

Datum
2024-11-11

PM Flödesförändringar, konsekvenser på hydrologisk regim och naturvärden

Kompletterande underlag till tillståndsansökan Tullgarn Vagnhärad M 8651-23

Innehåll

1	Flödesförändringar i olika skeden	3
1.1	Början av byggskede	4
1.2	Mitt av byggskede	5
1.3	Slut av byggskede	7
1.4	Driftskede	8
1.5	Förutsättningar för beräkning av flödesförändringar i bygg- och driftskede	9
2	Dike till Norasjön	9
2.1	Flödesförändringar i byggskede	9
2.2	Konsekvenser på naturvärden.....	10
2.3	Placering av kontrollpunkt för flödesmätning.....	11
3	Konsekvenser på hydrologisk regim för Norasjöbäcken	13
4	Vattendrag mellan Sörsjön och Kyrksjön.....	14
4.1	Konsekvenser på naturvärden.....	14
5	Sörsjön, Kyrksjön och Åbyån	15
5.1	Konsekvenser på hydrologisk regim.....	15
6	Långsjön.....	15
6.1	Ostlänkens påverkan och konsekvenser på hydrologisk regim.....	15
7	Mölnboån	16
7.1	Kompletterande information om hydrologi och förutsättningar för naturvärden.....	16
7.2	Ostlänkens påverkan	17
7.3	Konsekvenser på hydrologisk regim.....	17
7.4	Konsekvenser på naturvärden.....	18
	Referenser	19

1 Flödesförändringar i olika skeden

För att ge en tydligare bild av planerade vattenuttag och nettoeffekt av flödesförändringar för Sörsjön, Kyrksjön, Långsjön, Norasjöns avrinningsområde och Trosaån redovisas figurer och tabeller för olika skeden. I Tabell 1 summeras effekterna på respektive recipient för olika skeden.

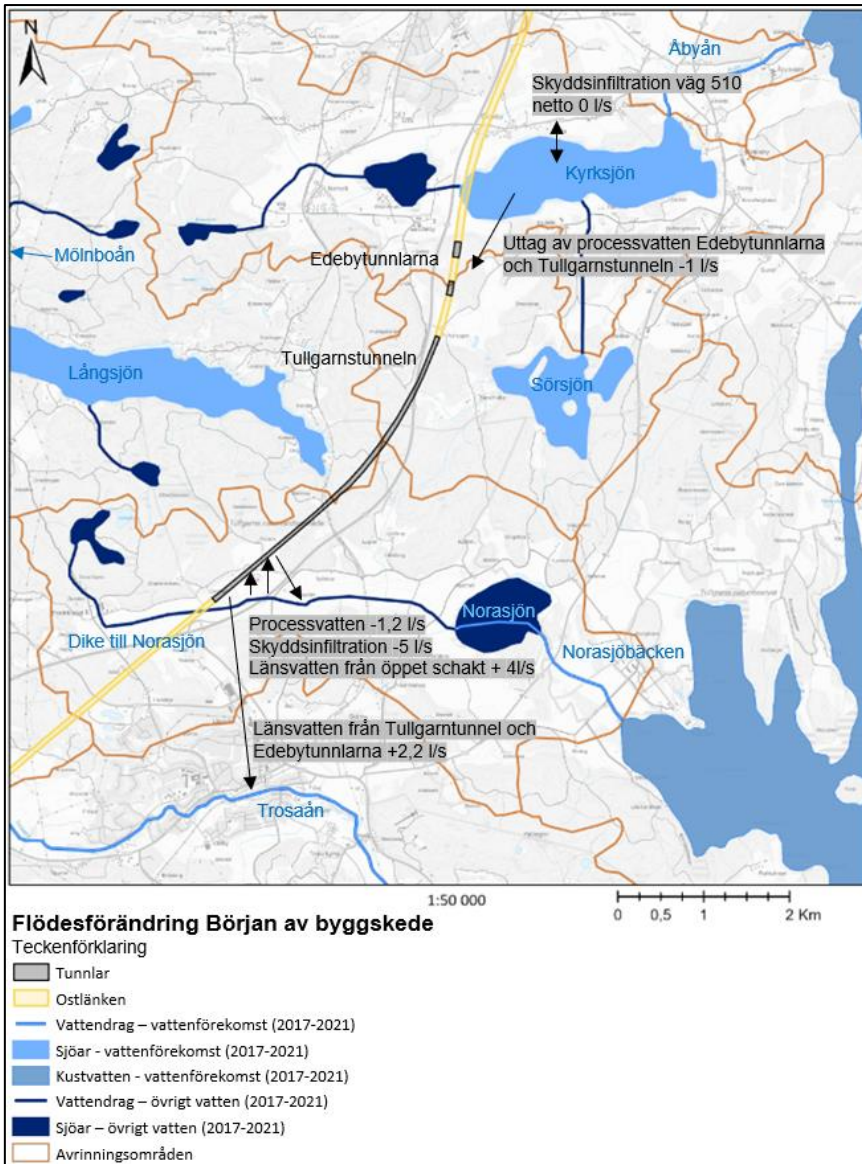
De beräkningsförutsättningar som ligger till grund för bilderna redovisas i kapitel 1.5. Värdena är hämtade från *Teknisk beskrivning vattenverksamhet Långsjön-Sillekrog*. Beräkningarna är gjorda utifrån bedömningar av inläckage med mera där osäkerheterna är stora. För att inte underskatta effekterna har konservativa antaganden gjorts, vilket innebär att värdena sannolikt är överskattade.

Tabell 1. Summering av effekterna på respektive recipient. Alla värden avser liter per sekund.

Ytvatten	Nettoeffekt flödesförändring (l/s)			
	Början av byggskede	Mitt av byggskede	Slut av byggskede	Driftskede
Kyrksjön, Åbyån	≈ -1	≈ -7	≈ -6	≈ -6
Sörsjön	0	≈ -6	≈ -6	≈ -6
Långsjön, Mölnboån	0	≈ -4	≈ -4 till -6,5	≈ -4 till -6,5
Dike till Norasjön, Norasjön, Norasjöbäcken	≈ -2	≈ -7 till -12	≈ -6 till -9	≈ +10 till +12,5
Trosaån	≈ +2	≈ +18	≈ +15,5 till +18	≈ 0 till -2,5

1.1 Början av byggskede

I början av byggskedet har inte tunneldrivning startat. I Figur 1 och Tabell 2 sammanfattas flödesförändringar i början av byggskedet.



