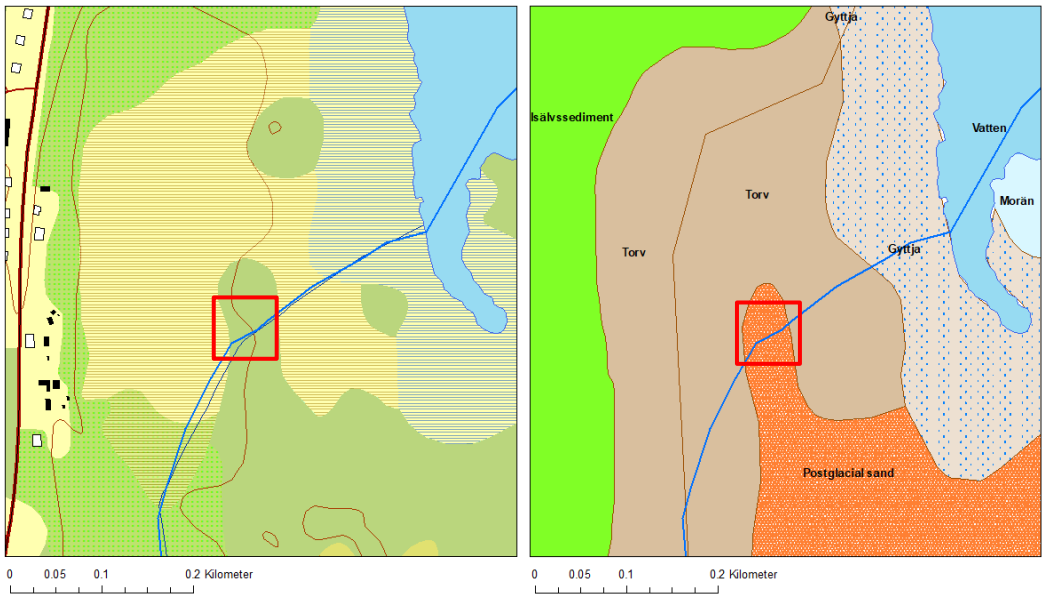


Figur 8. Modellerade sjönivåer för nuvarande förhållanden (före åtgärd) för perioden 1991–2020.

The expert in WATER ENVIRONMENTS

4.1.3 Beskrivning av åtgärden

Höjningen av sjön antas ske genom att anlägga ett flödesutjämnande utskov bestående av ett fast skibord med ett bottenutskov i diket i höjd med fastmarksudden (Figur 9). Ingen del av utskovet antas vara reglerbar.



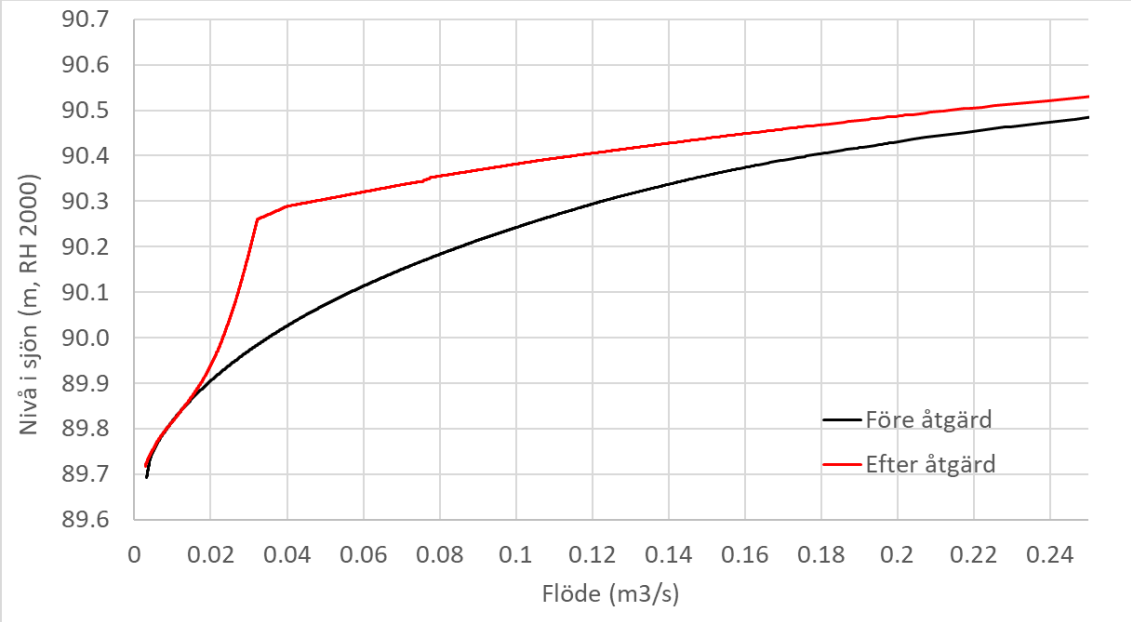
Figur 9. Markering av möjligt läge för ett flödesutjämnande utskov i fastmarksudden. ©Lantmäteriet.

Syftet med utskovet är att höja upp sjön och därmed kunna magasinera mer vatten under perioder med hög tillrinning, utan att påverka de högsta nivåerna i sjön alltför mycket. Botten-utskovet ska tillåta sjön att sjunka till samma låga nivåer som tidigare under perioder med låg tillrinning så att magasinet kan nyttjas fullt ut och bidra till högre lågflöden nedströms sjön.

Genom testkörningar i modellen med olika tröskelnivåer, tröskelbredder samt storlek på öppningen i bottenutskovet har följande ungefärliga mått itererats fram:

- Skibord: tröskelnivå +90.25 m, tröskelbredd 2.5 m.
- Bottenutskov: bottennivå +89.6 m, bredd 0.15 m, höjd 0.1 m.

Figur 10 visar ett beräknat samband (Q-H-samband) mellan vattennivån i sjön och utflödet från sjön före och efter åtgärd. Figur 11 visar en bild av befintligt dike genom fastmarksudden, samt en princip-bild (från en annan plats) av ett flödesutjämnande utskov med kombinerat skibord och bottenutskov.



