

Dammutrivning Tyresån

Sträckan Drevviken – Fatburen



Tyresö kommun

Rapport

Mars 2021

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

ISO 9001
Management System Certification

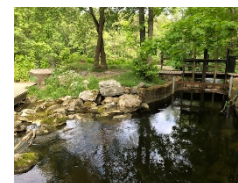
BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S



Dammutrivning Tyresån

Sträckan Drevviken – Fatburen

Framtagen för Tyresö kommun
Kontaktperson Per Tholander



Utskov vid Kvarndammen (Nyfors) vid utloppet av Tyresö-Flaten, juni 2020.

Projektledare	Markus Petzén
Kvalitetsansvarig	Markus Petzén
Handläggare	Ola Nordblom
Uppdragsnummer	12804597
Godkänd datum	2021-03-10
Version	v1.1
Klassificering	Öppen



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Bakgrund och syfte	1
2	Höjdsystem.....	1
3	Underlag till utredningen	2
3.1	Befintliga data och modeller.....	2
3.2	Inmätningar i fält	2
3.3	Karakteristiska flöden och nivåer	2
3.4	Dammanläggningar.....	4
4	Hydraulisk modell	5
4.1	Modellområde och uppdateringar	5
4.2	Kalibrering på sträckan Drevviken–Tyresö-Flaten.....	5
5	Beräkning av dämningpåverkan från Tyresö-Flaten till Drevviken.....	8
6	Tappningskapacitet vid Nyfors före och efter dammutrivning.....	10
6.1	Beräknat inflöde till Tyresö-Flaten 2011–2019	10
6.2	Tappningskapacitet före dammutrivning vid Nyfors.....	10
6.3	Tappningskapacitet efter dammutrivning vid Nyfors.....	12
6.4	Tappningskapacitet med nya trösklar vid Nyfors	12
7	Påverkan av dammutrivning vid normala förhållanden	15
8	Modellering av tappningen vid Uddby och Fatburen före och efter dammutrivning vid Fatburen	21
9	Påverkan av dammutrivning vid extrema flöden	23
10	Sammanfattning och slutsatser	24
11	Referenser	25

1 Bakgrund och syfte

Tyresö kommun arbetar med översvämningsfrågor, klimatanpassningsåtgärder, samt åtgärder för förbättrad konnektivitet och hydrologisk regim i Tyresån. Som en del i det pågående arbetet förs diskussioner om att riva ut kommunens dammanläggning vid Nyfors som idag reglerar vattennivån i sjön Tyresö-Flaten, samt även påverkar uppströms sjösystem.

För att bl.a. avgränsa sakägarkretsen vid kommande samråd behöver kommunen utreda dämningpåverkan uppströms Nyfors både med dagens regleringsförutsättningar och vid en ev. utrivning av dammen. DHI har därför fått i uppdrag av kommunen att genomföra en analys av hur vattennivåerna i området skulle påverkas av en dammutrivning vid Nyfors.

Analysen genomförs med en hydraulisk modell av Tyresån nedströms Drevviken. Mer specifikt ingår följande delar i DHI:s uppdrag (huvuduppdraget):

1. sätta upp en hydraulisk modell för sträckan Drevviken – havet med utgångspunkt från en befintlig, men mer översiktlig, hydraulisk modell från MSB
2. beräkna vattennivåer på sträckan Drevviken – Nyfors vid karakteristiska flöden (låg-, medel- och högvattenföring), samt översvämningsutbredning vid extremflöden före och efter dammutrivning vid Nyfors
3. utreda behovet av en ny dammtröskel vid Nyfors, samt ge förslag på lämplig tröskelnivå och tröskelbredd.

Tilläggsuppdrag

I ett tillägg till ovan har DHI fått i uppdrag att beräkna högvattennivåer i Albysjön och Fatburen vid en ev. utrivning av dammen vid Fatburens utlopp. Resultatet utgör bl.a. underlag till anläggning av en ny bro över Albysjön. Förutsättningen för denna analys är att en ny tröskel anläggs en bit uppströms Fatburen.

2 Höjdsystem

Alla nivåer i rapporten redovisas i höjdsystemet RH 2000. I underlagsdata från tidigare utredningar (/3/, /4/) har nivåer i höjdsystemet RH 00 räknats om till RH 2000 genom att addera 0.52 m till nivåer i RH 00.

3 Underlag till utredningen

3.1 Befintliga data och modeller

Underlaget till utredningen utgörs av:

- Höjdmodell (Lantmäteriets NH grid 2+), samt LAS-data erhållet från kommunen.
- Observerade vattennivåer vid Drevvikens utlopp och i Tyresö-Flaten, dygnsvärden 2011-2019, erhållet från kommunen.
- Hydrologiska data från SMHI (/2/).
- Uppgifter om dammar och trösklar från tidigare utredningar (/3/, /4/).
- Modell-setup i MIKE 11 från MSB:s översvämningskartering av Tyresån (/1/).
- Kompletterande data för dammen vid Fatburen från kommunen.

3.2 Inmätningar i fält

Inmätningar av tvärsektioner och dammstrukturer gjordes i början av juni 2020. Sammanlagt mättes 17 tvärsektioner in på sträckan mellan Drevviken och Fatburen (6 st i Gudö å, 4 st i Gammelströmmen, 6 st vid Nyfors och 1 st mellan Albysjön och Fatburen). Därutöver mättes luckutskoven vid Nyfors in.

3.3 Karakteristiska flöden och nivåer

Uppgifter om karakteristiska flöden och vattennivåer har sammanställts i Tabell 1 och Tabell 2 nedan. Figur 1 visar ett varaktighetsdiagram baserat på observerade nivåer vid Drevvikens utlopp och i Tyresö-Flaten för perioden 2011/06 – 2019/06. För dessa data kan följande noteras:

- Flödesstatistiken från S-HYPE (Tabell 1) skiljer sig något från tidigare data (/4/).
- Enligt nivåobservationerna skiljer det ca 30 cm mellan nivån i Drevviken och Tyresö-Flaten (jfr. Figur 1).

Utöver detta har kommunen lämnat uppgifter om att nivån i Albysjön var ca +14.40 m den 19–20 december 2019. Samtidigt gick det ca 3 m³/s genom kraftverket vid Uddby, respektive 2.7 m³/s genom utskoven. Om man utgår från att det modellerade flödet vid Albysjöns utlopp är korrekt (11.3 m³/s enligt S-HYPE), så gick det samtidigt 5.6 m³/s genom Follbrinkströmmen (överensstämmer med mätdata).

Tabell 1. Karakteristiska flöden vid sjöutloppen.

	Gudö å, utlopp Drevviken (m ³ /s)	Utlopp Tyresö-Flaten (m ³ /s)	Utlopp Albysjön (m ³ /s)
Uppgifter från MSB:s översvänningskartering (/1/)			
HQ200	21	i.u.	i.u.
HQ100	19	i.u.	i.u.
HQ50	17	i.u.	i.u.
Flödesstatistik, modelldata från S-HYPE 1981–2010 (/2/)			
MHQ	6.7	7.1	7.5
MQ	2.0	2.1	2.2
MLQ	0.3	0.3	0.4

Tabell 2. Karakteristiska nivåer i sjöarna.

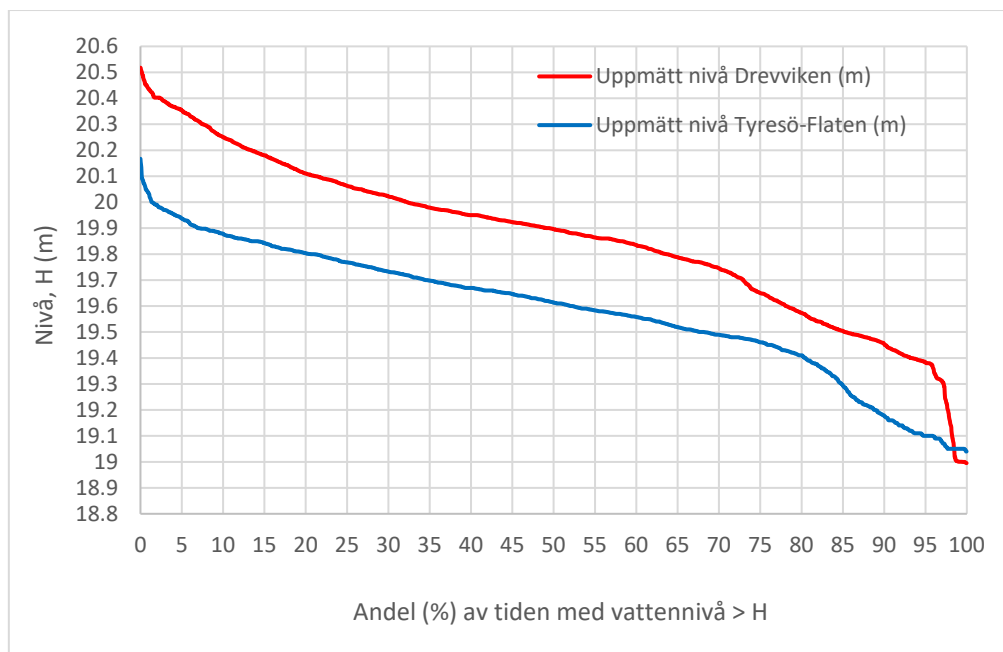
	Utlopp Drevviken (m)	Tyresö-Flaten (m)	Albysjön (m)
Uppgifter från tidigare utredningar (/3/, /4/)			
Dämningsgräns, DG (m)	i.u.	20.04	14.30
Sänkingsgräns, SG (m)	i.u.	18.75	13.97 (i)
Normalvattenstånd (m)	19.82 (ii)	19.52 (ii)	14.22 (ii)
Statistik baserat på observerade nivåer 2011–2019			
Högsta högvatten, HHW (m)	20.66 (iii)	20.17 (iv)	14.40 (iii)
Medel högvatten, MHW (m)	20.39	20.01	i.u.
Medelvatten, MW (m)	19.86	19.59	i.u.

(i) Vid ostörda förhållanden ska vattennivån i Albysjön inte understiga +14.07 m (/4/), vilket innebär att den tillåtna regleringsamplituden under normala förhållanden är 0.23 m.

(ii) Enligt Tyresö kommunkarta (/3/).

(iii) 2019-12-20

(iv) 2017-10-16



Figur 1. Varaktighetsdiagram för vattennivån vid Drevvikens utlopp och Tyresö-Flaten baserat på kommunens nivåmätningar 2011/06 – 2019/06.

3.4 Dammanläggningar

I Tabell 3 har data för de två dammanläggningarna vid Nyfors sammanställts. Uppgifterna är hämtade från DHI:s inmätningar 2020, samt från tidigare utredningar (/4/). Respektive dammdel vid Nyfors är försedd med utskov med spetluckor som regleras manuellt (Figur 2). Inga data finns lagrade om historiska luckställningar. Under perioder med höga flöden finns dock uppgifter om att dammluckorna har varit fullt öppna. Det gäller exempelvis under högflödet i december 2019 då vattennivån i Tyresö-Flaten steg till ca +20.0 m.

Tabell 3. Uppgifter för dammen vid Nyfors.

	Krondammen	Kvarndammen
Nivå utskovströskel (m)	18.74	18.48
Totalbredd utskov (m)	1.10	2.12
Lägst nivå för överströmning vid sidan av dammen (m)	19.6	19.7
Nivå dammkrön (m)	20.54	20.41
Reglering av luckor (/4/)	Nivå \geq 19.52 m, luckorna fullt öppna	Nivå \geq 19.52 m, luckorna fullt öppna
	Nivå $<$ 19.52 m, luckorna stängda	Nivå $<$ 19.52 m, öppningen anpassas så att sjönivån hålls nära 19.52 m



Figur 2. Dammluckor vid Nyfors. Krondammen till vänster och Kvarndammen till höger.