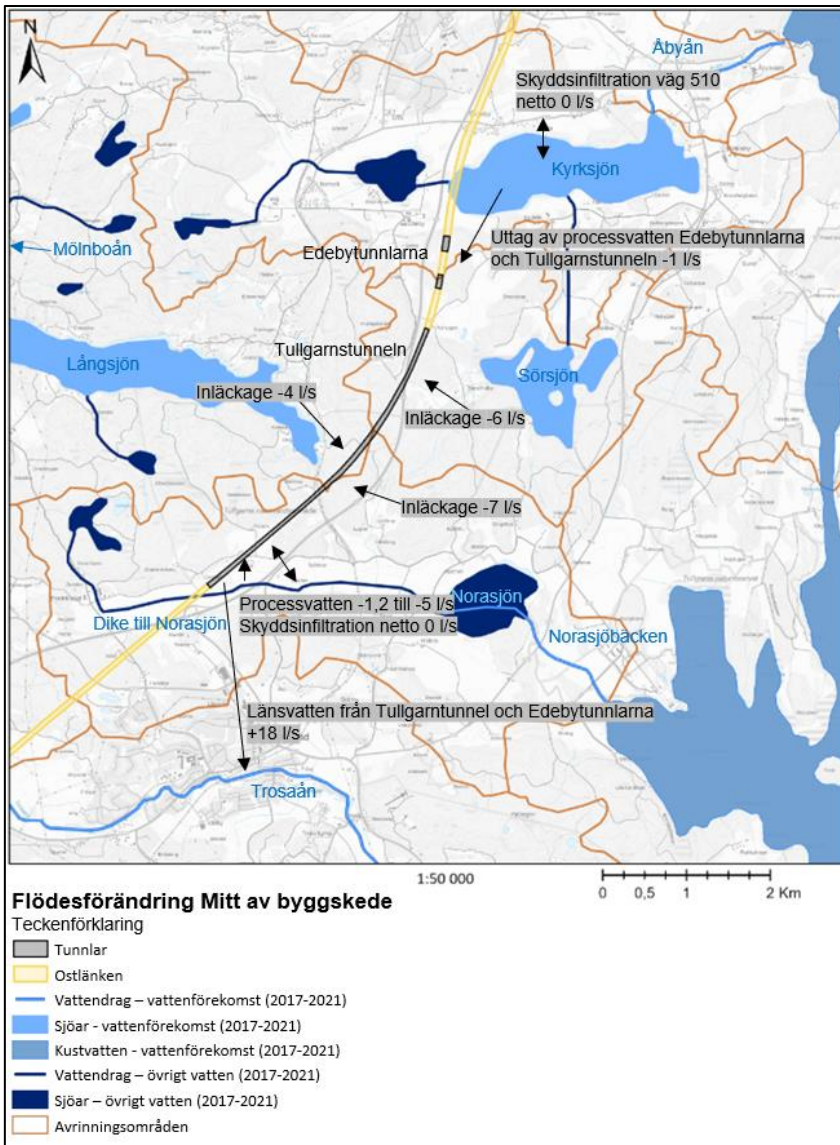
Figur 1. Flödesförändringar i början av byggskedet

Tabell 2. Flödesförändringar i början av byggskedet

Ytvatten	Beskrivning flödesförändring	Nettoeffekt flödesförändring
Sörsjön	Ingen flödesförändring	0
Kyrksjön, Åbyån	Uttag av processvatten till Edebytunnlarna och Tullgarnstunneln 1 l/s	≈ -1 l/s
Långsjön, Mölnboån	Ingen flödesförändring	0
Dike till Norasjön, Norasjön, Norasjöbäcken	Uttag processvatten 1,2 l/s och skyddsinfiltration 5 l/s samt tillskott av länshållningsvatten från öppet schakt 4 l/s	≈ -2 l/s
Trosaån	Tillskott länsvatten Tullgarnstunneln och Edebytunnlarna 2,2 l/s	≈ +2 l/s

1.2 Mitt av byggskede

Värdena för inläckage till Tullgarnstunneln kan vara överskattade för detta skede eftersom de motsvarar inläckage vid färdigställd tunnel. I Figur 2 och Tabell 3 sammanfattas flödesförändringar i mitten av byggskedet.



Figur 2. Flödesförändringar i mitten av byggskedet

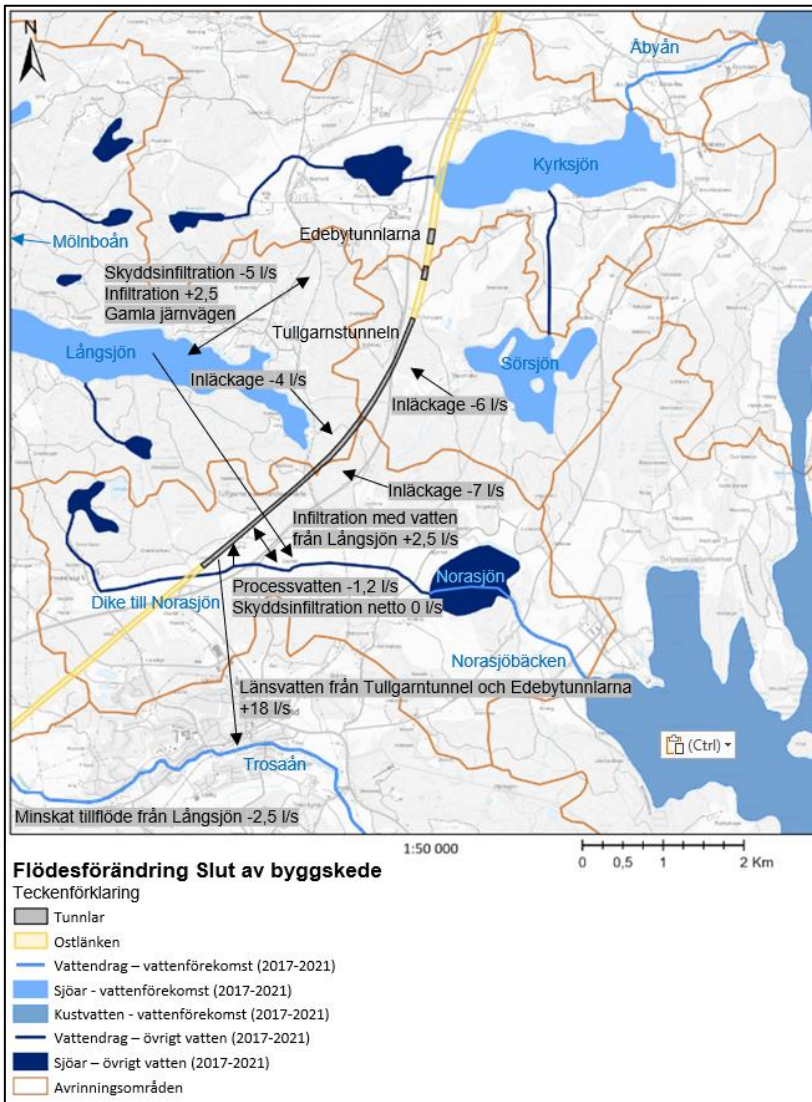
Tabell 3. Flödesförändringar i mitten av byggskedet