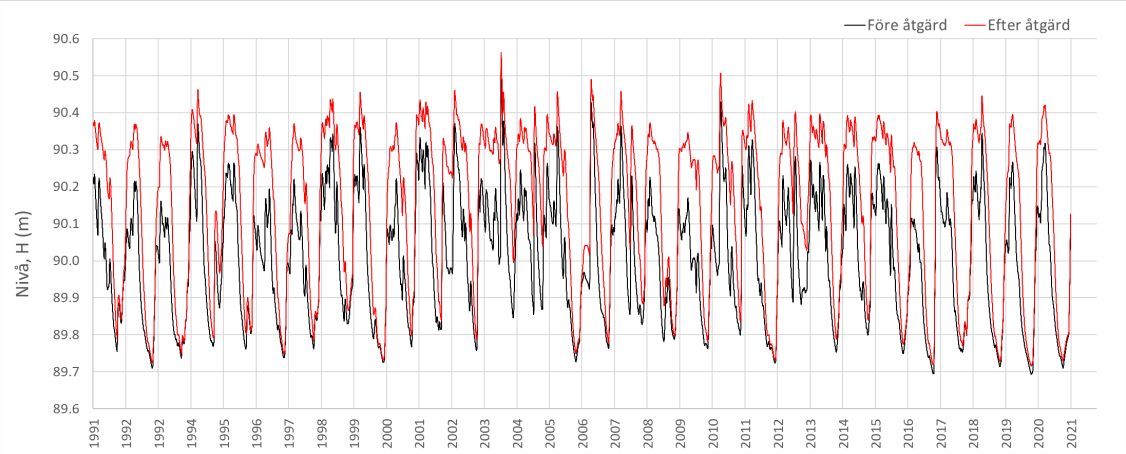
Figur 10. Beräknat Q-H-samband för sjöutloppet före och efter åtgärd. Efter åtgärd minskar avbördningskapaciteten vid sjönivåer över +89.9 m för att sedan öka snabbt vid sjönivåer över +90.25 m.

Figur 11. Bild från fastmarksudden (vänster). Princip-bild (från en annan plats) av ett flödes-utjämnande utskov med skibordströskel och bottenutskov (höger). Foto: Emåförbundet.

4.1.4 Modellering av nivåer före och efter åtgärd

Figur 12 visar modellerade nivåer i Kalvenäsesjön före/efter åtgärd för 30-årsperioden 1991–2020. Tabell 4 visar karakteristiska nivåer och Figur 13 visar motsvarande varaktighetsdiagram.

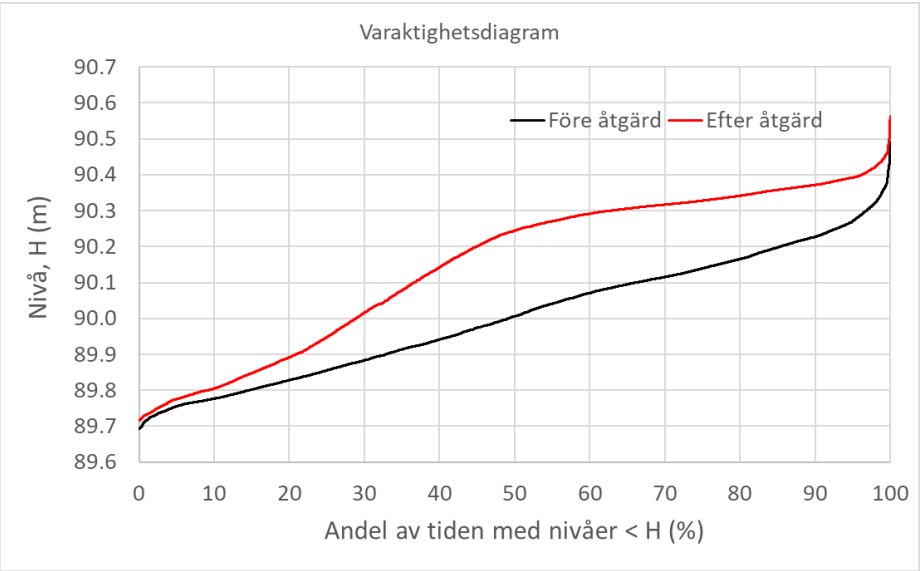
Av figurerna framgår att åtgärden innebär en ökad nivåamplitud i sjön med praktiskt taget oförändrade lägstanivåer under sommar/höst. Medelvattennivån ökar med 0.15 m och medelhögvattennivån med ungefär lika mycket, se Tabell 4. Av varaktighetsdiagrammet (Figur 13) framgår att sjöns mediannivå ökar med 0.25 m, från +90.0 m till +90.25 m.



Figur 12. Modellerade nivåer i Kalvenäsesjön före åtgärd (svart linje) och efter åtgärd (röd linje) för perioden 1991–2020.