Tabell 4 visar tillgängliga uppgifter för dammarna vid Uddby respektive Fatburen.

Tabell 4. Uppgifter för dammarna vid Uddby och Fatburen (/3/, /4/).

	Uddby	Fatburen
Nivå utskovströskel (m)	13.52	12.84
Totalbredd utskov (m)	1.98	4.1
Nivå dammkrön (m)	i.u.	14.69
Avbördningskapacitet (m ³ /s)	osäker	17.0 m ³ /s vid +14.69 m (D.K.), 12.7 m ³ /s vid +14.30 m (D.G.)

4 Hydraulisk modell

4.1 Modellområde och uppdateringar

Den hydrauliska modellen har byggts upp från den MIKE 11-modell som togs fram vid MSB:s översvämningskartering av Tyresån 2013 (1/). Modellen har samtidigt överförs till DHI:s modellverktyg MIKE HYDRO River som är efterträdaren till MIKE 11. Konvertering har även gjorts från SWEREF 99 TM till den lokala projektionen SWEREF 991800. En kartbild över det aktuella modellområdet visas i Figur 3.



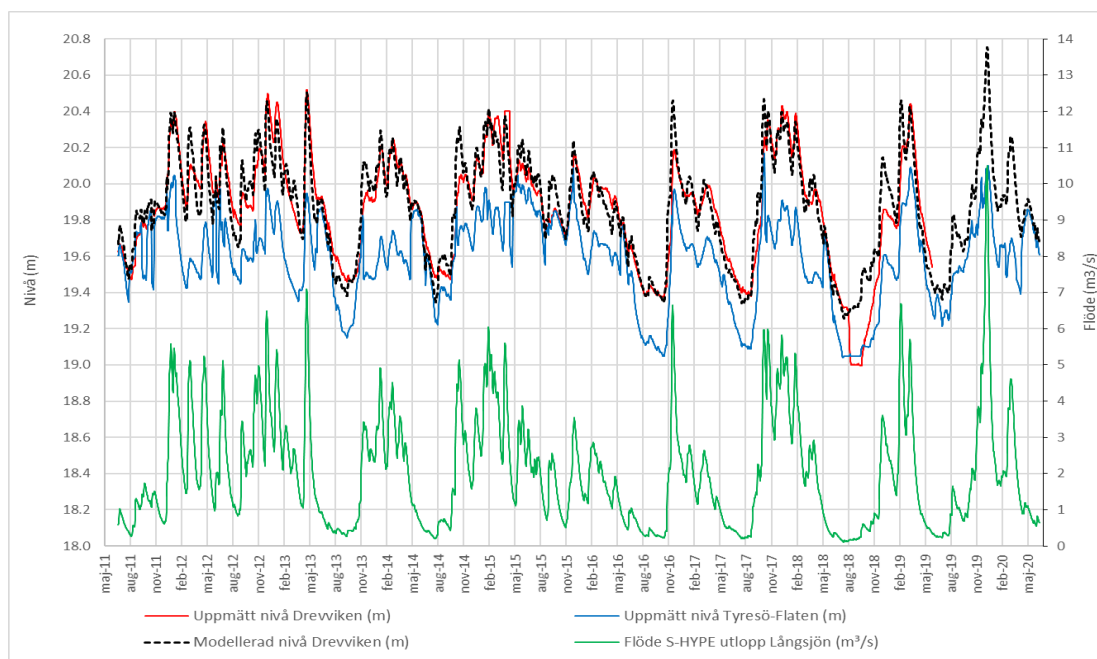
Figur 3. Karta över modellområdet.

Mellan Drevvikens utlopp och Tyresö-Flaten har alla tvärsektioner i Gudö å och Gammelströmmen ersatts med inmätta sektioner. Dammbeskrivningen vid Nyfors har uppdaterats med nya uppgifter från inmätningarna. Därutöver har den inmätta grundtröskeln mellan Albysjön och Fatburen lagts in i modellen. Dammbeskrivningen vid Fatburens utlopp har uppdaterats med uppgifter från rapporten "Fritt fram i Tyresån" (4/), samt kommunens inmätningar.

4.2 Kalibrering på sträckan Drevviken–Tyresö-Flaten

Syftet med kalibreringen är att modellen ska kunna beskriva vattennivåprofilen från Drevvikens utlopp till Tyresö-Flaten vid ett givet flöde i Gudö å. Observerade nivåer för kalibrering finns från Drevvikens utlopp och Tyresö-Flaten för perioden 2011/06 – 2019/06 (8 år). Motsvarande data för flödet i Gudö å saknas. Vid kalibreringen har därför modellberäknade flöden från SMHI:s hydrologiska modell S-HYPE (2/) använts. Vid kalibreringen har fokus lagts på tillfällena med höga flöden eftersom S-HYPE-data ofta är mer tillförlitliga vid höga flöden.

Figur 4 visar beräknade nivåer vid Drevvikens utlopp efter kalibrering av modellen, tillsammans med observerade nivåer 2011–2019. Figuren visar också observerade nivåer i Tyresö-Flaten 2011–2020, vilka utgör nedre randvillkor i modellen, samt ansatta flöden enligt SMHI:s S-HYPE-modell. Modellresultaten visar generellt god överensstämmelsen med observerade nivåer vid Drevvikens utlopp, även under perioder med låga flöden (undantag 2018). I den kalibrerade modellen används ett konstant värde på friktions-parametern, det s.k. Mannings-talet, på hela sträckan mellan sjöarna ($M=28.5 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), vilket är ett normalt (förväntat) värde för vattendraget.



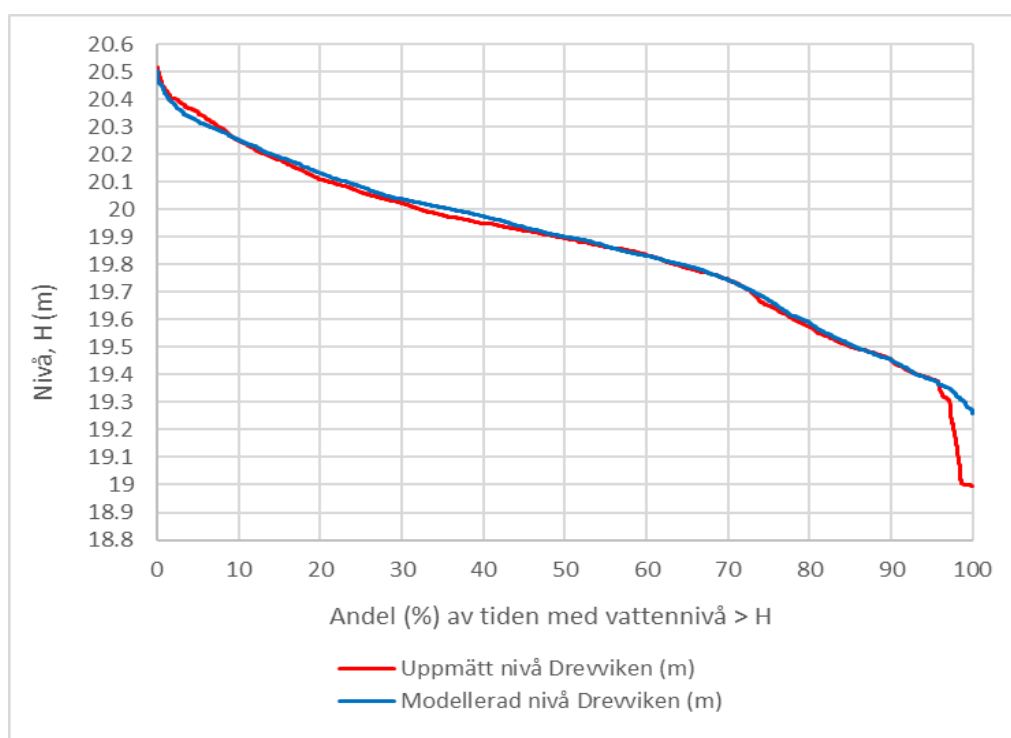
Figur 4. Beräknad och observerad nivå vid Drevvikens utlopp. Modellen drivs med flödesdata från S-HYPE. Observerad nivå i Tyresö-Flaten utgör nedströms randvillkor i denna modellkörning.

En separat jämförelse har gjorts för högflödet i december 2019 (Tabell 5). Data har i detta fall erhållits från kommunens manuella pegelavläsning eftersom data från den automatiska registreringen vid Drevviken (Gudö Bro) saknas efter 2019/06. Som framgår av tabellen prickar modellen väl in maxvärdet omkring den 20:e december 2019.

Tabell 5. Observerad och modellerad nivå under högflödet i december 2019.

Datum	Pegelnivå (m)	Modellerad nivå (m)
2019-12-11	20.25	20.38
2019-12-16	20.47	20.57
2019-12-18	20.58	20.67
2019-12-20	20.66	20.70
2020-01-10	20.34	20.08

Ett annat sätt att jämföra modellerade och observerade nivåer i Drevviken är att titta på varaktighetsdiagrammet för vattennivån, se Figur 5. Överensstämmelsen blir som väntat god även när resultaten redovisas som varaktighet. Signifikanta skillnader förekommer enbart vid de lägsta vattennivåerna, vilka infaller under den extrema torrperioden sommaren och hösten 2018. Orsaken till avvikelserna 2018 är att S-HYPE-modellen inte har klarat att prognostisera flödena under denna långvariga torrperiod, men det saknar betydelse för den aktuella utredningen.

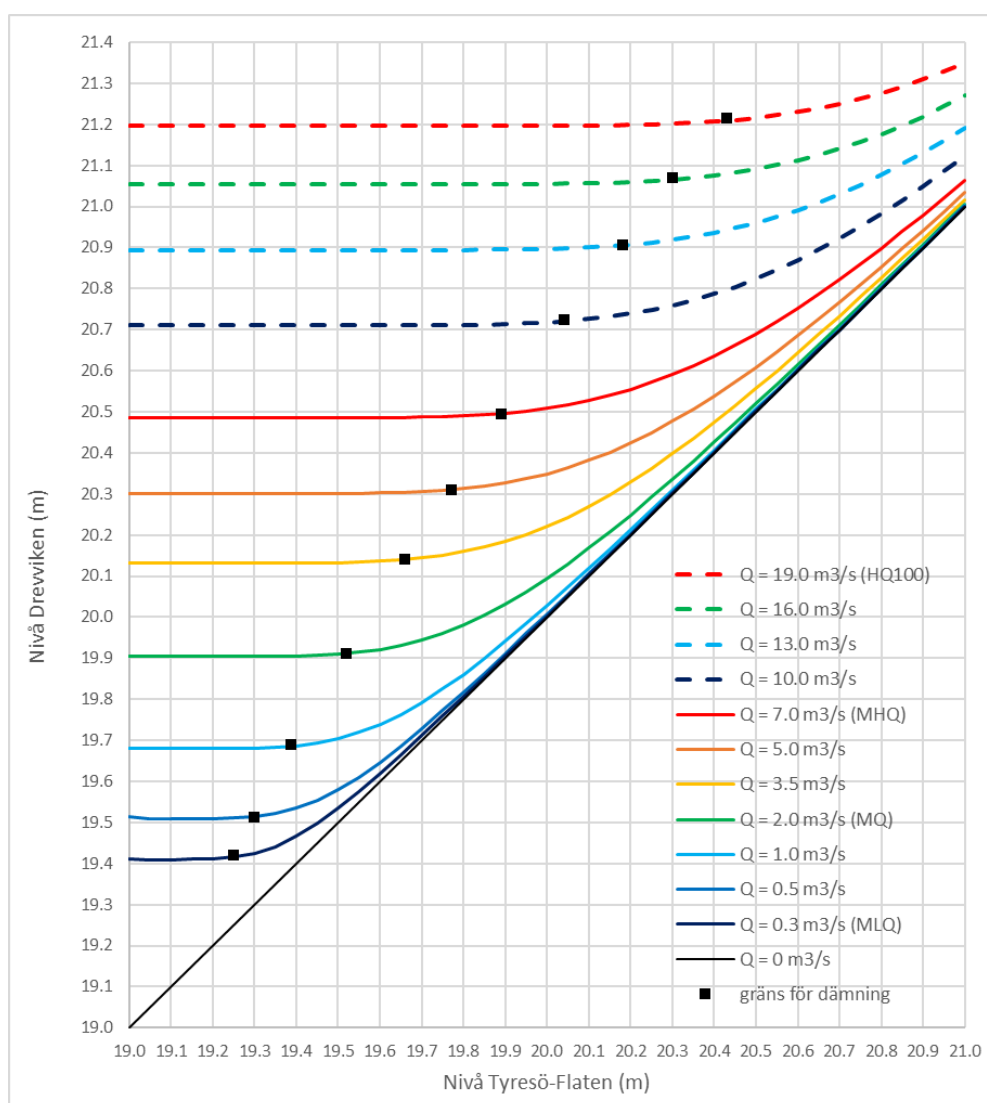


Figur 5. Varaktighetsdiagram för vattennivån vid Drevvikens utlopp, observationer och modellberäkningar för perioden 2011–2019.