Ytvatten	Beskrivning flödesförändring	Nettoeffekt flödesförändring
Sörsjön	Inläckage Tullgarnstunneln 6 l/s	≈ -6 l/s
Kyrksjön, Åbyån	Minskning av flöde från Sörsjön (6 l/s) och uttag av processvatten för tunneldrivning 1 l/s	≈ -7 l/s
Långsjön, Mönboån	Inläckage Tullgarnstunneln 4 l/s	≈ -4 l/s
Dike till Norasjön, Norasjön, Norasjöbacken	Inläckage Tullgarnstunneln 7 l/s och uttag processvatten 0-5 l/s	≈ -7 till -12 l/s
Trosaån	Tillskott länsvatten Tullgarnstunneln och Edebyttunnlarna 18 l/s	≈ +18 l/s

TMALL 0423 PM 3.0

1.3 Slut av byggskede

I Figur 3 och Tabell 4 sammanfattas flödesförändringar i slutet av byggskedet.



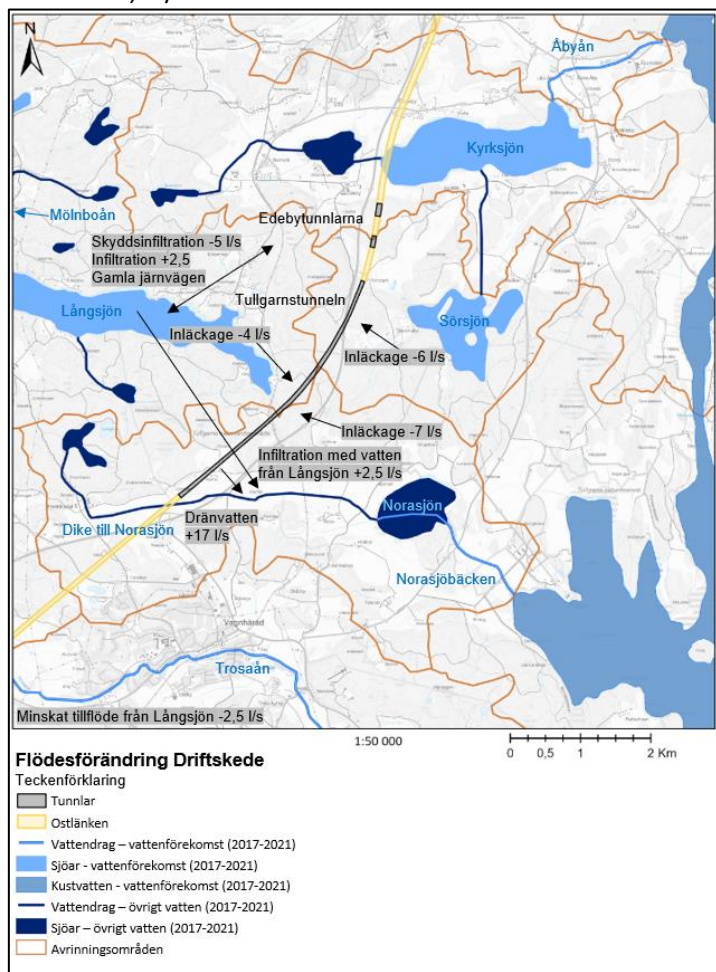
Figur 3. Flödesförändringar i slutet av byggskedet

Tabell 4. Flödesförändringar i slutet av byggskedet

Ytvatten	Flödesförändring Slut av byggskede	Nettoeffekt flödesförändring
Sörsjön	Inläckage i Tullgarnstunneln 6 l/s	≈ -6 l/s
Kyrksjön, Åbyån	Minskning av flöde från Sörsjön	≈ -6 l/s
Långsjön, Mölnboån	Inläckage Tullgarnstunneln 4 l/s, uttag skyddsinfiltration 0-5 l/s och infiltration med vatten från Långsjön 0-2,5 l/s	≈ -4 till -6,5 l/s
Dike till Norasjön, Norasjön, Norasjöbacken	Inläckage Tullgarnstunneln 7 l/s och uttag processvatten 1 l/s samt infiltration med vatten från Långsjön 0-2,5 l/s	≈ -6 till -9 l/s
Trosaån	Tillskott länsvatten Tullgarnstunneln och Edebyttunnlarna 18 l/s och minskat tillflöde från Långsjön 0-2,5 l/s	≈ +15,5 till +18 l/s

1.4 Driftskede

I driftskedet pumpas dränvattnet från Tullgarnstunneln till Dike till Norasjön. I Figur 4 och Tabell 5 sammanfattas flödesförändringar i driftskedet. I driftskedet kommer dränvatten i Tullgarnstunneln att pumpas till Dike till Norasjön, vilket ger ett tillskott om cirka 9,7 l/s.



Figur 4. Flödesförändringar i driftskedet

Tabell 5. Flödesförändringar i driftskedet

Ytvatten	Flödesförändring driftskede	Nettoeffekt flödesförändring
Kyrksjön, Åbyån	Minskning av flöde från Sörsjön på grund av inläckage i Tullgarnstunneln 6 l/s	≈ -6 l/s
Sörsjön	Inläckage i Tullgarnstunneln 6 l/s	≈ -6 l/s
Långsjön, Mönboån	Inläckage i Tullgarnstunneln 4 l/s, uttag skyddsinfiltration 0-5 l/s och infiltration med vatten från Långsjön 0-2,5 l/s	≈ -4 till -6,5 l/s
Dike till Norasjön, Norasjön, Norasjöbacken	Inläckage i Tullgarnstunneln 7 l/s, tillskott dränvatten Tullgarnstunneln 17 l/s och infiltration med vatten från Långsjön 0-2,5 l/s	≈ +10 till +12,5 l/s
Trosaån	Minskat tillflöde från Långsjön	≈ 0 till -2,5 l/s

1.5 Förutsättningar för beräkning av flödesförändringar i bygg- och driftskede

De flödesuppgifter för *byggskedet* som redovisas i Figur 1-4 och i Tabell 1-6 bygger på ett antal beräkningsförutsättningar som hämtats från Teknisk beskrivning vattenverksamhet Långsjön-Sillekrog, bilaga C till ansökan. För att förbättra transparensen i bedömningarna avseende Dike till Norasjön listas följande beräkningsförutsättningar:

- Uttag om 1,2 till 4,7 l/s ur Dike till Norasjön till processvatten för Tullgarnstunneln som sedan bortförs från avrinningsområdet genom pumpning till Trosaån.
- Uttag om 5 l/s ur Dike till Norasjön vid behov till skyddsinfiltation av E4. Detta vatten rinner via grundvattnet tillbaka till Dike till Norasjön. Det beräknas ta mellan cirka 3 månader och 3 år för infiltrerat vatten att komma tillbaka till Dike till Norasjön vilket innebär en flödesminskning enligt det inledande scenariot (Början av byggskede). Fördröjningen är sannolikt konservativt bedömd eftersom tryckresponser inte tagits i beaktande. Denna bedöms göra att utströmningen av vatten i Dike till Norasjön sannolikt är relativt direkt efter att infiltrationen påbörjats.
- Vid byggnation av Tullgarnstunneln, innan driftskedet, leds länshållningsvatten (processvatten och inläckande vatten i tunnel) till Trosaån. Länshållningsvattnet antas vara jämnt fördelat över året. Av inläckaget kommer 0 till 7,5 l/s från Norasjöns avrinningsområde, där flödet ökar med tiden allteftersom tunnelbyggnationen framskrider.
- Länshållningsvatten från schakt för tråg och betongtunnel vid södra tunnelpåslaget utgörs av rent grundvatten och leds till Dike till Norasjön. Det ger diket ett tillskott om cirka 4 l/s under det första året och förväntas helt utebli när täta konstruktioner har uppförts.
- Länshållning sker även i schakt för brostöd men flödet är relativt litet och har därför inte inkluderats i beräkningarna.
- I slutet av byggskedet kan skyddsinfiltation av befintlig järnväg behövas. Uttaget görs ur Långsjön. Tillrinningen via grundvattnet till Norasjön bedöms öka med 0 till 2,5 l/s.

2 Dike till Norasjön

2.1 Flödesförändringar i byggskede

I Tabell 6 redovisas hur flödet i Dike till Norasjön bedöms påverkas av uttag och annan vattenhantering i olika faser av byggskedet. Felkällorna är stora och för att

inte underskatta effekterna har konservativa antaganden gjorts, vilket innebär att värdena sannolikt är överskattade.

Tabell 6. Sammanfattning av beräknad flödesförändring vid olika faser av byggskedet för Dike till Norasjön. Alla värden avser liter per sekund.

Fas	Inläckage Tullgarnstunneln (leds till Trosaån)	Uttag för processvatten (Till Trosaån efter nyttjande)	Uttag för skyddsinfiltration (rinner fördröjt tillbaka via grundvatten)	Länsvatten från schakt av tråg och betongtunnel	Infiltration med vatten från Långsjön	Nettoeffekt Dike till Norasjön
Början av byggskede	-0	-1,2	-5	+4	+0	-2,2
Mitt av byggskede	-7,5	-4,7	0	+0	+0	-12,2
Slut av byggskede	-7,5	-1,2	+/- 0	+0	+0	-9,7
Slut av byggskede Infiltration med vatten från Långsjön	-7,5	-1,2	+/- 0	+0	+2,5	-6,2

2.2 Konsekvenser på naturvärden

Naturvärdet i Dike till Norasjön har bedömts vara måttligt (vilket motsvarar påtagligt värde enligt svensk standard för naturvärdesinventering; Trafikverket 2019). Enligt modellerade flödesdata så torkar vattendraget periodvis ut i nuläget (se Tabell 7 som redovisar flödesdata för Norasjöbäcken nedströms Dike till Norasjön). Lokalboende vittnar emellertid om att ett grundvattenutflöde sker i "Graven", den meandrande delen av vattendraget cirka 200 m nedströms E4, vilket enligt deras utsago innebär ett konstant vattenflöde, om än litet under torra perioder. I nuvarande tillstånd bedöms lågflödet periodvis därför vara nära 0 l/s. Flora och fauna i vattendraget antas därför vara anpassade till återkommande perioder med lågflöden. Förekommande arter bedöms även vara tåliga mot höga närsalt- och partikelhalter, eftersom sådana bedöms uppstå frekvent i samband med häftiga regn, åkerbruk eller dikesrensning.

Sannolikheten för total uttorkning bedöms vara densamma som idag på grund av grundvattentillströmningen förblir densamma efter att täta konstruktioner uppförts vid Tullgarnstunnelns södra tunnelmynning. Utifrån att förekommande vattenlevande arter är anpassade efter perioder med mycket lågt flöde och utifrån att verksamheten inte leder till att vattendraget torkar ut, utan endast förlänger