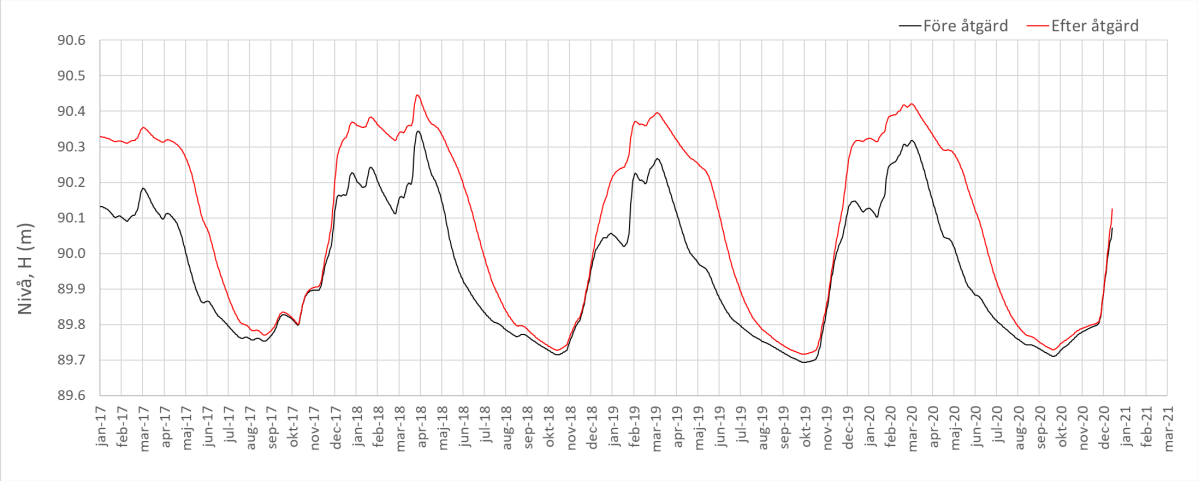
Tabell 4. Karakteristiska nivåer i Kalvenäsesjön före och efter åtgärd baserat på modellberäkningar 1991–2020.

Vattennivå	Före åtgärd	Efter åtgärd
Medel högvatten (MHW)	90.30	90.42
Medelvatten (MW)	90.00	90.15
Medel lågvatten (MLW)	89.77	89.80



Figur 13. Varaktighetsdiagram för beräknade nivåer i Kalvenäsesjön före och efter åtgärd.

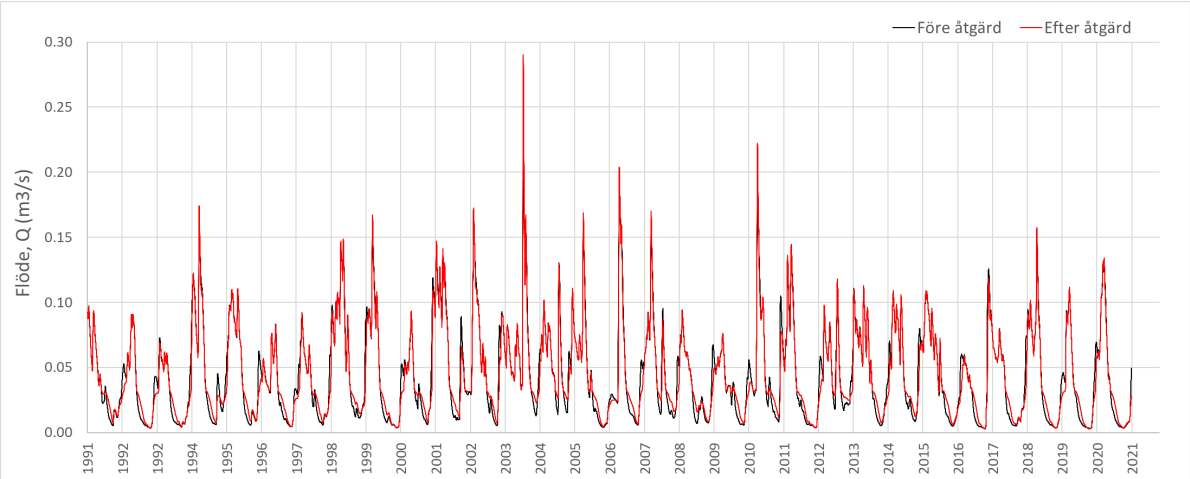
Figur 14 visar uppförstorat till de senaste åren hur vattennivån skulle förändras efter åtgärden. Enligt beräkningarna för denna period skulle sjön sjunka under +90.0 m (nuvarande MW) 1–1.5 månad senare på våren eller försommaren, respektive under +89.8 m (nuvarande MLW) 0.5–1 månad senare på sommaren.



Figur 14. Samma diagram som i Figur 12, men in-zoomat till perioden 2017–2020.

4.1.5 Modellering av flöden före och efter åtgärd

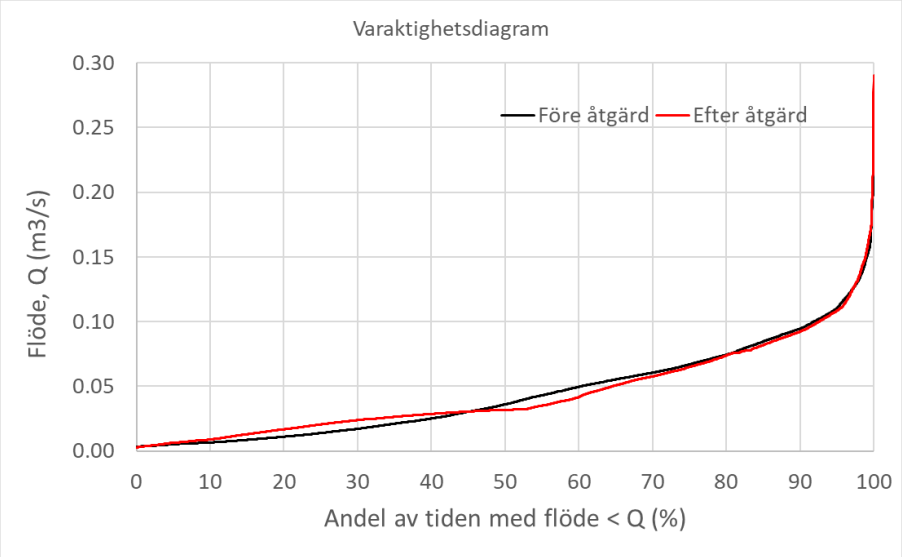
Figur 15 visar beräknade flöden vid våtmarksutloppet före och efter åtgärd för 30-årsperioden 1991–2020. Tabell 5 visar karakteristiska flöden och Figur 16 visar motsvarande varaktighets-diagram.



Figur 15. Modellerade flöden vid våtmarksutloppet före åtgärd (svart linje) och efter åtgärd (röd linje) för perioden 1991–2020.