5 Beräkning av dämningpåverkan från Tyresö-Flaten till Drevviken

Sambandet mellan nivån i Drevviken, nivån i Tyresö-Flaten och flödet mellan sjöarna kan illustreras med ett nivå-nivå-diagram för olika konstanta flöden. Figur 6 visar sambandet för ett nivåintervall i Tyresö-Flaten mellan +19.0 m och +21.0 m, samt ett urval av flöden mellan MLQ och HQ-100. Diagrammet baseras på ett antal stationära beräkningar med den kalibrerade modellen. Från diagrammet kan man uppskatta flödet vid givna nivåer i sjöarna, alternativt uppskatta nivån i den ena sjön givet nivån i den andra sjön, samt flödet. Flödet noll svarar mot att sjöarna ligger på samma nivå. Sambandet blir då en rät linje med 45 graders lutning¹.

Nivån i Långsjön visas inte i diagrammet, men ligger relativt nära nivån i Drevviken. Vid t.ex. medelvattenföring (ca 2 m³/s) ligger Långsjön som mest 15 cm under Drevviken och vid medelhögvattenföring (ca 7 m³/s) ligger Långsjön som mest 25 cm under Drevviken.

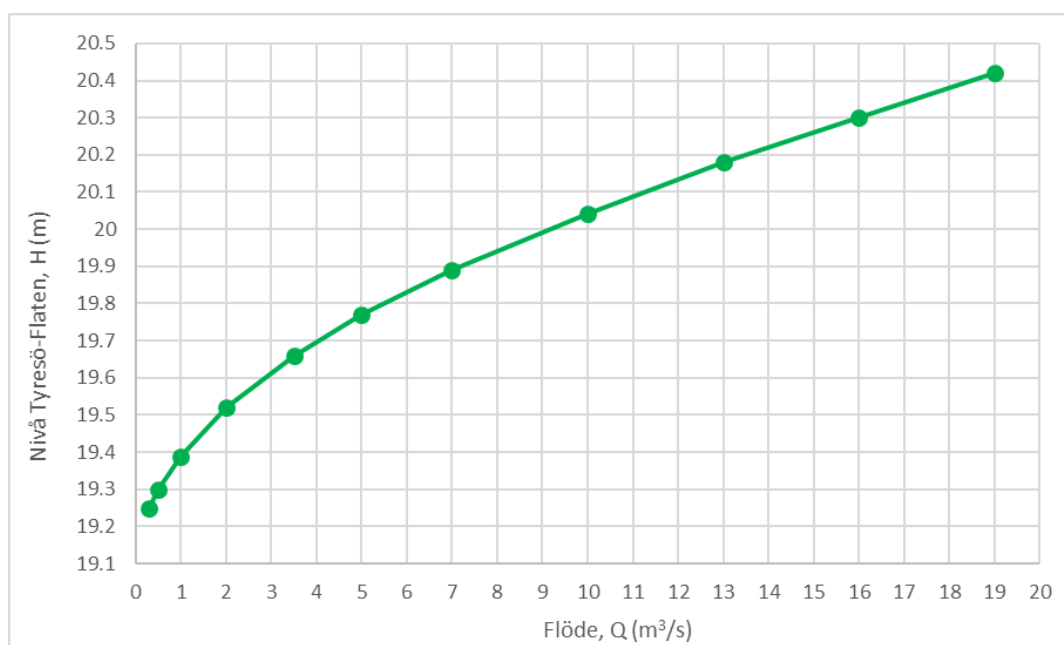


Figur 6. Beräknad nivå i Drevviken som funktion av nivån i Tyresö-Flaten vid olika flöden.

¹ I praktiken kommer inte nivån i Drevviken att följa nivån i Tyresö-Flaten hur långt ner som helst eftersom det finns trösklar i Gudö å och i Gammelströmmen som begränsar hur långt ner Drevviken kan sjunka.

Det mest intressanta resultatet i Figur 6 i det här sammanhanget är att det visar inom vilka gränser nivån i Tyresö-Flaten kan påverka nivån i Drevviken (och Långsjön) genom bakåtdämning. Längs den horisontella delen av varje kurva är nivån i Drevviken opåverkad av nivån i Tyresö-Flaten. Det beror på att Gammelströmmen utgör en trång passage som begränsar dämningseffekten från Tyresö-Flaten, särskilt vid högre flöden. Brytpunkten då nivån i Tyresö-Flaten börjar påverka nivån i Drevviken markeras med en svart punkt på respektive flödeskurva i Figur 6. Med ökande flöden hamnar brytpunkten vid allt högre nivåer i Tyresö-Flaten. Man kan också se att med ökande nivå i Tyresö-Flaten närmar sig kurvorna 45-graderslinjen där nivån i Drevviken helt styrs av nivån i Tyresö-Flaten, oberoende av flödet.

Om nivån i Tyresö-Flaten avläses vid brytpunkterna i Figur 6 och plottas som funktion av flödet får man fram en avbördningskurva (Q-H-samband) som visar hur stor tappningskapacitet som minst behövs vid Nyfors för att hålla nere nivån i Tyresö-Flaten så mycket att dämning upp till Långsjön och Drevviken undviks. Ytterligare avbördningskapacitet vid Nyfors skulle ge ännu lägre nivåer i Tyresö-Flaten, men inte minska översvämningsriskerna i Långsjön och Drevviken. Resultatet visas i Figur 7 och används som referenskurva i den fortsatta analysen av effekterna av en dammutrivning vid Nyfors.

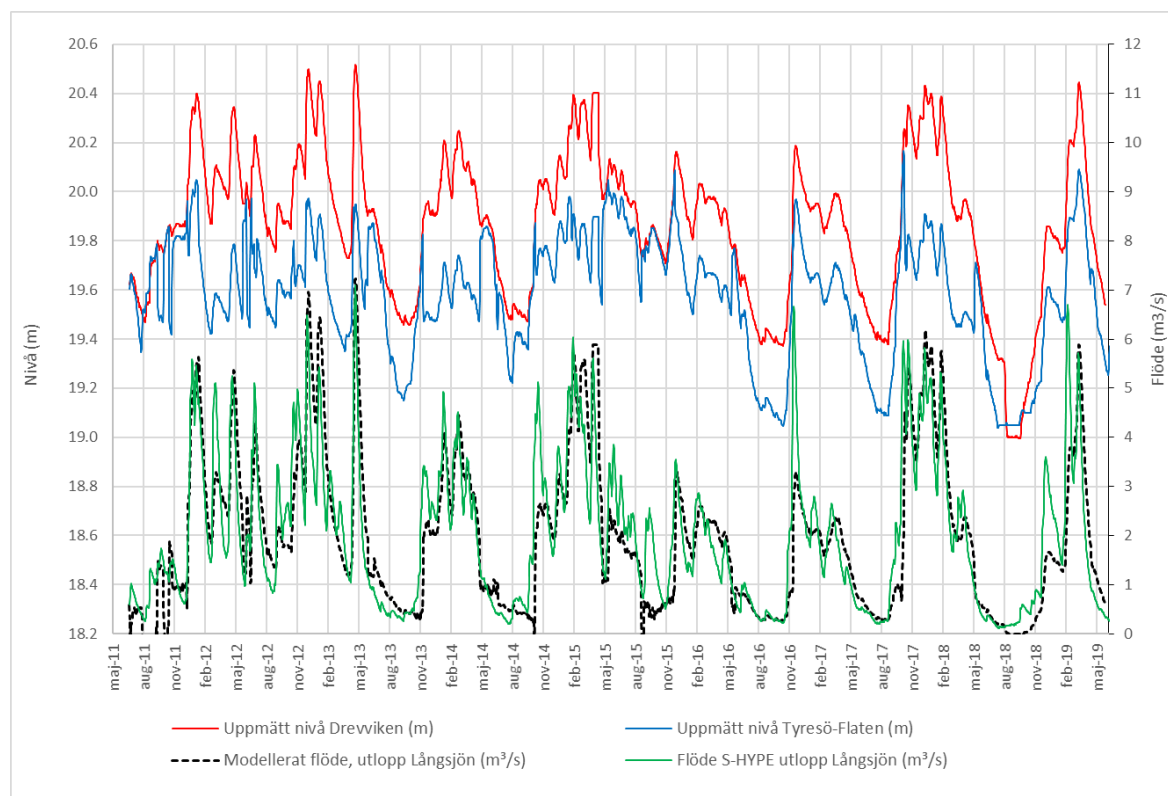


Figur 7. Q-H-samband som representerar den tappningskapacitet som krävs vid Nyfors för att undvika dämningpåverkan från Tyresö-Flaten upp till Långsjön och Drevviken.

6 Tappningskapacitet vid Nyfors före och efter damnutrivning

6.1 Beräknat inflöde till Tyresö-Flaten 2011–2019

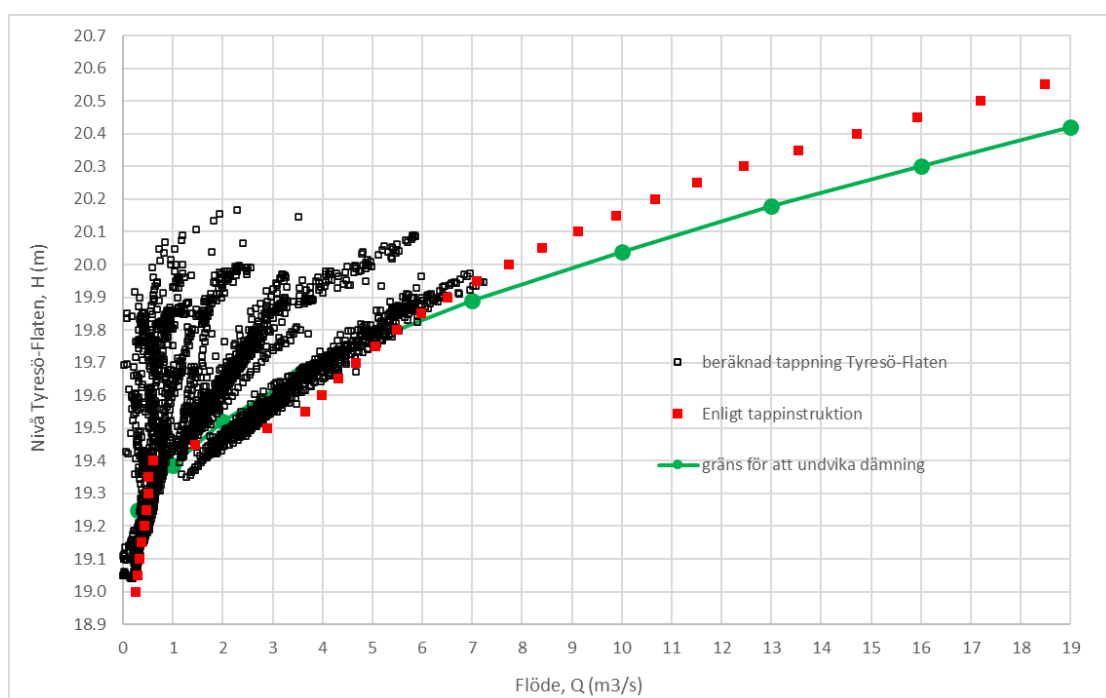
S-HYPE antas kunna beskriva hur flödet mellan sjöarna varierar i stora drag, men på en mer högupplöst tidsskala kan man förvänta sig tidsförskjutningar mellan flödesändringar enligt S-HYPE och nivåändringar enligt mätdata. Detta är dock svårt att urskilja i Figur 4. Ett sätt att få fram en flödesserie som är bättre synkroniserad med nivådatan är att använda den kalibrerade modellen och beräkna vilket flöde mellan sjöarna som svarar mot nivådatan, d.v.s. man gör den omvända beräkningen mot tidigare. Resultatet visas i Figur 8 tillsammans med flödet från S-HYPE. Det modellerade flödet motsvarar i stort sett S-HYPE-flödet vad gäller storlek och varaktighet för flödestoppar, men vissa tidsförskjutningar framgår. Genom att det modellerade flödet är bättre synkroniserat med nivådata kan det användas för att rekonstruera ett Q-H-samband för tappningen vid Nyfors under perioden 2011–2019.