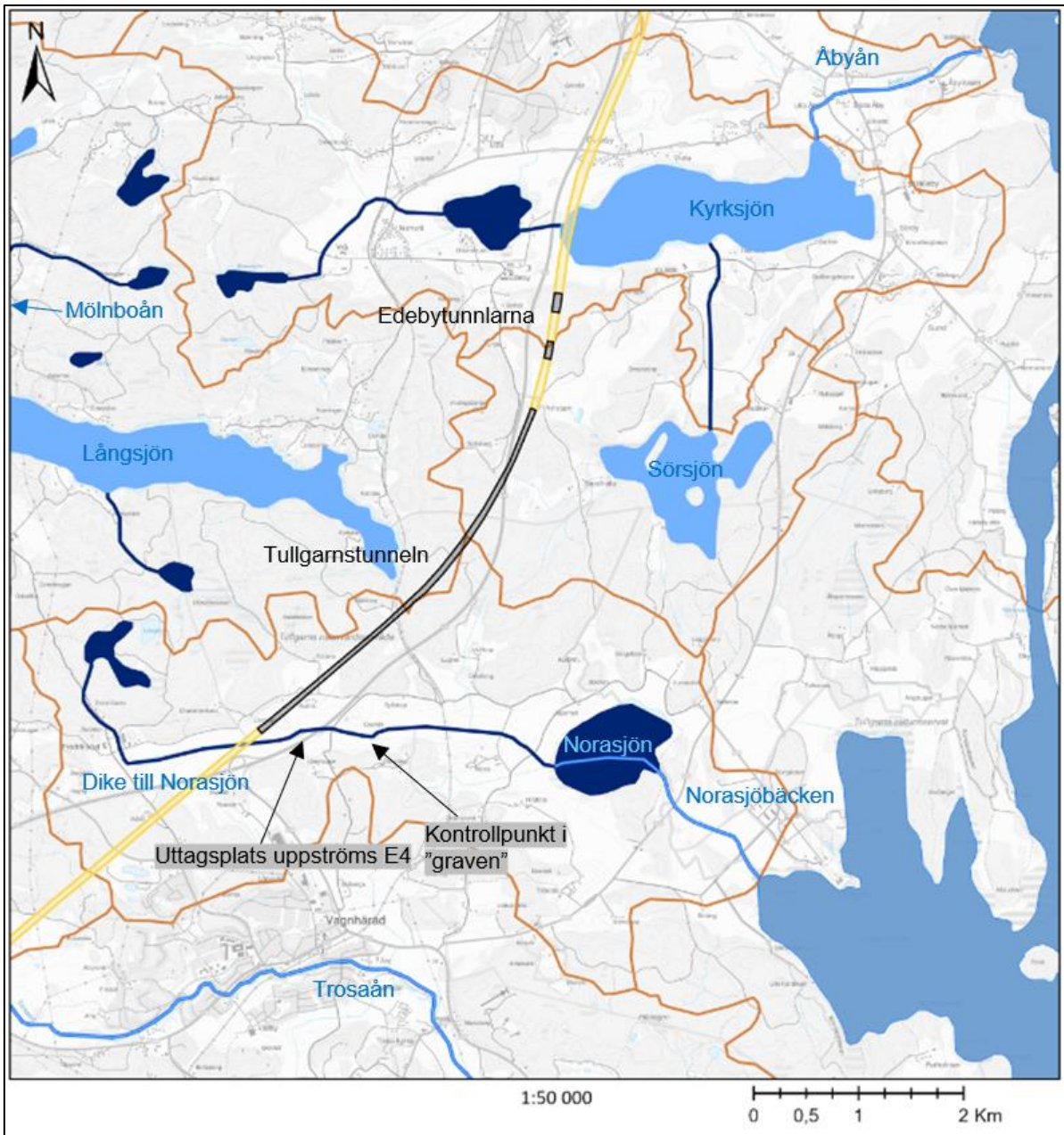
perioderna med lågt flöde i under en begränsad tid (delar av byggskedet) så bedöms effekten av uttaget som liten på vattendragets hydrologi och naturvärden. Liten effekt på måttligt naturvärde innebär enligt bedömningsgrunderna för miljökonsekvensbeskrivningen (Figur 5) att konsekvensen blir liten till måttlig. I driftskedet kommer flödet att öka och förutsättningarna för vattenlevande arter att förbättras. Konsekvenserna i driftskedet bedöms därför som positiva.

Aspektens/Objektets värde	Effekt (beroende av omfattning och varaktighet)		
	Stor påverkan/effekt	Måttlig påverkan/effekt	Liten påverkan/effekt
Högt värde	Stor - mycket stor konsekvens	Måttlig-stor konsekvens	Måttlig konsekvens
Måttligt värde	Måttlig-stor konsekvens	Måttlig konsekvens	Liten-måttlig konsekvens
Lågt värde	Måttlig konsekvens	Liten-måttlig konsekvens	Liten eller obetydlig konsekvens

Figur 5. Matris som schematiskt illustrerar bedömningsmetodiken.

2.3 Placering av kontrollpunkt för flödesmätning

I figur 6 redovisas var uttag av processvatten kommer ske i Dike till Norasjön samt ungefärlig plats för kontroll.



Figur 6. Ungefärlig position för uttagsplats av vatten och för kontrollpunkt av vattenföring i Dike till Norasjön.

3 Konsekvenser på hydrologisk regim för Norasjöbäcken

Norasjöbäcken har ett avrinningsområde om ca 17 km² till utloppspunkten i Gälöfjärden och medelvattenföringen är 120 l/s (Tabell 7). Uppströms Norasjöbäcken finns två sjöar; direkt uppströms ligger Norasjön och längre uppströms ligger den mindre Lövsjön. Dalgången i de övre delarna av avrinningsområdet (Fredriksdal-Kumla) har under förra seklet dikats ut och Norasjön har sänkts, vilket minskat flödesbuffringkapaciteten i vattensystemet. Under sommarhalvåret är vattenföringen ofta låg och enligt modellerade S-HYPEdata torkar Norasjöbäcken regelbundet ut (Tabell 7). Dessa data från S-HYPE har visats överensstämma väl med de flödesmätningar som gjorts i fält inom Ostlänkenprojektet kring E4:an. Det finns dock uppgifter från lokalboende om att vattendraget är vattenförande året om till följd av grundvattenutflöde i höjd med "Graven", det meandrande partiet cirka 200 meter nedströms E4. Inom projektet har framför allt vattendragssträckan uppströms Norasjön, väster om E4, besökts varvid fåran flera gånger varit torr.

Tillförsel av dräneringsvatten från Tullgarnstunneln förväntas ge en genomsnittlig ökning om ca 10 l/s till Norasjöbäcken och hålla en jämn dynamik över året vilket ökar lågvattenföringen och minskar torrperioderna, sannolikt så att vattendraget blir ständigt vattenförande. Förändringen vid medelvattenföring och högvattenföring bedöms inte bli märkbar.

Tabell 7. Total vattenföring (m³/s) enligt SMHI, vattenwebb 1991-2020 för Norasjöns utlopp samt Norasjöbäckens utlopp i Gälöfjärden.

Scenario	Norasjöns utlopp	Norasjöbäckens utlopp
HQ50	0,97	1,09
HQ25	0,88	0,99
HQ10	0,77	0,87
HQ5	0,68	0,76
HQ2	0,54	0,61
MHQ	0,56	0,64
MQ	0,11	0,12
MLQ	0	0

Den hydrologiska regimen i Norasjöbäcken är inte klassad enligt VISS och inom projekt Ostlänken har detta inte bedömts som möjligt eftersom referensförhållandet är okänt. En grov bedömning är att avrinningsområdet enligt ett referensförhållande präglas av åtskilliga våtmarker, meandrande vattendrag och en större vattenhållande kapacitet än dagens tillstånd. Ostlänkens effekter är att flödet i Dike till Norasjön och Norasjöbäcken ökar och blir mer stabilt, vilket skapar ett tillstånd som i högre utsträckning än dagens dränerade tillstånd efterliknar ett referensförhållande med förbättrade förutsättningar för fisk och annan akvatisk fauna.

Sammantaget bedöms Ostlänkens effekt vara positiv på status för såväl hydrologisk regim som biologiska kvalitetsfaktorer.