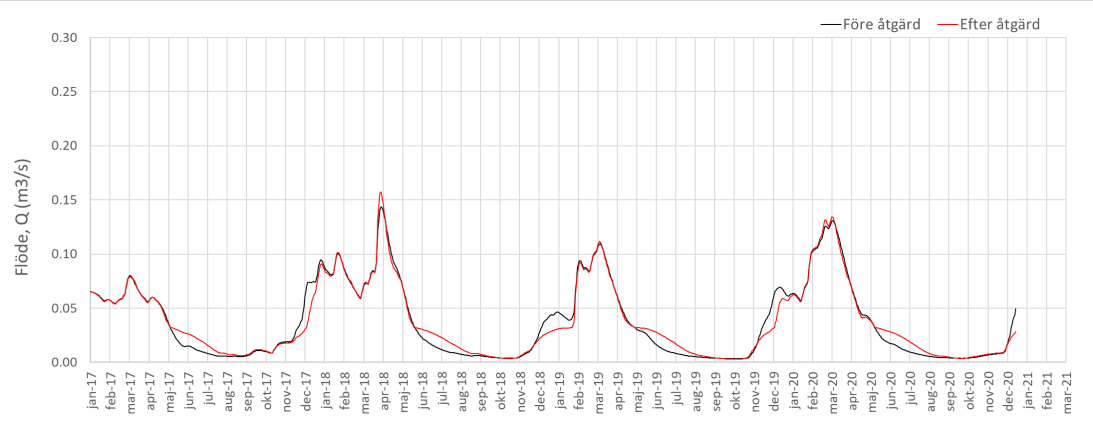
Tabell 5. Karakteristiska flöden (m^3/s) före och efter åtgärd vid våtmarksutloppet.

Flöde	Före åtgärd	Efter åtgärd
Medel högflöde (MHQ)	0.128	0.134
Medelflöde (MQ)	0.045	0.045
Medel lågflöde (MLQ)	0.007	0.009

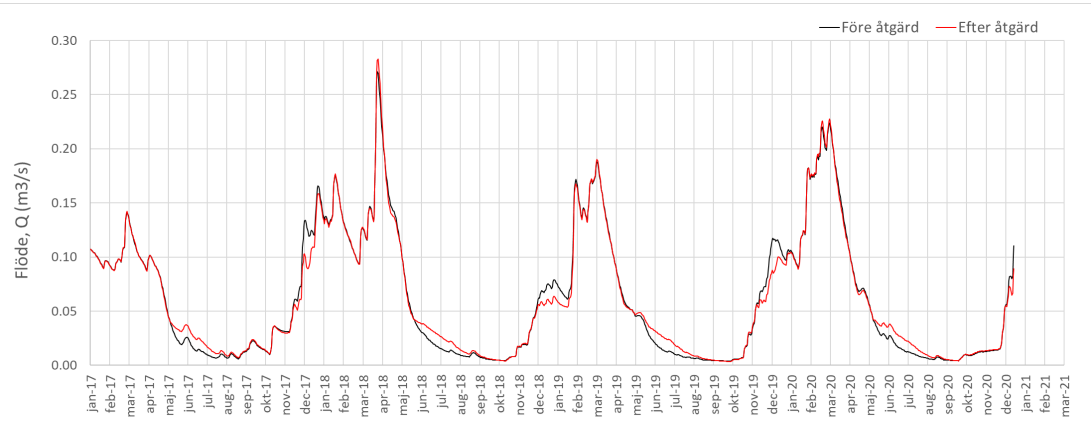


Figur 16. Varaktighetsdiagram för beräknade flöden nedströms Kalvenäsesjön före och efter åtgärd.

Figur 17 visar i en uppförstorad figur hur flödena skulle förändras efter åtgärd. Enligt beräkningen skulle åtgärden resultera i en icke försumbar höjning av lågflödena under framförallt juni och juli månad. Denna effekt skulle kvarstå hela vägen ner till utloppet i Emån vid Högsby, ca 6 km nedströms Kalvenäsesjön (Figur 18).



Figur 17. Samma som Figur 15, men uppförstorat till perioden 2017–2020.



Figur 18. Beräknade flöden vid utloppet till Emån före åtgärd (svart linje) och efter åtgärd (röd linje).

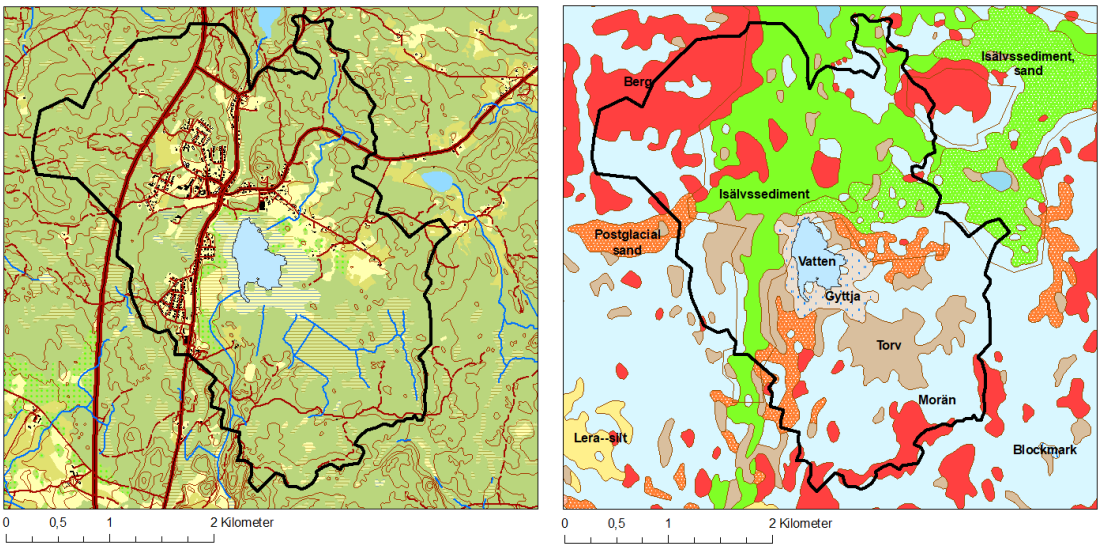
4.2 Modellering av åtgärdseffekter med grundvattenmodellen

Nedan redovisas resultat från grundvattenmodellen före och efter höjning av Kalvenäsesjön. Utöver flöden och vattennivåer i sjön redovisas vattendjup på mark samt grundvattennivåer i området Stora mossen.