Figur 8. Modellberäknat flöde vid Långsjöns utlopp när den kalibrerade modellen drivs med observerade nivåer i Drevviken och Tyresö-Flaten.

6.2 Tappningskapacitet före damnutrivning vid Nyfors

Det modellerade inflödet till Tyresö-Flaten enligt Figur 8 ovan ger, efter korrigerig för magasinförändringar i sjön (i praktiken försumbara), en uppskattning av tappningen vid Nyfors under den senaste 8-årsperioden (2011-06–2019-06). Sambandet mellan tappning och vattennivå visas med ett Q-H-samband i Figur 9 (svarta punkter), där nivån är den observerade nivån i Tyresö-Flaten enligt tidigare. Det framgår av figuren att olika tappningsstrategier har tillämpats under denna period vid nivåer över ca +19.5 m. Punktsvärmen längst till höger antas svara mot fullt öppna luckor i både Kvarndammen och Krondammen. Man kan även se att nivån i Tyresö-Flaten normalt tillåts sjunka till 19.0–19.1 m.



Figur 9. Q-H-samband för Nyfors. Rekonstruerat Q-H-samband för perioden 2011-06–2019-06 (svarta punkter), modellberäknat Q-H-samband för bef. dammstrukturer med reglering enligt tappinstruktionen (röda punkter), samt erforderlig kapacitet för att undvika dämningpåverkan från Tyresö-Flaten till Långsjön och Drevviken (gröna punkter).

I Figur 9 visas också motsvarande Q-H-samband beräknat med modellen för befintliga dammstrukturer då en regleringsstrategi enligt tappinstruktionen tillämpas strikt (röda punkter):

- Vid nivåer under +19.52 m antas luckorna vid Krondammen vara stängda, medan Kvarndammen släpper ett minimiflöde på några hundra liter/sek.
- Vid nivåer över +19.52 m antas alla luckor vara helt öppna både i Kvarndammen och Krondammen.
- Vid nivåer över ca +19.7 m passerar ett delflöde vid sidan av dammarna.

För att kunna matcha den del av punktsvärmen som svarar mot fullt öppna luckor har den modellerade kapaciteten för utskoven reducerats med 10 %, vilket kan betraktas som en kalibrering av modellen.

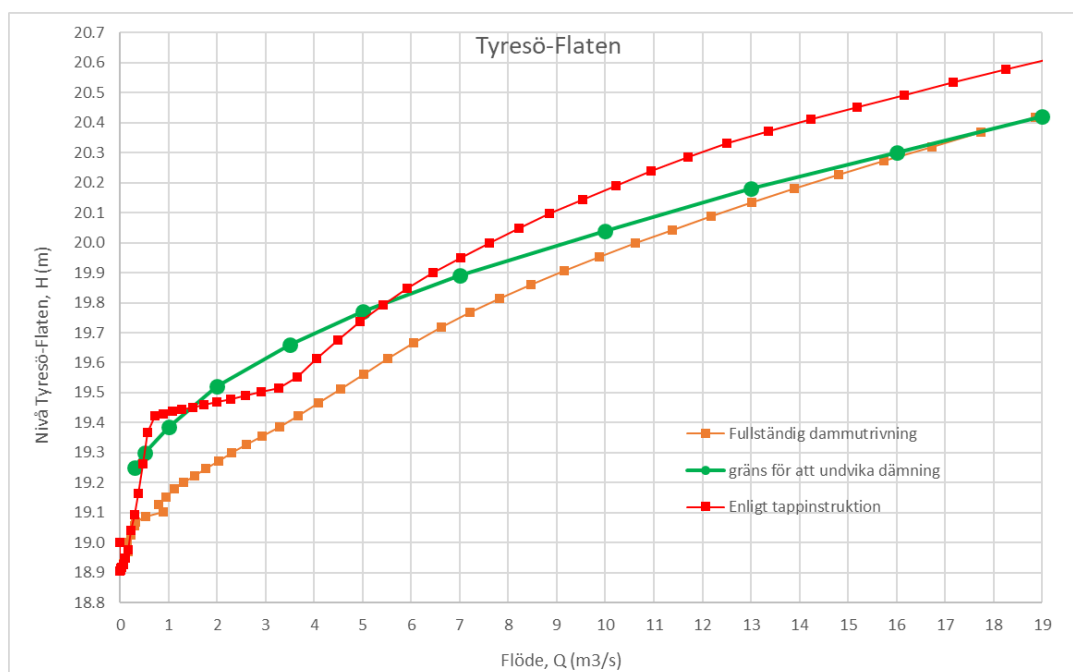
Slutligen visas i Figur 9 även den tappningskapacitet (gröna punkter) som krävs för att undvika dämningpåverkan från Tyresö-Flaten till Långsjön och Drevviken (samma kurva som i Figur 7).

Det framgår av Figur 9 att tappningskapaciteten för befintliga dammar med fullt öppna luckor är tillräckligt hög för att undvika dämningpåverkan från Tyresö-Flaten till Långsjön och Drevviken för nivåer i Tyresö-Flaten upp till ca +20.0 m. Tappningskapaciteten är då ca 7 m³/s, vilket ungefär motsvarar ett medelhöflöde (MHQ). Vid högre inflöden till Tyresö-Flaten räcker dock inte tappningskapaciteten för att hålla ner vattennivån så mycket att dämningpåverkan uppströms helt kan undvikas, trots att en del vatten då passerar vid sidan av dammluckorna.

6.3 Tappningskapacitet efter dammutrivning vid Nyfors

Vid full utrivning av dammarna vid Nyfors tas luckor och betongkonstruktioner bort. Dammtrösklarna som idag utgör utskovsbotten antas vara kvar: Efter dammutrivning antas utloppen fortfarande utgöra bestämmande sektioner, vilket innebär att åtgärder för att t.ex. främja fiskpassage på strömsträckan nedströms utloppen inte påverkar tappningskapaciteten.

Den modellerade tappningskapaciteten vid Nyfors efter dammutrivning framgår av Q-H-sambandet i Figur 10 (orange kurva). Utrivningen av dammen medför en kraftig ökning av kapaciteten jämfört med dagens situation. Utan ytterligare åtgärder skulle detta innebära en sänkning av vattennivåerna i Tyresö-Flaten med flera decimeter.

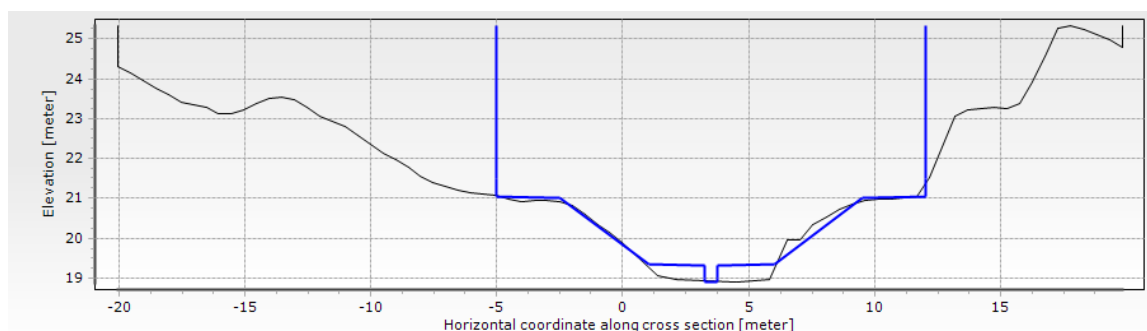


Figur 10. Q-H-samband för Nyfors vid full utrivning (orange). För jämförelsen visas Q-H-sambandet för befintliga dammstrukturer med reglering enligt tappinstruktionen (röd), samt erforderlig kapacitet för att undvika dämningens påverkan från Tyresö-Flaten till uppströms sjöar (grön).

6.4 Tappningskapacitet med nya trösklar vid Nyfors

För att få upp lågvattennivåerna i Tyresö-Flaten efter en dammutrivning krävs att nya trösklar anläggs uppströms Kvarndammen och Krondammen. För att bibehålla tappningskapaciteten vid höga flöden behöver de nya trösklarna göras tillräckligt breda. De behöver därför placeras en bit uppströms de utrivna dammarna där tvärsektionen är bredare.

Två olika tröskelnivåer, +19.3 m och +19.5 m, har testats i modellen. Tröskelbredden har i båda fallen antagits vara ca 5 m. Vid högre nivåer övergår tröskeln i den naturliga tvärsektionen som är ca 12 m bred på nivån +21.0 m. I tröskeln görs en smal (0.5 m) öppning (spalt) ned till befintlig botten på nivån ca +18.9 m för att inte helt strypa utflödet vid låga nivåer i sjön. Bredden på den smala spalten påverkar framförallt de lägsta vattenstånden i sjön. En tvärprofil genom dammtröskeln så som den är inlagd i modellen visas i Figur 11. Utformningen av tröskeln antas vara densamma uppströms respektive dammdel.