4 Vattendrag mellan Sörsjön och Kyrksjön

4.1 Konsekvenser på naturvärden

Vattendraget är litet och till stor del utträtat. Enligt såväl SMHI:s flödesdata som ÅF/Tyréns egna modelleringar så torkar vattendraget regelbundet ut (Tabell 8). Medelvattenföringen är enligt SMHI endast 40 l/s och medellågvattenföringen 0 l/s (Tabell 9). En uppdämd damm (eventuellt viltvatten) utgör ett definitivt vandringshinder för fisk. Till följd av litet flöde i kombination med relativt branta partier i vattendraget är det dock osäkert i vilken omfattning fiskvandring hade förekommit under naturliga förhållanden. En sökning i Artportalen (SLU) visade att ingen vattenlevande art rapporterats in i eller i anslutning till vattendraget. Utifrån ovan nämnda uppgifter bedöms vattendraget ha ett lågt (visst enligt svensk standard) naturvärde. Dammen kan utifrån eventuell groddjursförekomst ha ett högre naturvärde. Sannolikt nyttjar groddjur dammen mellan sjöarna varför den (i brist på inventeringsdata) bör ses som ett potentiellt naturvärdesobjekt och livsmiljö för artskyddade groddjur.

Tabell 8. Antalet dagar som flödet i vattendraget mellan Sörsjön och Kyrksjön varit 0 l/s enligt SMHI, Vattenwebb. Tabellen ger en ungefärlig bild av nollalternativet som emellertid påverkas av kommande klimatförändringar.

År	Antal dagar med "nollflöde"
2010	0
2011	0
2012	0
2013	62
2014	64
2015	0
2016	97
2017	47
2018	152
2019	112
2020	102
2021	0
2022	125
2023	7

Tabell 9. Flödesstatistik (1991-2020) Sörsjöns utlopp (m³/s). Data hämtat från SMHI, Vattenwebb.

Flödesscenario	Vattenföring
HQ50	0,26
HQ25	0,24
HQ10	0,21
HQ5	0,18

HQ2	0,15
MHQ	0,15
MQ	0,04
MLQ	0

Den påverkan som Ostlänken bedöms medföra på vattendraget är en flödesminskning med cirka 6 l/s i slutet av byggskedet och 6 l/s i driftskedet. Flödesminskningen är relativt stor sett till flödet i nuläget, men eftersom vattendraget på återkommande basis torkar ut så bedöms effekten på hydrologin bestå i ett något mindre flöde vid medelvattenföring och längre perioder med lågt eller inget flöde. Utifrån att fisk och andra limniska arter inte finns så bedöms effekten som måttlig. Utifrån en måttlig effekt på ett lågt naturvärde bedöms konsekvensen vara liten till måttlig.

Vattennivån i ovan nämnda damm bedöms påverkas obetydligt. Dämnet reglerar vattennivån och risken för att dammen torkar ut till följd av minskat flöde bedöms som liten då det för detta krävs långa torrperioder och att även grundvattentillrinningen helt upphör. Effekten på de groddjur som antas förekomma bedöms vara förbättrade rekryteringsmöjligheter till följd av att ett minskat flöde ger en minskad vattenomsättning och ökad temperatur, vilket gynnar utvecklingen av groddrom och uppväxande yngel. Dammens naturvärden bedöms därigenom öka till följd av det minskade flödet.

5 Sörsjön, Kyrksjön och Åbyån

5.1 Konsekvenser på hydrologisk regim

Bedömning av påverkan på hydrologisk regim utgår från varaktiga effekter på berörda vattenförekomster, dvs effekterna i driftskedet i detta fall.

Planerad bortledning av dränvatten riskerar inte att otillåten påverkan uppstår på hydrologisk regim för Sörsjön och Åbyån, se Bilaga 1. Eftersom hydrologisk regim inte påverkas på ett otillåtet sätt för Sörsjön så bedöms det som uteslutet att Kyrksjöns hydrologiska regim påverkas då den har ett större avrinningsområde vilket gör att de relativa effekterna av flödesförändringarna blir mindre än för Sörsjön.

6 Långsjön

6.1 Ostlänkens påverkan och konsekvenser på hydrologisk regim

Det saknas statusbedömning för hydrologisk regim i VISS. Sjöns hydrologiska referensförhållande är okänt och det bedöms inte vara möjligt att bedöma vilken status sjön har i nuläget. Det är därmed heller inte möjligt att i detalj avgöra Ostlänkens effekt på hydrologisk regim.

Vattenuttag och grundvattenbortledning via Tullgarnstunneln leder enligt utförda beräkningar till att vattenföringen minskar med 4 – 6,5 l/s. Det ”värsta” scenariot, 6,5 l/s utgör 2 procent av medelvattenföringen (MQ) vid Långsjöns utlopp. Hydrologisk regim bedöms utifrån tre parametrar (se nedan) och den med sämst status avgör statusen på kvalitetsfaktornivå. För bedömningarna av hydrologisk regim för en sjö enligt de tre parametrarna har inte perioder med extremt låga eller höga flöden någon avgörande betydelse, utan det är hur stor avvikelsen är avseende årsmedelvärdet som är av relevans.

1. *Vattenståndsvariation i sjöar.* Bedömningen görs utifrån vattenståndets medelavvikelse från oreglerade förhållanden.
2. *Avvikelse i vinter- eller sommarvattenstånd.* Bedömningen görs utifrån vattenståndets medelavvikelse från oreglerade förhållanden under vinter- eller sommarperioden.
3. *Vattenståndets förändringstakt.* Vattenståndets förändringstakt beskrivs som skillnad i förändring av vattenståndet mellan två intilliggande dygn relativt den naturliga oreglerade vattenståndsförändringen.

Den genomsnittliga flödesminskningen på 2 procent bedöms ha en liten effekt på de tre parametrarna, och medföra en avvikelse om högst 2 procent från nuläget. Med tanke på naturliga variationer och pågående klimatförändringar är det sannolikt inte möjligt att mäta effektens avvikelse från referensförhållandet. Den omätbara effekten bedöms därmed inte innebära en otillåten påverkan på MKN för Långsjön.

Sjön Sillen som ligger nedströms Långsjön har enligt VISS inte statusbedömts med avseende på hydrologisk regim. Eftersom Ostlänken inte bedöms ge någon påverkan på hydrologisk regim för den mindre sjön Långsjön bedöms det inte finnas någon risk för otillåten påverkan på MKN för Sillen.