4.2.1 Modell-setup

Grundvattenmodellen (MIKE SHE) innefattar den övre delen av Kalvenäsesjöns avrinnings-område på 10.4 km^2 (Figur 19). Modellen har en rumslig upplösning på 20 x 20 m och är uppbyggd utifrån jorddjupsmodell och jordartskarta från SGU, samt topografi från Lantmäteriets höjdmodell. Standardvärden för hydraulisk konduktivitet (K), vattenavgivningstal (S_y) och magasinskoefficient (S_s) har ansatts för respektive jordartstyp. För berg används uppgifter om hydraulisk konduktivitet i berg från SGU.

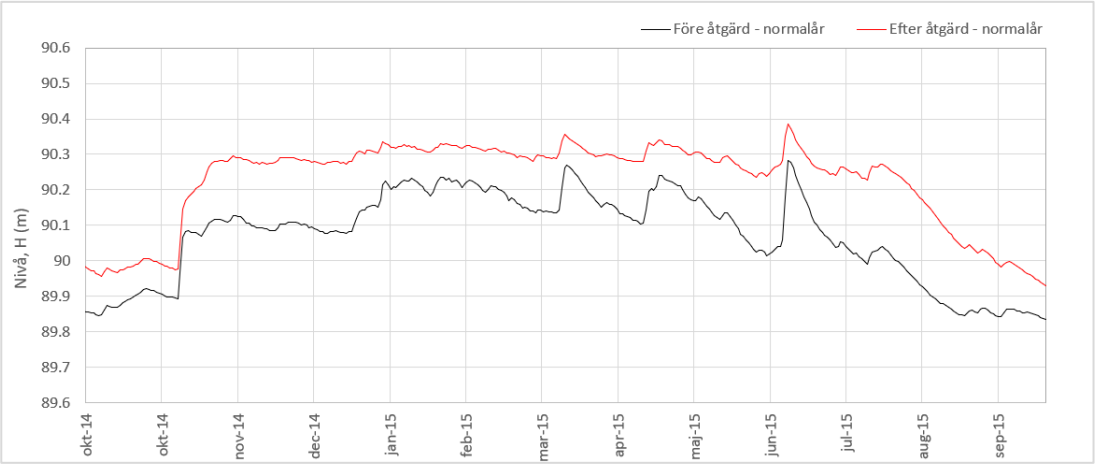
Modellen drivs av meteorologiska data (nederbörd, temperatur och potentiell avdunstning). Modellen är också kopplad till ytvattenmodellen, både till diket nedströms sjön och till dikes-systemet runt Stora mossen. Kopplingen innebär att det i varje tidssteg i modellen kan ske ett utbyte mellan grund- och ytvatten i båda riktningar. Perioden som har simulerats är oktober 2013 till oktober 2015, där det andra året, oktober 2014 till oktober 2015, har valts för utvärdering. Båda dessa år kan betraktas som normala år med hänsyn till avrinningen och benämns fortsättningsvis ”normalår”.



Figur 19. Modellområde för grundvattenmodellen (avgränsat av svart linje) till vänster. SGU:s jordartskarta till höger. ©Lantmäteriet.

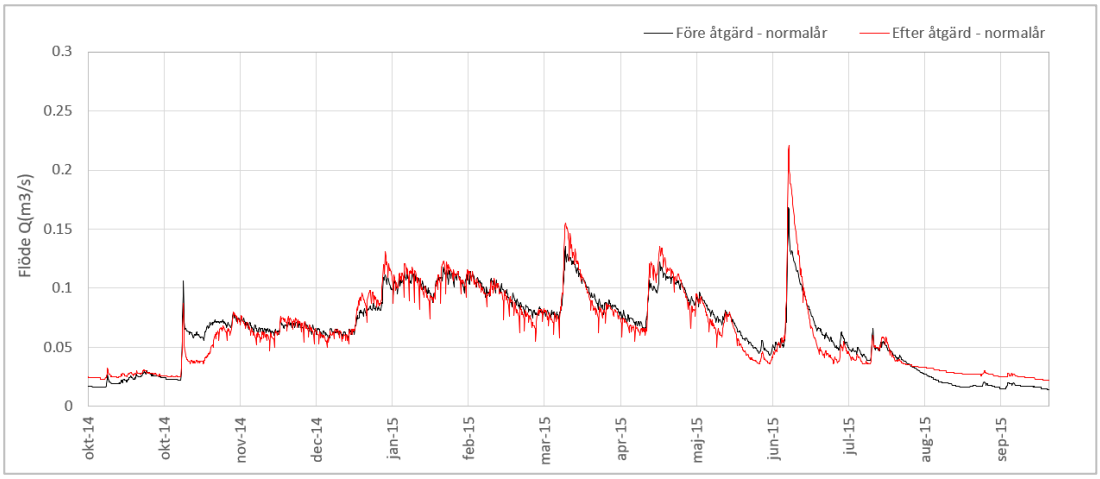
4.2.2 Resultat för normalår

Figur 20 visar modellerade sjönivåer före/efter åtgärd för normalåret 1:a okt 2013 till 1:a okt 2014. Resultaten (förändringen) överensstämmer i stort med resultaten från den renodlade ytvattenmodellen.