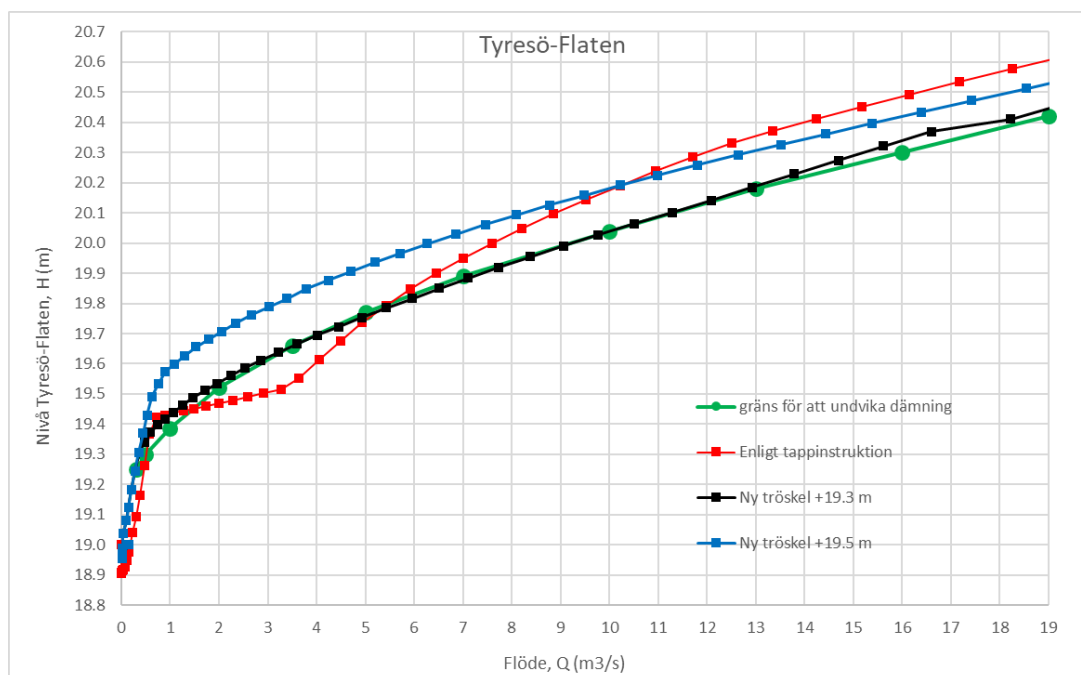
Figur 11. Illustration av ny tröskel uppströms Kvarndammen med bredden 5 m och tröskelnivån +19.3 m. Motsvarande struktur finns i modellen uppströms Krondammen.

Den modellerade tappningskapaciteten vid Nyfors efter damnutrivning, med nya trösklar enligt ovan, framgår av Q-H-sambandet i Figur 12. Med tröskelnivån på +19.3 m får man ett Q-H-samband som dels ligger nära det Q-H-samband som motsvarar tappinstruktionen (dvs dagens situation före dammutrivning) vid nivåer omkring +19.5 m (jfr. svart och röd kurva), dels ger tillräcklig kapacitet för att helt undvika dämningpåverkan uppströms vid höga flöden (jfr. svart och grön kurva). Detta alternativ betraktas därför som huvudalternativ.

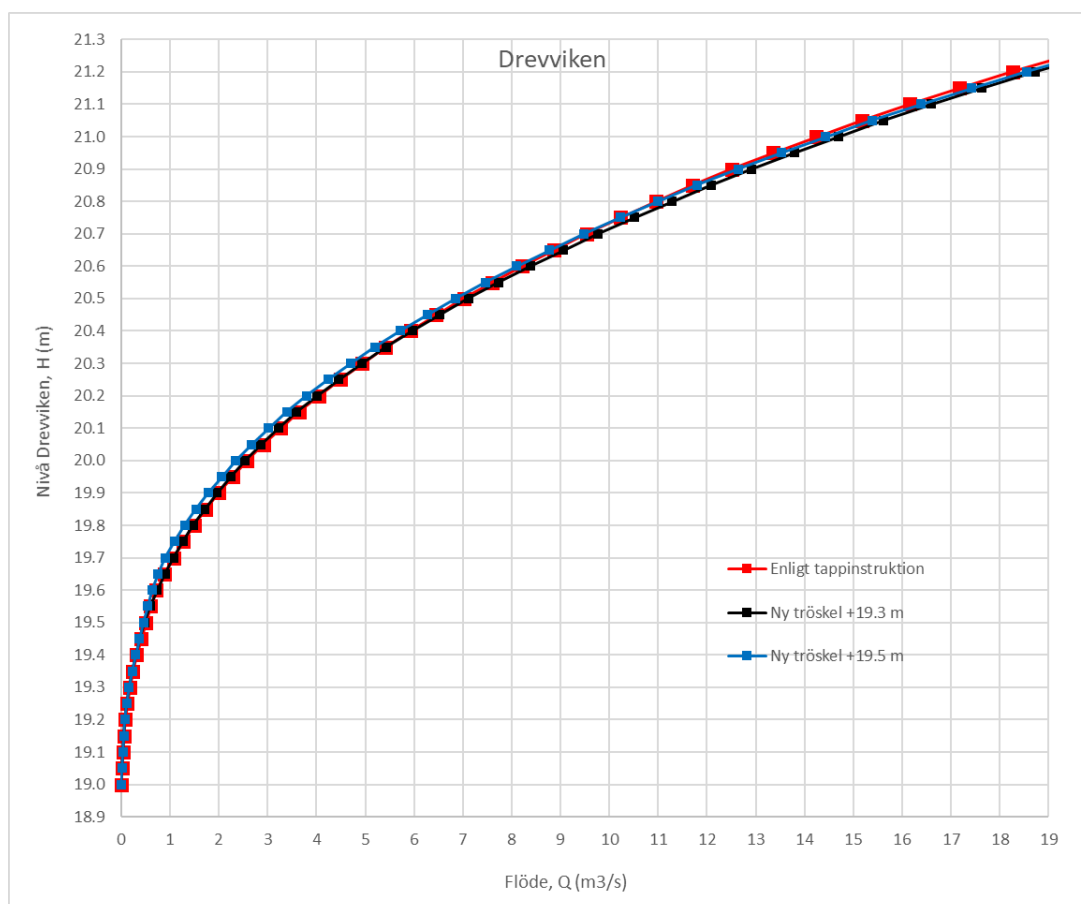
Om tröskeln istället läggs på +19.5 m får man motsvarande höjning (0.2 m) av sjönivån i Tyresö-Flaten över hela den normala flödesregimen (jfr. blå och svart kurva), men ändå motsvarande tappningskapacitet som före dammutrivning vid extrema flöden (jfr. blå och röd kurva). Detta skulle kunna vara ett alternativ om man önskar en generell höjning av nivån i Tyresö-Flaten, utan att minska kapaciteten vid extrema flöden.

Motsvarande Q-H-samband för Drevvikens utlopp visas i Figur 13. Som framgår av figuren blir skillnaden mellan kurvorna betydligt mindre, som mest 5 cm för de två tröskelalternativen vid flöden mellan 1 och 3 m³/s (jfr. svart och blå kurva), därefter minskande skillnad vid högre flöden. Påverkan på Q-H-sambandet för Drevvikens utlopp p.g.a. dammutrivningen vid Nyfors blir således betydligt mindre än vid Tyresö-Flaten. Det beror på att Q-H-sambandet för Drevvikens utlopp i hög grad bestäms av den begränsade kapaciteten i Gammelströmmen, och i mindre grad av nivån i Tyresö-Flaten.

I övrigt kan man konstatera att med tröskeln på +19.3 m erhålls nästan exakt samma flödeskapacitet vid Drevvikens utlopp över hela flödesregimen som för dagens situation (jfr. svart och röd kurva). Studerar man kurvorna i Figur 13 mer i detalj kan man se att tappningskapaciteten för Drevvikens utlopp blir något större med den nya tröskeln vid flöden över medelhögflöde (ca 7 m³/s), vilket man också kan förvänta sig från resultaten för Tyresö-Flaten (jfr. Figur 12).



Figur 12. Q-H-samband för Nyfors vid full utrivning + ny tröskel på nivån +19.3 m (svart), full utrivning + ny tröskel på nivån +19.5 m (blå). För jämförelsen visas även Q-H-sambandet för befintliga dammstrukturer med reglering enligt tappinstruktionen (röd), samt erforderlig kapacitet för att undvika dämning påverkan från Tyresö-Flaten till Långsjön och Drevviken (grön).



Figur 13. Motsvarande Q-H-samband för Drevvikens utlopp. Se förklaring i Figur 12.

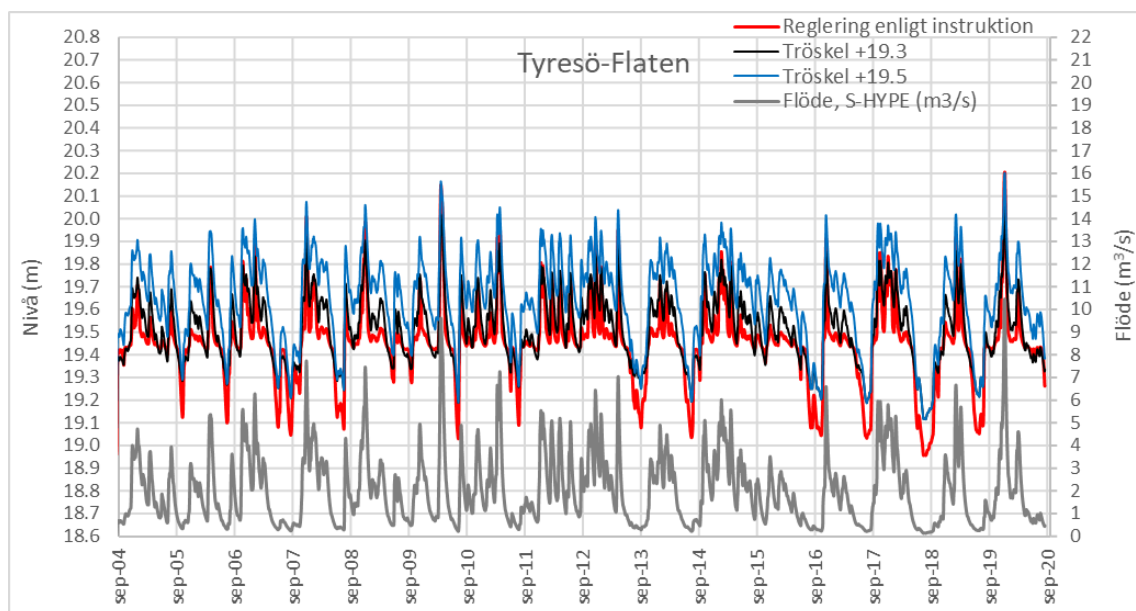
7 Påverkan av dammutrivning vid normala förhållanden

Analysen av tappningskapaciteten i föregående avsnitt visar att en dammutrivning vid Nyfors med ny tröskel på nivån +19.3 m inte skulle försämra tappningskapaciteten vid höga nivåer i Tyresö-Flaten och därmed inte öka översvänningsriskerna uppströms.

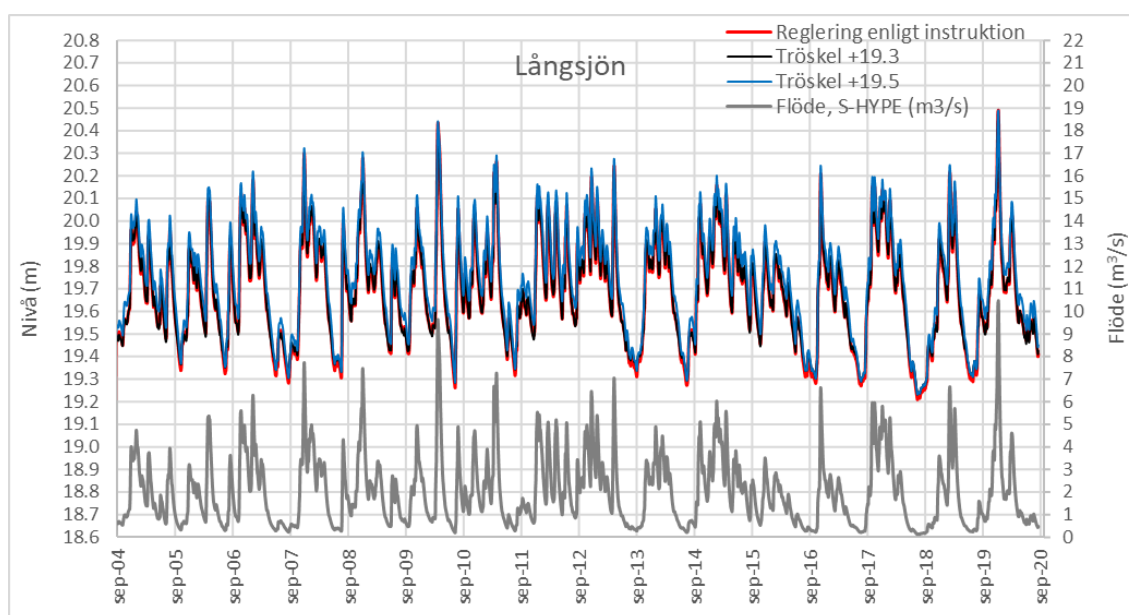
I detta avsnitt redovisas beräknade nivåer i Tyresö-Flaten, Långsjön och Drevviken före och efter dammutrivning vid Nyfors under normala flödesförhållanden. I dessa beräkningar används flöden från S-HYPE (/2/) för den längsta tillgängliga dataperioden 2004–2020. Fokus i redovisningen ligger både på höga och låga nivåer i sjöarna. Det högsta flödet under perioden inträffar i december 2019 och motsvarar ett högflöde med uppskattningsvis 10–20 års återkomsttid, d.v.s. ett relativt vanligt förekommande högflöde.