7 Mölnboån

7.1 Kompletterande information om hydrologi och förutsättningar för naturvärden

Mölnboån nedströms Långsjön har inte inventerats med avseende på naturvärden. Merparten av vattendragets avrinningsområde utgörs av skogsmark, men betydande delar av dess närområde är jordbruksmark. Relativt stora delar av vattendragets sträcka är uträtade och saknar kantzon. Cirka 400 meter nedströms Långsjön bildar en kraftverksdam som ett definitivt vandringshinder för fisk. Vattendraget utgör en vattenförekomst (WA97493382). Ekologisk status är enligt VISS i nuläget otillfredsställande på grund av otillfredsställande status för fisk och på grund av vandringshinder. Vattendraget är övergött och kvalitetsfaktorn näringsämnen är klassad till dålig status. Enligt SMHI (Vattenwebb) är medelvattenföringen 570 l/s vid utloppet i Sillen och 300 l/s vid vattendragets början vid Långsjöns utlopp.

Medellågvattenföringen är enligt vattenwebb 70 l/s respektive 50 l/s vid dessa delar av vattendraget (Tabell 10).

Tabell 10. Flödesstatistik (m³/s) för Mölnboåns nedersta del och för Långsjön som även beskriver Mölnboåns översta del (SMHI, Vattenwebb 1991-2020, "Total stationskorrigerad vattenföring").

Scenario	Mölnboåns mynning i Sillen	Långsjöns utlopp i Mölnboån
HQ50	3,87	1,34
HQ25	3,53	1,22
HQ10	3,09	1,07
HQ5	2,73	0,94
HQ2	2,20	0,76
MHQ	2,30	0,79
MQ	0,57	0,30
MLQ	0,07	0,05

Regleringen av dämnet förorsakar enligt VISS stora flödesvariationer. Enligt de elprovfisken som genomförts på fyra ställen i vattendraget så förekommer gädda, abborre, lake och en art av karpfisk som inte identifierades till art. Det finns enligt sökning i Artportalen (SLU) en obekräftad notering av utter (nära hotad). I övrigt finns inga noteringar av rödlistade vattenlevande arter. Förutsättningarna för stormusslor bedöms som dåliga på grund av lågt flöde och snabba, onaturliga flödesförändringar. Naturvärdet bedöms som *måttligt* (det motsvarar påtagligt värde enligt svensk standard för naturvärdesinventering) utifrån omfattande påverkan på livsmiljöer genom naturlig flödesregim och lågt flöde samt utifrån begränsade förutsättningar för naturvårdsarter.

7.2 Ostlänkens påverkan

Vattenuttag och grundvattenbortledning via Tullgarnstunneln leder enligt utförda beräkningar till att vattenföringen minskar med 4 – 6,5 l/s i Mölnboån. Det "värsta" scenariot (6,5 l/s) utgör 9 procent av medellågvattenföringen (MLQ) och 1 procent av medelvattenföringen (MQ) i Mölnboåns nedersta del och 13 procent av medellågvattenföringen och 2 procent av medelvattenföringen i åns översta del, tillika Långsjöns utflöde. I samband med medel- eller högvattenflöde bedöms effekterna på flödet vara marginella och inom ramen för naturliga variationer och de felkällor som mätningarna inbegriper. Flödesminskningen leder till att lågflödesperioder i Mölnboån förlängs något men då vattendraget är relativt stort bedöms detta inte leda till torrläggning eller omfattande effekter på hydrologin. Påverkan bedöms sammanfattningsvis som obetydlig.

7.3 Konsekvenser på hydrologisk regim

Status för hydrologisk regim är i dag måttlig. I VISS anges följande:

"... Vattnet i Mölnboån räcker troligen inte till för kontinuerlig drift av Mölnbodammen. Därför behöver kraftverket stängas av och på regelbundet. Det innebär att flödet i vattendraget hoppar helt abrupt mellan mycket lågt till ganska

kraftigt flöde och vise versa. Statusen i vattenförekomsten har försämrats jämfört med förra vattenförvaltningscykeln. Försämringen bedöms vara ett resultat av ändrade metoder för bedömning av status.”

Nuvarande status för hydrologisk regim i Mölnboån bedöms enligt VISS vara måttlig. Detta motiveras i VISS av en oregelbunden reglering vid vattenkraftverket. Bedömningen är en expertbedömning och det finns inte några data över påverkansgraden i nuläget. Eftersom bedömningen utgår från ett referensförhållande som är okänt går det inte att göra en mer exakt bedömning av status. Utifrån Ostlänkens marginella påverkan på hydrologin enligt påverkansbeskrivningen ovan bedöms det inte uppstå någon otillåten effekt på status för kvalitetsfaktorn hydrologisk regim.

Vattendraget Trosaån som ligger nedströms Mölnboån har inte statusbedömts med avseende på hydrologisk regim. Eftersom Ostlänkens påverkan på hydrologin i den mindre Mölnboån är obetydlig bedöms det inte finnas någon risk att otillåten påverkan uppstår på MKN för Trosaån.

7.4 Konsekvenser på naturvärden

Med en liten effekt på det måttliga naturvärdet bedöms i enlighet med Ostlänkens bedömningsgrunder (Figur 5) konsekvensen som liten.

Referenser

Trafikverket 2024. Ansökan om tillstånd till vattenverksamhet i samband med anläggandet av järnväg inom projekt Ostlänken i delområde Tullgarn och Vagnhärad. Mål nummer M 8651-23.

Trafikverket 2023. Teknisk beskrivning. Teknisk beskrivning vattenverksamhet Gerstabergr-Långsjön Södertälje kommun, Stockholms län. Bilaga C till ansökan om tillstånd. 2023-06-13.

SMHI. Vattenwebb. <https://www.smhi.se>

VISS. Vatteninformationssystemsverige. www.lansstyrelsen.se

SLU, Artportalen. <https://artportalen.se>

Svensk standard för naturvärdesinventering. SS 199000:2023

Bilaga 1. PM Påverkan på hydrologisk regim i Sörsjön, Kyrksjön och Åbyån vid utsläpp av dränvatten från Tullgarnstunneln

1 Bakgrund

Efter byggnation av Tullgarnstunneln kommer grundvatten läcka in i tunneln (trots viss tätning). Detta påverkar hydrologin inom grundvattenpåverkansområdet för tunneln och förändrar flödet till Sörsjön, Norasjön och Långsjön samt i förlängningen även nedströms liggande Kyrksjön, Åbyån och Norasjöbäcken. I denna bilaga utreds vilken hydrologisk påverkan som kan uppstå på dessa recipienter om det inläckande vattnet pumpas söderut mot Norasjön.