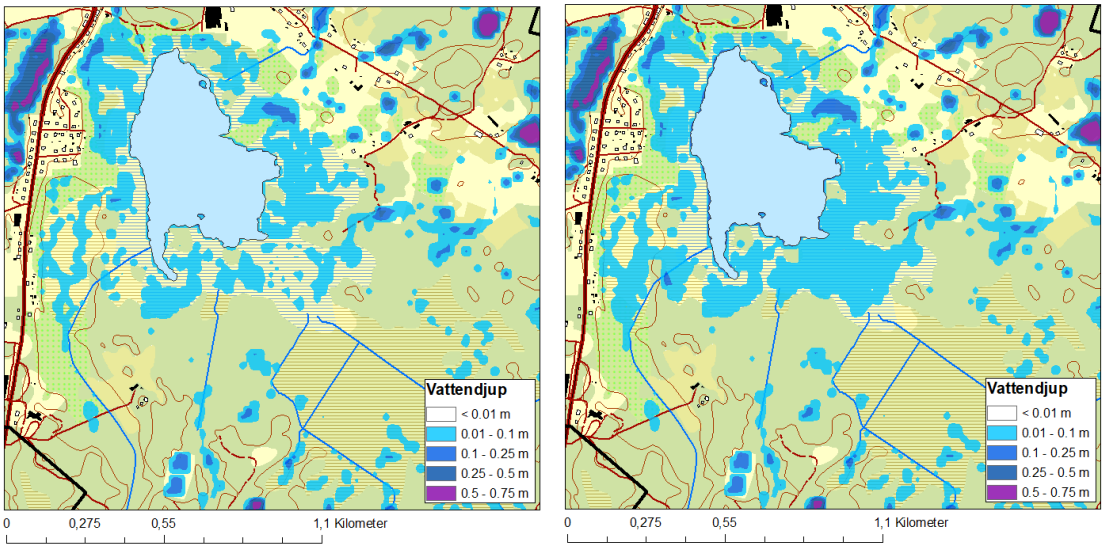
Figur 20. Modellerade sjönivåer före åtgärd (svart linje) och efter åtgärd (röd linje) för normalåret okt 2014 – okt 2015.

Beräknade flöden längst ner i modellområdet vid den bestämmande sektionen visar motsvarande höjning av lågflödena under sommar/höst som den renodlade ytvattenmodellen, och i övrigt ingen stor påverkan på flödena, se Figur 21.



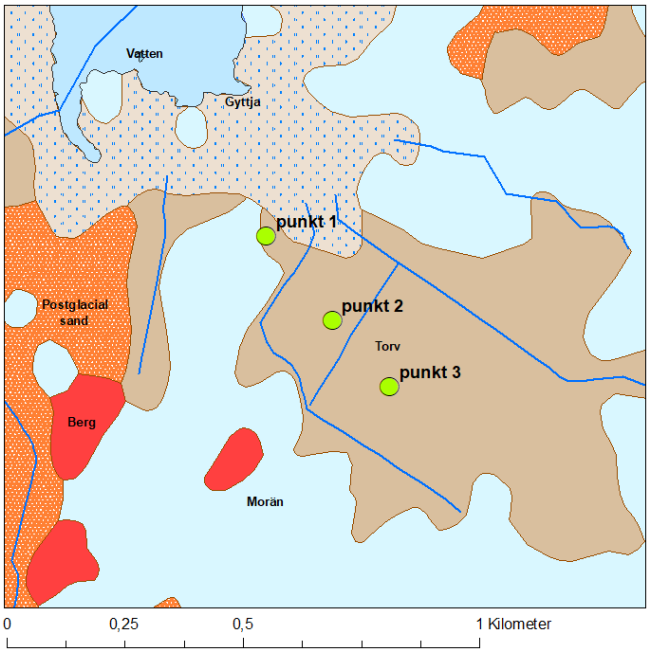
Figur 21. Modellerade flöden vid bestämmande sektionen före åtgärd (svart linje) och efter åtgärd (röd linje) för normalåret okt 2014 – okt 2015.

Figur 22 visar modellerat vattendjup på markytan runt Kalvenäsesjön, före och efter åtgärd, vid en blöt tidpunkt under normalåret okt 2014–okt 2015. Vid den aktuella tidpunkten ligger sjöns nivå i modellen på +90.14 m i scenariot utan åtgärd och på +90.30 m i scenariot med åtgärd. De redovisade vattendjupen motsvarar i båda fallen (med och utan åtgärd) en vattennivå på +90–90.1 m i närheten av de mest utsatta fastigheterna i sydvästra delen av våtmarksområdet. Vid industribyggnaden norr om sjön ligger vattennivån i båda fallen på +90.3–90.4 m

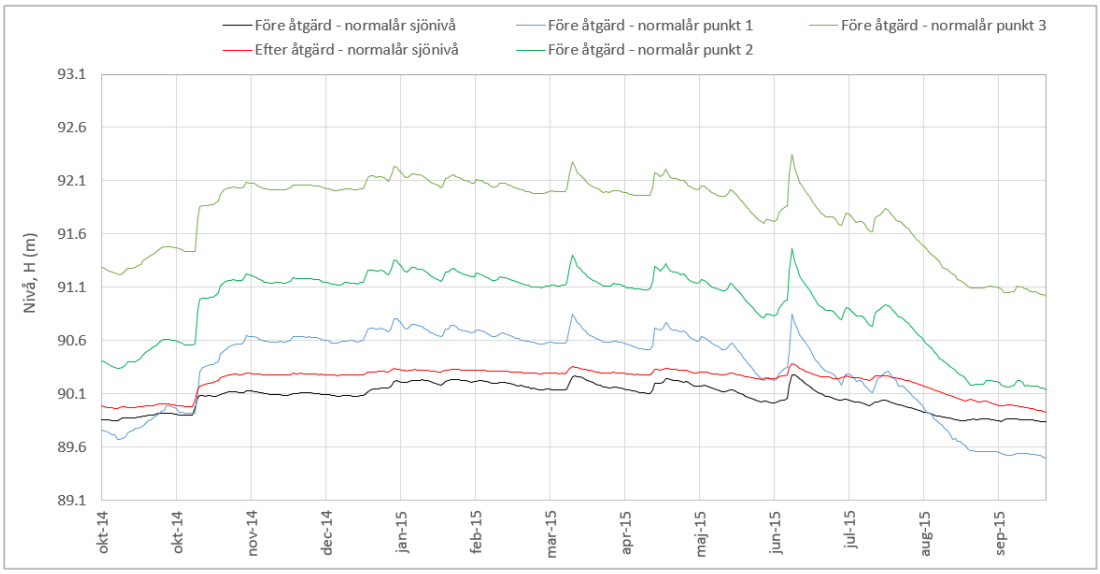


Figur 22. Modellerat vattendjup på markytan runt sjön vid en blöt tidpunkt under normalåret okt 2014 – okt 2015. Vattendjup före åtgärd till vänster och efter åtgärd till höger.