Figur 14, Figur 15 och Figur 16 visar beräknade nivåer i Tyresö-Flaten, Långsjön och Drevviken tillsammans med flödet från S-HYPE. Resultaten i Figur 14 visar att en dammutrivning vid Nyfors med ny tröskel på +19.3 m skulle ge nivåer i Tyresö-Flaten som liknar dagens situation (jfr. svart och röd kurva). De högsta nivåerna skulle dock sänkas något samtidigt som de lägsta nivåerna skulle höjas, d.v.s. den maximala nivåamplituden i sjön skulle minska. Det bör dock tilläggas att lågvattennivåerna efter dammutrivning bestäms av den smala spalten i den nya tröskeln uppströms dammen (jfr. Figur 11), vilken skulle kunna göras något bredare om man vill att sjön oftare ska sänkas till nivåer under 19.3 m.

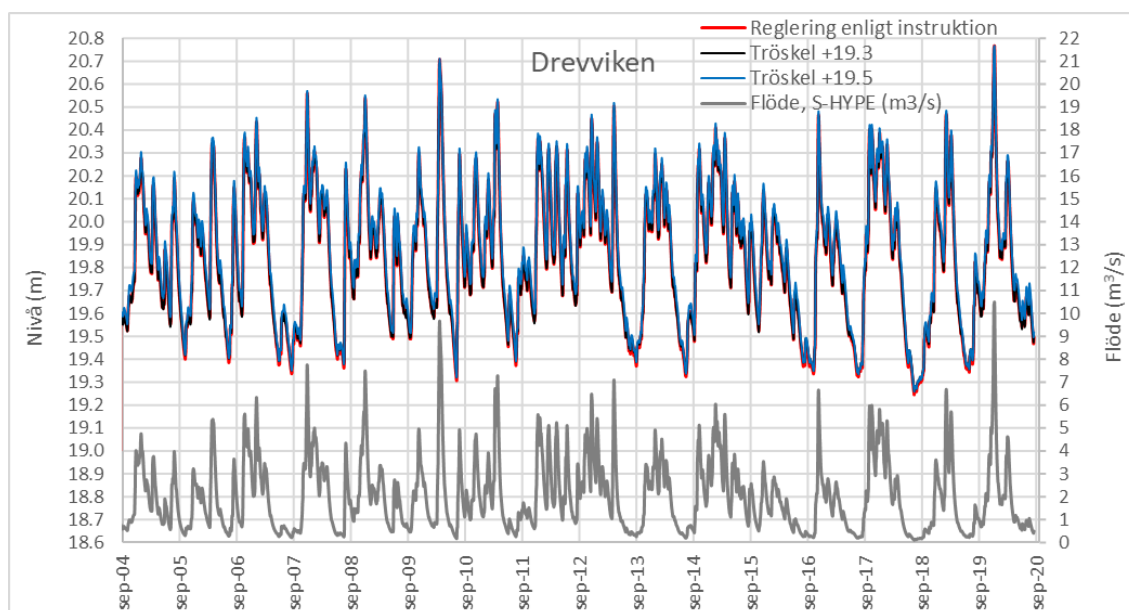
Nivådiagrammen för Långsjön och Drevviken (Figur 15 och Figur 16) visar att skillnaderna mellan de olika scenarierna blir väsentligt mindre. Detta är ett förväntat resultat med tanke på att nivån i Långsjön och Drevviken i hög grad bestäms av den begränsade kapaciteten i Gammelströmmen, och i mindre grad av nivån i Tyresö-Flaten. Skillnaderna mellan scenarierna framgår tydligare med s.k. varaktighetsdiagram (se vidare beskrivning nedan).



Figur 14. Modellerade nivåer i Tyresö-Flaten före (röd linje) och efter (blå och svart linje) dammutrivning vid Nyfors för perioden 2004–2020.



Figur 15. Modellerade nivåer i Långsjön före (röd linje) och efter (blå och svart linje) damnutrivning vid Nyfors för perioden 2004–2020.



Figur 16. Modellerade nivåer i Drevviken före (röd linje) och efter (blå och svart linje) damnutrivning vid Nyfors för perioden 2004–2020.

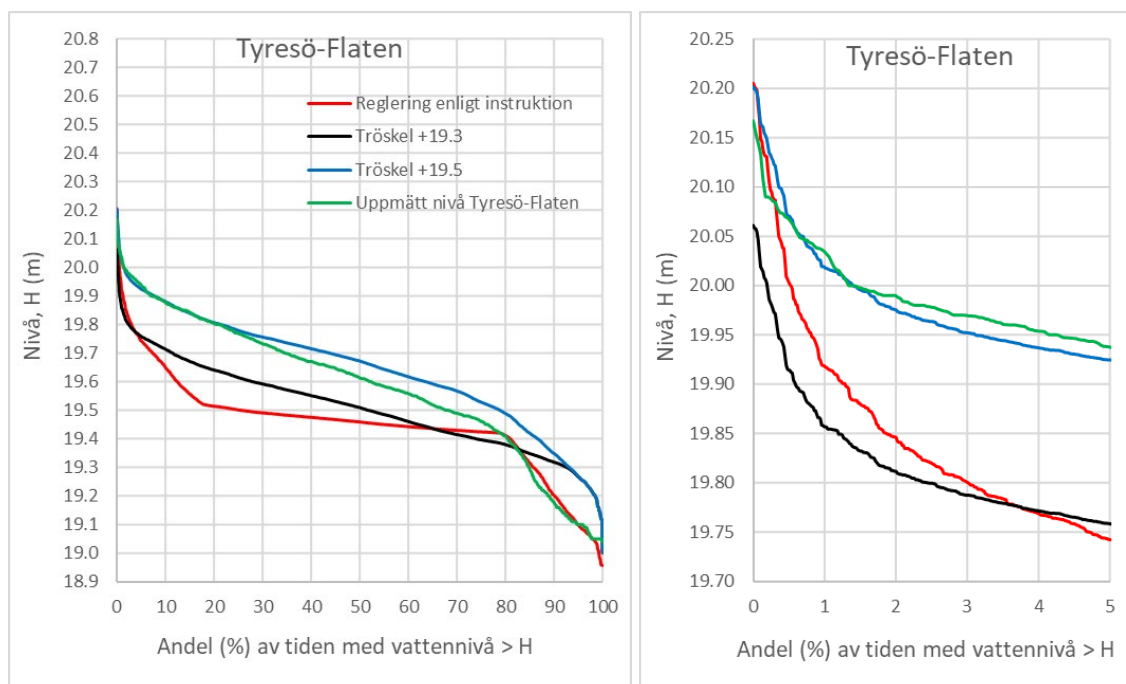
Figur 17 visar varaktighetsdiagrammet för vattennivån i Tyresö-Flaten för dagens situation före dammutrivning (röd linje), samt efter dammutrivning med nya trösklar på nivån +19.3 m (svart linje), respektive +19.5 m (blå linje). För jämförelsen visas även varaktighetsdiagrammet för uppmätta nivåer i Tyresö-Flaten (grön linje), period 2011–2020. De uppmätta nivåerna i Tyresö-Flaten motsvarar dock inte tappinstruktionen (som redan har konstaterats), varför de inte betraktas som referens för dagens förhållanden.

Om den nya tröskeln läggs på nivån +19.3 m visar Figur 17 att man uppnår liknande nivåförhållanden i Tyresö-Flaten som vid dagens reglering enligt tappinstruktionen (jfr. svart och röd linje), även om vissa skillnader kan ses. Särskilt kan noteras att de högsta vattennivåerna (i det här fallet nivåer > 19.8 m) skulle inträffa mer sällan efter dammutrivning. Även de lägsta nivåerna (< 19.3 m) skulle inträffa mer sällan. Varaktigheten för nivåer under 19.3 m bestäms av den smala spalten i tröskeln (jfr. Figur 11), vilken skulle kunna göras något bredare om man vill att sjön oftare ska sänkas till nivåer under 19.3 m. Resultatet för den föreslagna tröskelutformningen bedöms dock stämma väl med ambitionen enligt tappinstruktionen att hålla sjön på en jämn nivå nära +19.5 m. Modellresultaten visar att detta är möjligt även med en fast dammstruktur, dvs utan en aktiv reglering med luckor.

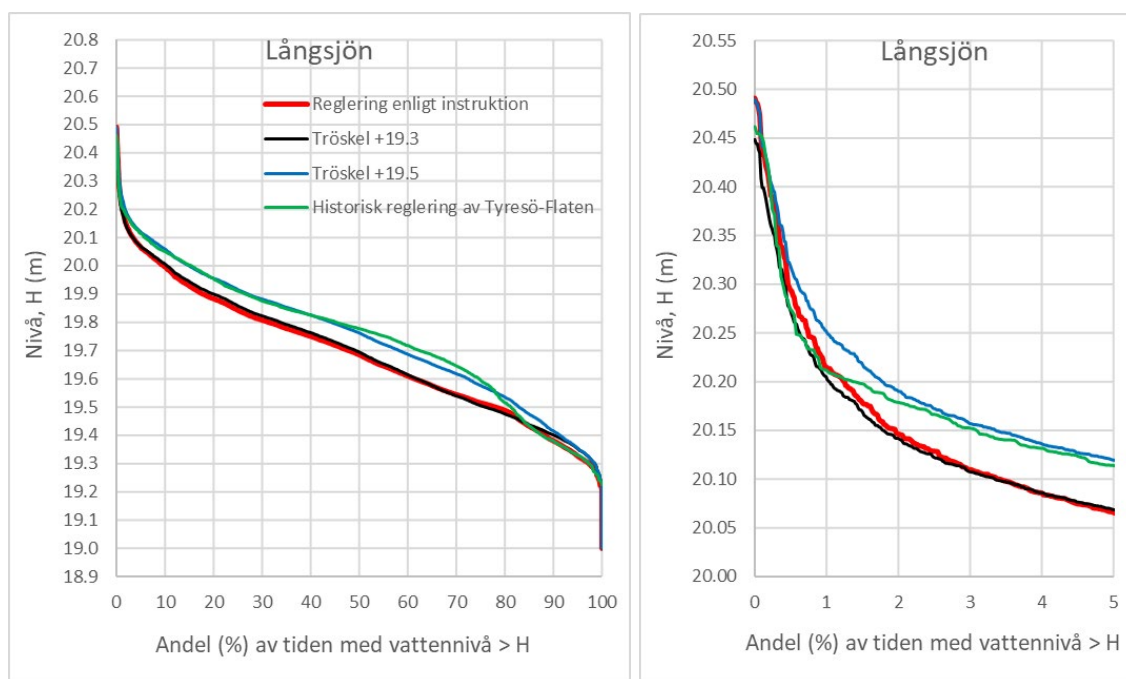
Motsvarande varaktighetsdiagram för vattennivåerna i Långsjön och Drevviken visas i Figur 18 och Figur 19 före och efter dammutrivning. För jämförelsen visas även varaktighetsdiagrammet för den modellerade nivån i Långsjön och Drevviken för den historiska regleringen av Tyresö-Flaten 2011–2020 (grön kurva). I det här fallet har den uppmätta nivån i Tyresö-Flaten använts som nedre randvillkor i modellen, medan samma flödesserie (från S-HYPE) har använts för att beräkna nivåerna i Långsjön och Drevviken. Därmed kommer skillnader mellan varaktighetskurvorna i Figur 18 och Figur 19 enbart bero på de olika regleringarna av Tyresö-Flaten, vilket är det intressanta i denna jämförelse. Som tidigare är det dock regleringen enligt tappinstruktionen som utgör referensen för dagens förhållanden.