Figur 23 visar läget för punkter med redovisade grundvattennivåer i Stora mossen i Figur 24. Redovisade grundvattennivåer avser normalåret okt 2014 – okt 2015 och fallet före åtgärd. Motsvarande grundvattennivåer efter åtgärd skiljer sig obetydligt från dessa och visas därför inte i diagrammet. Höjningen av sjön innebär alltså inte någon påverkan på modellerade grundvattennivåer i Stora mossen.



Figur 23. Läge för de tre punkterna med redovisade grundvattennivåer i Stora mossen. ©Lantmäteriet.

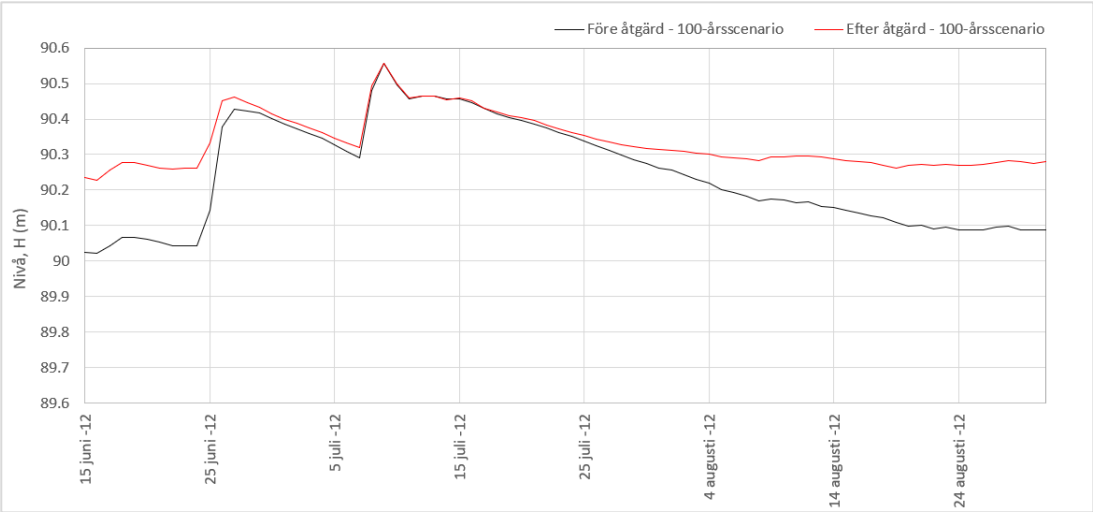


Figur 24. Modellerade grundvattennivåer i Stora mossen före åtgärd för normalåret okt 2014–okt 2015, samt modellerade sjönivåer före åtgärd (svart linje) och efter åtgärd (röd linje) för samma period.

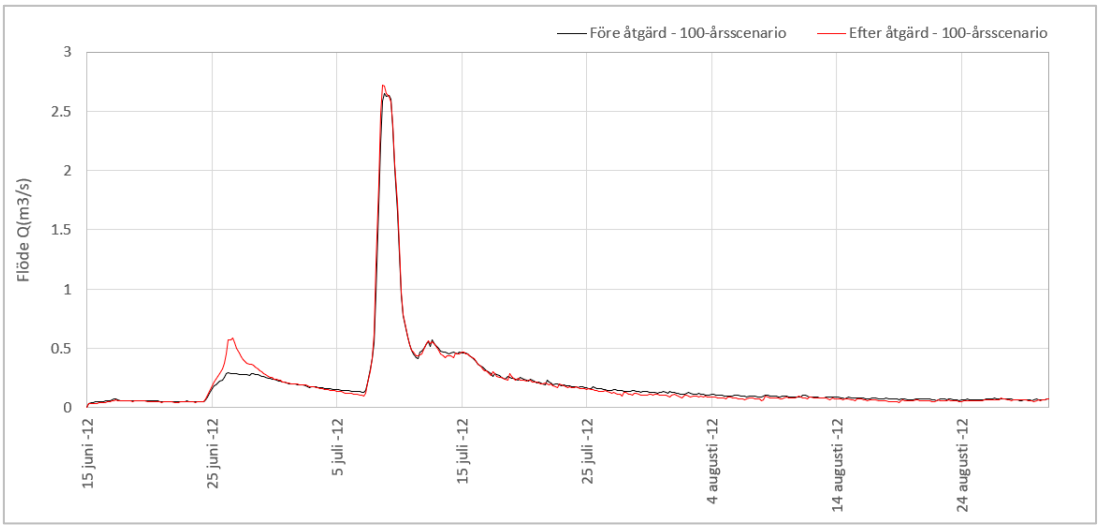
4.2.3 Resultat för 100-årsscenariot

Modellen har även använts för att simulera nivåer och flöden för ett 100-årsregn med 1 dygns varaktighet. Sannolikt är dock detta scenario mer extremt än så eftersom det även innehåller en inledande blöt period som gör att marken är vattenmättad redan före 100-årsregnet. Beräknade sjönivåer i Figur 25 visar att sjön skulle stiga till nivåer omkring +90.5 m både före och efter åtgärd. Även maxflödet nedströms sjön skulle vara oförändrat (Figur 26).