Resultaten i Figur 18 och Figur 19 bekräftar att en dammutrivning med ny tröskel på +19.3 m ger praktiskt taget identiska nivåförhållandena i Långsjön och Drevviken jämfört med dagens reglering enligt tappinstruktionen (jfr. svart och röd linje) under normala flödesförhållanden. Om den nya tröskeln skulle höjas till +19.5 m så skulle man få en generell höjning av vattennivåerna större delen av tiden med ca 0.1 m i Långsjön, respektive 0.05 m i Drevviken, jämfört med tröskelnivån +19.3 m.

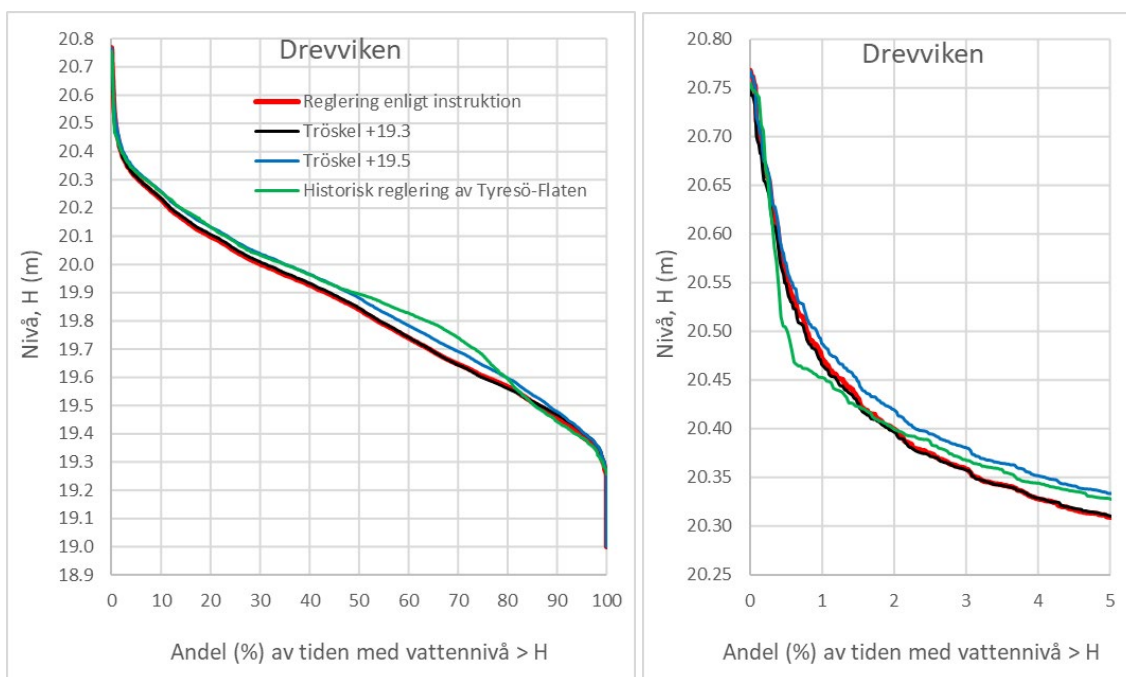
Motsvarande varaktighetsdiagram för utflödet från Tyresö-Flaten visas i Figur 20. Som framgår av figuren påverkas inte utflödet av åtgärderna vid Nyfors (kurvorna sammanfaller). Det beror på att magasinförändringar i Tyresö-Flaten ger ett försumbart bidrag till flödena så att utflödet i praktiken alltid motsvarar tillrinningen till sjön (åtminstone på dygns-skalan). Detta gäller både vid höga och låga flöden/nivåer. Avrinningen från Drevviken antas i denna jämförelse inte påverkas av åtgärden vid Nyfors, vilket är rimligt med tanke på att åtgärden inte ger några signifikanta skillnader i nivåer och därmed magasinseffekter i Drevviken under normala förhållanden.



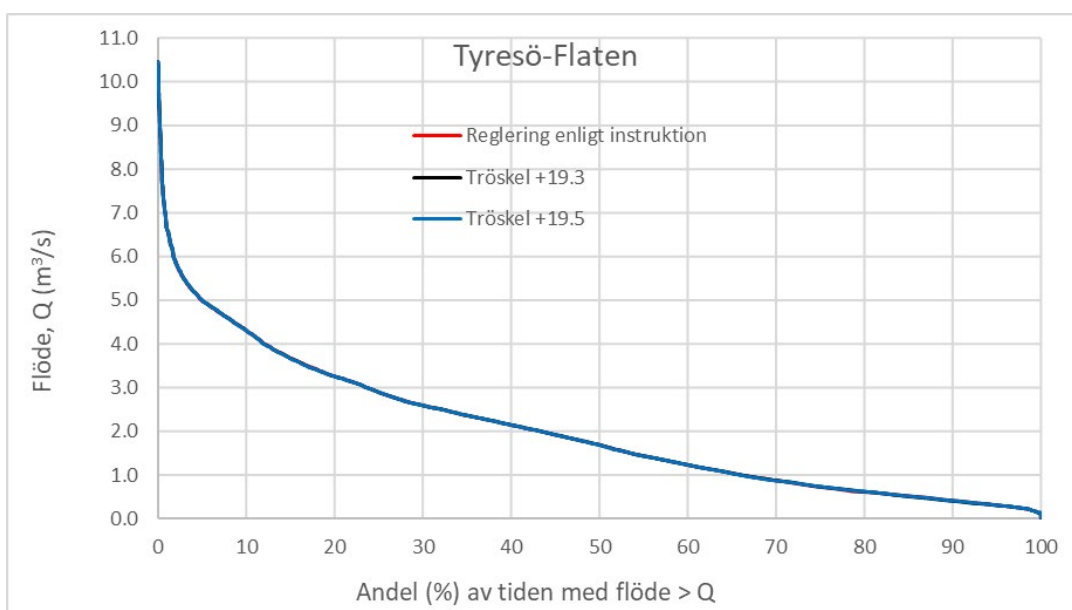
Figur 17. Varaktighetsdiagram för modellerade nivåer i Tyresö-Flaten före (röd linje) och efter (blå och svart linje) dammutrivning vid Nyfors för perioden 2004–2020. För jämförelsen visas motsvarande varaktigheter för uppmätta nivåer i Tyresö-Flaten 2011–2020 (grön linje). Förstoring för de högsta nivåerna visas i det högra diagrammet.



Figur 18. Varaktighetsdiagram för modellerade nivåer i Långsjön före (röd linje) och efter (blå och svart linje) dammutrivning vid Nyfors för perioden 2004–2020. Den gröna linjen är i detta fall den beräknade nivån i Långsjön för den historiska regleringen av Tyresö-Flaten 2011–2020. Förstoring för de högsta nivåerna visas i det högra diagrammet.



Figur 19. Varaktighetsdiagram för modellerade nivåer i Drevviken före (röd linje) och efter (blå och svart linje) dammutrivning vid Nyfors för perioden 2004–2020. Den gröna linjen är i detta fall den beräknade nivån i Drevviken för den historiska regleringen av Tyresö-Flaten 2011–2020. Förstoring för de högsta nivåerna visas i det högra diagrammet.



Figur 20. Varaktighetsdiagram för det modellerade utflödet från Tyresö-Flaten för perioden 2004–2020 (kurvorna sammanfaller).

Påverkan av en dammutrivning vid Nyfors på nivåerna i Tyresö-Flaten, Långsjön och Drevviken har även beräknats för karakteristiska flöden enligt S-HYPE (/2/), se Tabell 6 nedan. I tabellen används beteckningarna MHW (medelhögvattnen), MW (medelvatten) och MLW (medellågvatten) för motsvarande beräknade vattenstånd, även om dessa beteckningar normalt användas för medelvärden baserade på tidsserier.

Modellen visar att en dammutrivning vid Nyfors med föreslagen ny tröskel på +19.3 m ökar karakteristiskt lågvattenstånd (MLW) och medelvattenstånd (MW) i Tyresö-Flaten, medan karakteristiskt högvattenstånd (MHW) minskar jämfört med dagens situation (enligt tappinstruktion). Påverkan på nivåerna i Långsjön och Drevviken blir så liten att den i praktiken kan försummas. Inte i någon av sjöarna ökar MHW.

Med ny tröskel på +19.5 m ökar både karakteristiskt låg-, medel- och högvattenstånd i Tyresö-Flaten jämfört med dagens situation (enligt tappinstruktion). Detsamma gäller Långsjön och Drevviken, även om förändringarna blir betydligt mindre där och i vissa fall är försumbara.

Tabell 6. Sammanställning av karakteristiska flöden (S-HYPE) och beräknade nivåer för Drevviken, Långsjön och Tyresö-Flaten före och efter dammutrivning vid Nyfors. Beräknade nivåer redovisas med två decimaler för att underlätta jämförelser mellan scenarierna.

	Utlopp Drevviken (m ³ /s) ¹			Utlopp Långsjön (m ³ /s) ¹			Utlopp Tyresö-Flaten (m ³ /s) ¹		
MHQ	6.7			6.9			7.1		
MQ	2.0			2.0			2.1		
MLQ	0.3			0.3			0.3		
	Drevviken (m)			Långsjön (m)			Tyresö-Flaten (m)		
	Tappinstruk.	Tröskel +19.3 m	Tröskel +19.5 m	Tappinstruk.	Tröskel +19.3 m	Tröskel +19.5 m	Tappinstruk.	Tröskel +19.3 m	Tröskel +19.5 m
MHW	20.48	20.47	20.50	20.24	20.22	20.27	19.96	19.88	20.04
MW	19.90	19.91	19.94	19.74	19.75	19.82	19.47	19.55	19.71
MLW	19.40	19.42	19.42	19.34	19.36	19.36	19.11	19.28	19.28

¹ Modelldata från S-HYPE 1981–2010 (/2/).

8 Modellering av tappningen vid Uddby och Fatburen före och efter dammutrivning vid Fatburen

Regleringen av Albysjön och Fatburen är inte beskriven i MSB-modellen (/1/), utan modellen är anpassad till extremflödesanalyser och därvid antas att alla luckor är maximalt öppna.

För dagens situation används befintlig beskrivning (enligt MSB-modellen) vid Uddby (Albysjön), medan bron och dammen vid Fatburen har uppdaterats baserat på genomförda inmätningar. Även den utrivna Holländaredammen har beskrivits i modellen baserat på genomförda inmätningar.

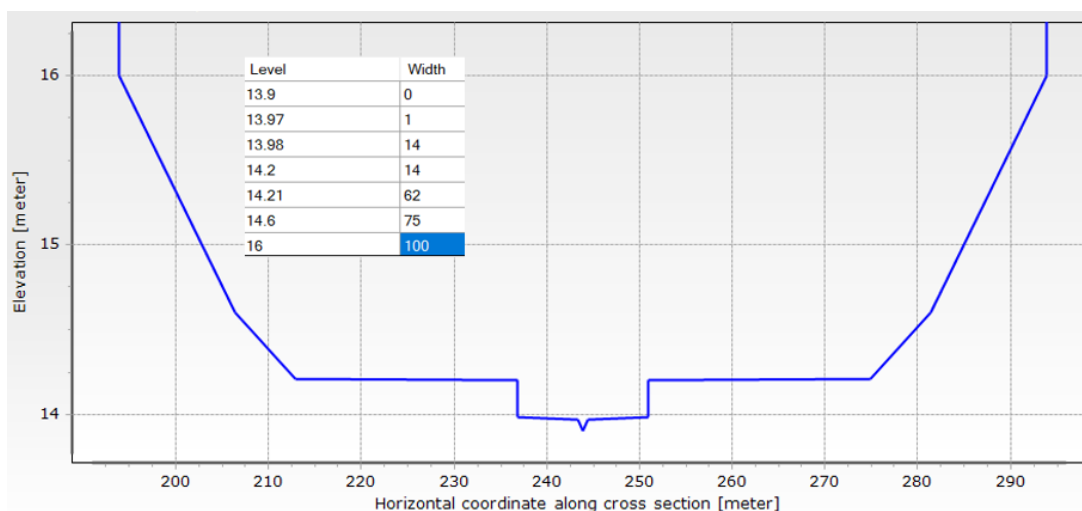
För den framtida situationen beskrivs utrivning av Fatbursdammen, ny tröskel uppströms Fatbursdammen och ny tröskel uppströms Uddby, se Figur 21 och Figur 22. Tröskeln i Fatburen är utformad så att normalvattenståndet inte ändras. Tröskeln har även hög kapacitet vid högflöden så att nivåerna i Fatburen vid högflöden inte ökar. Tröskeln vid Uddby är utformad så att endast högflöden går via utloppet i Uddby. Figur 23 och Figur 24 visar trösklarna vid Fatburen respektive Uddby så som de är inlagda i modellen.



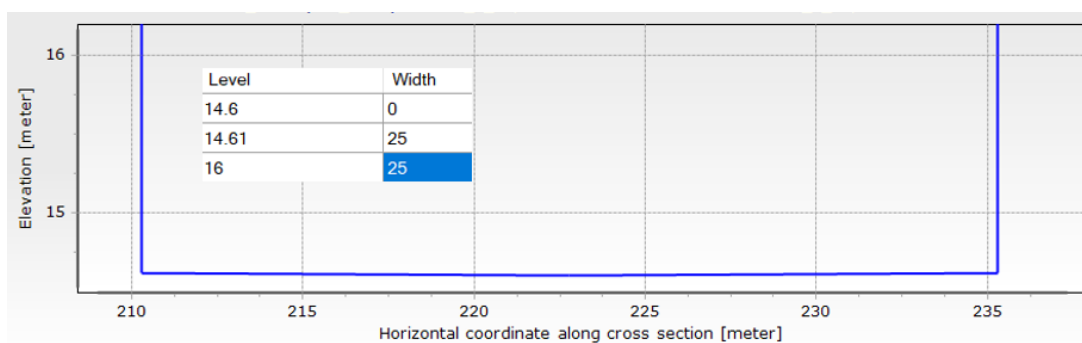
Figur 21. Ungefärligt läge för föreslagen ny tröskel vid Fatburen.



Figur 22. Ungefärligt läge för ny tröskel vid Uddby.



Figur 23. Dimensioner för ny dammtröskel vid Fatburen.



Figur 24. Dimensioner för ny tröskel vid Uddby.

9 Påverkan av dammutrivning vid extrema flöden

Tabell 7 visar en sammanställning över körda scenarier före och efter dammutrivning vid Nyfors och Fatburen för 100-årsflödet (Q100) och beräknat högsta flöde (BHF).

Tabell 7. Sammanställning över scenarier före och efter dammutrivning vid Nyfors och Fatburen. Beräkning av högvattennivåer och översvämningsutbredning.

Benämning	Reglering / tröskelnivå	Flöde
Före dammutrivning vid Nyfors och Fatburen (AA)		
AA_Q100	Enligt tappinstruktion	Q100-scenario
AA_BHF	Enligt tappinstruktion	BHF-scenario
Efter dammutrivning vid Nyfors. Dagens situation vid Uddby/Fatburen (BA)		
BA_Q100	Nyfors utriven, tröskelnivå +19.3 m	Q100-scenario
BA_BHF	Nyfors utriven, tröskelnivå +19.3 m	BHF-scenario
Efter dammutrivning vid Nyfors. Framtida situation vid Uddby/Fatburen (BB)		
BB_Q100	Nyfors utriven, tröskelnivå +19.3 m	Q100-scenario
BB_BHF	Nyfors utriven, tröskelnivå +19.3 m	BHF-scenario

Tabell 8 och Tabell 9 visar en sammanställning över beräknade nivåer i sjöarna för Q100 och BHF. Resultaten visar att åtgärderna inte kommer att leda till högre nivåer i sjöarna, d.v.s. åtgärderna kommer inte att öka översvämningsriskerna kring Drevviken, Tyresö-Flaten, Albysjön och Fatburen, snarare minska risken, framförallt i Fatburen. Nivåer och översvämningsutbredning från Drevviken och nedströms redovisas även i GIS-skikt som levereras tillsammans med rapporten.

Tabell 8. Beräknade nivåer före och efter dammutrivning vid Nyfors och Fatburen för 100-årsflöde.

Läge	Nivå (AA_Q100*)	Nivå (BA_Q100**)	Nivå (BB_Q100***)
Drevviken	21.2	21.2	21.2
Tyresö-Flaten	20.6	20.5	20.5
Albysjön	15.2	15.2	15.2
Fatburen	15.0	15.0	14.5

* Före dammutrivning vid Nyfors och Fatburen (AA).

** Efter dammutrivning vid Nyfors. Dagens situation vid Uddby/Fatburen (BA).

*** Efter dammutrivning vid Nyfors. Framtida situation vid Uddby/Fatburen (BB).

Tabell 9. Beräknade nivåer före och efter dammutrivning vid Nyfors och Fatburen för BHF.

Läge	Nivå (AA_BHF*)	Nivå (BA_BHF**)	Nivå (BB_BHF***)
Drevviken	22.3	22.3	22.3
Tyresö-Flaten	21.5	21.4	21.4
Albysjön	16.0	16.0	15.9
Fatburen	15.9	15.9	15.7

* Före dammutrivning vid Nyfors och Fatburen (AA).

** Efter dammutrivning vid Nyfors. Dagens situation vid Uddby/Fatburen (BA).

*** Efter dammutrivning vid Nyfors. Framtida situation vid Uddby/Fatburen (BB).

10 Sammanfattning och slutsatser

En utrivning av Kvarndammen och Krondammen vid Nyfors skulle, utan ytterligare åtgärder, innebära en sänkning av vattennivåerna i Tyresö-Flaten med flera decimeter. Det krävs därför att nya sjötrösklar anläggs uppströms respektive damm efter utrivning för att höja nivån vid låg- och medelvattenföring. De nya sjötrösklarna behöver vara tillräckligt breda för att ge hög tappningskapacitet vid höga nivåer. I denna utredning antas tröskelbredden vara ca 5 m och huvudförslaget är att lägga tröskelnivån på +19.3 m. I tröskeln görs en smal (0.5 m) öppning (spalt) ned till befintlig botten på nivån ca +18.9 m för att släppa förbi ett flöde även vid låga nivåer i Tyresö-Flaten.

Beskrivningen av de nya sjötrösklarna hänvisar till hur de är representerade i den hydrauliska modellen. Uppbyggnaden av en naturlig sjötröskel kan i praktiken se något annorlunda ut. Speciellt kan bredden på spalten i tröskeln skilja sig från den antagna bredden i modellen beroende på hur tröskeln utformas och även var den är placerad i förhållande till de utrivna dammarna. Bottenuppbyggnad och biotopvårdsåtgärder kan också påverka utformningen och tappningskapaciteten, speciellt vid låga vattennivåer.

Med föreslagen tröskelnivå på +19.3 m visar beräkningarna att man skulle få liknande nivåförhållanden i Tyresö-Flaten som med dagens reglering enligt tappinstruktionen för normala flödessituationer. Den reglering som motsvarar dagens tappningsstrategi för Tyresö-Flaten går alltså att upprätthålla i hög grad även efter dammutrivning vid Nyfors.

En närmare analys av åtgärden vid Nyfors visar att nivåamplituden i Tyresö-Flaten skulle minska p.g.a. höjning av de lägsta nivåerna vid lågflöde, respektive sänkning av de högsta nivåerna vid högflöde. Lågvattennivåerna (< 19.3 m) bestäms av den antagna utformningen (bredden) på spalten, vilken skulle kunna justeras något om större avsänkning kan tillåtas. Resultatet för den antagna tröskelutformningen bedöms dock stämma väl med ambitionen enligt tappinstruktionen att hålla Tyresö-Flaten på en jämn nivå nära +19.5 m. För att klara detta med en naturlig sjötröskel krävs låg tappningskapacitet under tröskelnivån och däröver hög kapacitet.

Beräkningarna visar att åtgärden vid Nyfors inte skulle minska tappningskapaciteten vid höga flöden (> MHQ), d.v.s. åtgärden skulle inte öka översvämningsriskerna kring Tyresö-Flaten och därmed inte heller kring Långsjön och Drevviken. Beroende på tröskelns (spaltens) utformning kan risken för extrema lågvattenstånd i Tyresö-Flaten i samband med långa torrperioder minska. På kortare tidsskala (timmar – dygn) kommer en naturlig sjötröskel att ge en mer naturlig flödedynamik nedströms Nyfors jämfört dagens reglering enligt tappinstruktionen.

Ytterligare slutsatser från analysen är att åtgärder vid Nyfors generellt har liten påverkan på nivåförhållandena i Långsjön och Drevviken. Det beror på att tappningskapaciteten för Långsjön och Drevviken framförallt bestäms av begränsningar i den smala Gammelströmmen och bara i mindre grad av nivån i Tyresö-Flaten. Från analysen kan man även dra slutsatsen att den föreslagna tröskeln på nivån +19.3 m skulle ge så hög tappningskapacitet att man vid flöden över medelhögflöde (MHQ) helt kan bortse från dämpningspåverkan från Tyresö-Flaten till Drevviken. I det avseendet skulle åtgärden innebära en förbättring (om än liten) av tappningskapaciteten vid höga flöden jämfört med dagens reglering enligt tappinstruktionen. Vidare visar analysen att åtgärden vid Nyfors skulle ha försumbar påverkan på flödena nedströms vid normala flödesförhållanden.

När det gäller extrema flöden (Q100 och BHF) visar beräkningarna att åtgärden vid Nyfors skulle ge något lägre maxnivå i Tyresö-Flaten, men oförändrade maxnivåer i Drevviken, Albysjön och Fatburen som dagens reglering enligt tappinstruktionen. Åtgärderna vid Fatbursdammen (utrivning och ny tröskel uppströms), samt Uddby (ny tröskel uppströms), kommer inte heller att leda till högre maxnivåer i Fatburen och Albysjön, snarare något lägre, framförallt i Fatburen, jämfört med dagens förhållanden.

11 Referenser

- /1/ MSB (2013). *Översvämningsskartering utmed Tyresån. Med detaljerad översvämningsskartering för det identifierade området med betydande översvämningssrisk, Stockholmsområdet*. Rapport nr: 3, 2013-05-24.
- /2/ SMHI (2020). Vattenwebb. <https://www.smhi.se/data/hydrologi/vattenwebb>.
- /3/ Länsstyrelsen (2002). *Dammar, trösklar och andra vattenföretag inom Tyresåns avrinningsområde. Fysisk och juridisk inventering*. Länsstyrelsen och VA-Projekt AB. Stockholm 8 mars 2002.
- /4/ Tyresåns vattenvårdsförbund (2017). *Fritt fram i Tyresån. Utredning reglering och fiskvandring i nedre Tyresån*. Norconsult 2017-03-06.