Beräknade sjönivåer och flöden är osäkra med tanke på den översiktliga beskrivningen av sjöutloppet och osäkerheter i höjddata. Från resultaten kan man ändå dra slutsatsen att åtgärden inte skulle leda till högre sjönivåer eller maxflöden i ett extremt scenario som detta.

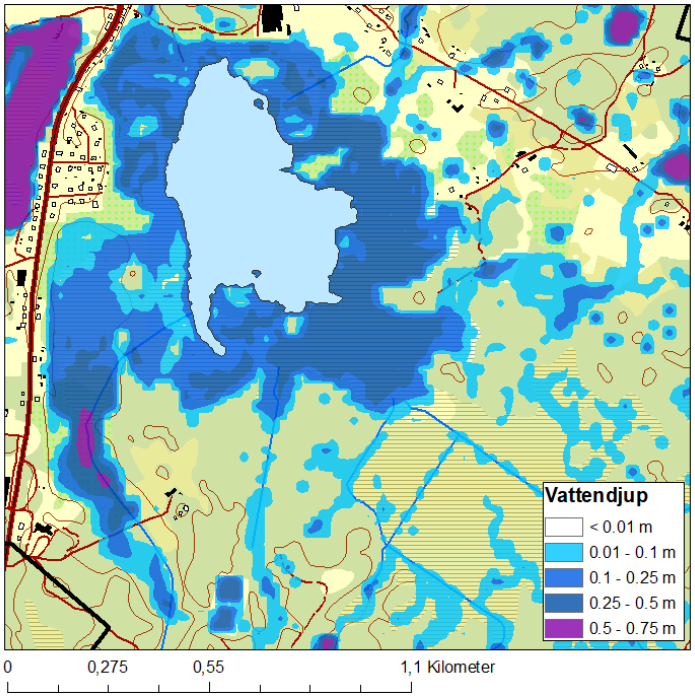


Figur 25. Modellerade sjönivåer före åtgärd (svart linje) och efter åtgärd (röd linje) för 100-årsccenariet.



Figur 26. Modellerade flöden vid bestämmande sektionen före åtgärd (svart linje) och efter åtgärd (röd linje) för 100-årsccenariet.

Figur 27 visar modellerat vattendjup på markytan runt Kalvenäsesjön före åtgärd vid en tidpunkt nära maxnivån under 100-årsscenariot. Eftersom skillnaden i vattendjup och vattennivåer kring sjön är obetydlig före/efter åtgärd redovisas endast resultat från fallet utan åtgärd. Vid tidpunkten ligger sjöns nivå på +90.55 m.



Figur 27. Modellerat vattendjup på markytan runt sjön under 100-årsscenariet. Figuren visar vattendjup före åtgärd.

För grundvattennivåerna i området Stora mossen blir resultaten i 100-årsscenariet i likhet med normalåret att nivåerna efter åtgärd skiljer sig obetydligt från nivåerna före åtgärd. Höjningen av sjön innebär alltså inte heller i 100-årsscenariet någon påverkan på modellerade grundvattennivåer i Stora mossen.

5 Diskussion och slutsatser

- Modelleringen har visat hur stor potentialen är för flödesutjämning vid höjning av Kalvenäsesjön med ett fast utskov vid sjöutloppet, samt vilka effekter detta skulle få på grundvattennivåerna i området Stora mossen.
- Underlaget till utredningen är översiktligt och tillgången till data för kalibrering och kontroll har varit begränsad. Resultaten ska därför i första hand användas för att utläsa den relativa effekten av åtgärden på flöden och nivåer. Antagna dimensioner och tröskelnivåer för det flödesutjämnande utskovet bör betraktas som ungefärliga.
- Resultaten visar att ett flödesutjämnande utskov vid den genomgrävda fastmarksudden strax nedströms dagens sjöutlopp skulle göra det möjligt att hålla kvar en större vattenvolym i sjön inför sommaren och sedan nyttja den magasinerade volymen för att höja lågflödena under sommar och tidig höst.
- Åtgärden skulle, trots en måttlig höjning av sjönivåerna (0.15 m högre medelvattennivå), ge en relativt stor effekt på lågflödena direkt nedströms sjön. Med ca 0.25 m högre sjönivåer i maj/juni skulle lågflödena kunna fördubblas under följande två månader. Förändringen av lågflödena under sommaren skulle bli ungefär densamma längs med hela åsträckan ner till utloppet i Emån vid Högsby.
- Fastmarksudden bedöms vara en lämplig plats för åtgärden, dels genom att den är relativt lättillgänglig, dels för att läget nära sjön och den lokala topografin gör det möjligt att uppnå stor effekt med ett litet ingrepp på platsen. En höjning av sjön vid fastmarksudden har också fördelen att närliggande fastigheter till våtmarksområdet direkt nedströms fastmarksudden skulle påverkas marginellt av åtgärden. Det gäller även vid extrema flödessituationer.
- Simuleringar med grundvattenmodellen har visat att åtgärden inte skulle höja grundvattennivåerna i Stora mossen. Åtgärden skulle inte heller leda till högre maxnivåer i sjön eller högre maxflöden nedströms sjön i ett extremt scenario med omkring 100 års återkomsttid.
- Om åtgärder planeras föreslås kontinuerliga nivåmätningar i Kalvenäsesjön under en längre tid (ett år eller längre) före och efter åtgärd för uppföljning av åtgärdseffekter. Flödesmätningar nedströms sjön ses som ett komplement. De kan göras vid enstaka tillfällen, men bör täcka in både låga, medelhöga och höga flöden. Lämplig plats för flödesmätning är nedströms sjön och våtmarksområdet, exempelvis i anslutning till den närmaste vägtrumman nedströms sjön.

6 Referenslista

/1/ Vattendragsmodell för Emån – Modelluppbyggnad och inledande simuleringar. Rapport för Länsstyrelsen i Kalmar län, sept 2016, DHI uppdragsnr. 12802459.

/2/ Modelluppdatering och fördjupad analys med Emåns vattendragsmodell. Rapport för Länsstyrelsen i Kalmar län, maj 2018, DHI uppdragsnr. 12803406.