Sjön har en area på 0,9 km² och ett avrinningsområde på 8,1 km². Från Sörsjöns utlopp rinner vattnet via ett litet vattendrag (ej vattenförekomst) vidare till Kyrksjön (WA99859623). Kyrksjön har en area på 1,9 km² och avvattnas via Åbyån mot Stavbofjärden. Åbyån i Södertälje kommun är ett vattendrag med ett medelvattenflöde på 200-300 l/s (beräkningsbilaga till PM Yt- och grundvatten (ÅF/Tyréns, 2023)). Vattenförekomsten Åbyån (WA33355523) är två kilometer lång och börjar vid Kyrksjön strax norr om Hölö kyrka. Åns vattenkraft har troligen nyttjats sedan 1600-talet. Där nuvarande länsvägen AB 519 passerar ån byggdes en damm och anlades en mjöl- och en sågkvarn, som kallades Åby kvarn. Idag utgörs dammbyggnaden av en överfallskonstruktion där regleringsmöjlighet saknas. Ån påverkas enligt VISS av övergödning som härrör från kringliggande jordbruk samt av bristande konnektivitet till följd av att dämnet skapar ett vandringshinder för fisk.

Långsjön är en sjö och vattenförekomst (WA48987947) i Södertälje och Trosa kommun. Sjön har en area på 5,4 km² och ett avrinningsområde på 48,4 km². Vattnet flödar genom två vattendrag innan det når havet.

Angivna nivåer anges i RH 2000 och koordinatsystemet SWEREF99 1800.

2 Metod och avgränsningar

I kapitel 2.1 Inläckage Tullgarnstunneln beskrivs metodiken för att beräkna inläckaget till Tullgarnstunneln samt hur flödet påverkas om vattnet pumpas norrut eller söderut.

I kapitel 2.2 Fältbesök Sörsjön beskrivs fältbesöket som genomfördes för att mäta in utloppet av Sörsjön, det momentana flödet och vattennivån.

Flödet som har använts i beräkningar är hämtat från SMHI Vattenwebb (SMHI, 2022). SMHI använder S-HYPE (en hydrologisk modell) för att beräkna vattenföring för hela Sverige. En första uppställning av modellen gjordes 2009 och indelningen av landet i vattenförekomster baserades på indelningen som fanns i Svenskt vattenarkiv. SMHI utvecklar kontinuerligt modellen både vad gäller områdesindelningen, uppdatering av indata, förbättringar av processbeskrivningar samt kalibrering. För att få fram vattenstånd för Sörsjön har SMHI:s avbördningsekvation använts. Ekvationen samt kontroll av ekvationen redovisas i kapitel 2.3 Avbördningsekvation.

För att klargöra effekterna på miljö kvalitetsnormerna (MKN) för Sörsjön och Åbyån av att vatten byter avrinningsområde då det pumpas upp från Tullgarnstunneln användes Havs- och vattenmyndighetens vägledning för hydrologisk regim (Havs- och vattenmyndigheten, 2019). I kapitel 2.4 Hydrologisk regim sjöar och 2.5 Hydrologisk regim vattendrag beskrivs metodiken

2.1 Inläckage Tullgarnstunneln

De analytiska beräkningarna av inläckage till bergtunneln visar, med konservativt ansatta parametrar, på ett inläckage om i medeltal 30 l/min och 100 m tunnel för den norra delsträckan km 15+339 – 17+150. Detta inläckage summerat över delsträckans längd 1 811 m ger ett totalt inläckage på ca 9 l/s. Detta påverkar hydrologin inom grundvattenpåverkansområdet för tunneln och förändrar flödet till Sörsjön, Långsjön och Norasjön samt i förlängningen även nedströms liggande Kyrksjön, Åbyån och Norasjöbäcken.

För den södra delen av tunneln kommer konventionell tätning med cementinjektering att utföras för att begränsa tunnelns grundvattenpåverkan. De analytiska inläckageberäkningarna för tätad tunnel längs södra delen km 17+150 – 18+784 visar, med konservativt ansatta parametrar, på ett inläckage om i medeltal ca 30 l/min och 100 m tunnel. Detta inläckage summerat över delsträckans längd 1 634 m ger ett totalt inläckage på ca 8 l/s.

En begränsning i de analytiska beräkningarna är att de inte tar hänsyn till mängden tillgängligt vatten. Vattenbalansberäkningar har därför utförts för hela Tullgarnstunneln. Dessa visar på att inläckaget i tunneln i stort motsvarar ca 160 % av grundvattenbildningen inom tunnelns vattenbalansområde. Inläckaget överskrider således grundvattenbildningen påtagligt, vilket talar för att inläckaget sannolikt är överskattat. Antagande om större inläckage än vad grundvattenbildningen medger kan dock ändå vara motiverat under förutsättning att det finns hydraulisk kontakt mellan tunneln och större grundvattenmagasin och/eller sjöar med god tillgång på vatten. Långsjön skulle kunna vara en sådan så kallad positiv hydraulisk gräns.

Även numeriska 2D-modelleringar har utförts med hjälp av programvaran Seep/W. Modelleringarna har gjorts i sammanlagt fyra tvärsektioner längs tunneln; km 15+600, km 16+300, km 17+800 och km 18+700. Dessa tar större hänsyn till tillgången på vatten genom att en styrande grundvattenbildning till berg om 50 mm/år ansatts. De inläckage som erhålls av modellerna är betydligt lägre än de som erhållits genom de analytiska beräkningarna, och varierar mellan 3 och 21 l/min och 100 m tunnel i otätat utförande respektive 3-17 l/min och 100 m tunnel i tätat utförande (underlag för inläckage redovisas i beräkningsbilaga grundvatten till PM Yt- och grundvatten (ÅF/Tyréns, 2023)).

För att avgöra hur mycket vatten av inläckaget som kommer från respektive avrinningsområde användes sjöarnas avrinningsområde från SMHI vattenwebb inom påverkansområdet. Norra och södra sträckan har delats vid ca 17+150 (se röd linje i Figur 1) och har ett inläckage på 9 respektive 8 l/s. Den procentuella areafördelningen inom påverkansområdet baserat på avrinningsområdet enligt SMHI till respektive recipient för södra och norra sträckan samt endast yta som motsvarar berg och morän visas i Tabell 1 och Figur 1. Vattnet inom påverkansområdet som inte landar på berg och morän förväntas rinna direkt till respektive recipient och bidrar inte till inläckaget i Tullgarnstunneln. I Tabell 2 redovisas påverkat flöde för respektive recipient och hur det har beräknats.

I ett alternativ leds allt vatten (ca 17 l/s) norrut till Sörsjön och i det andra alternativet leds allt vatten söderut till Norasjön.

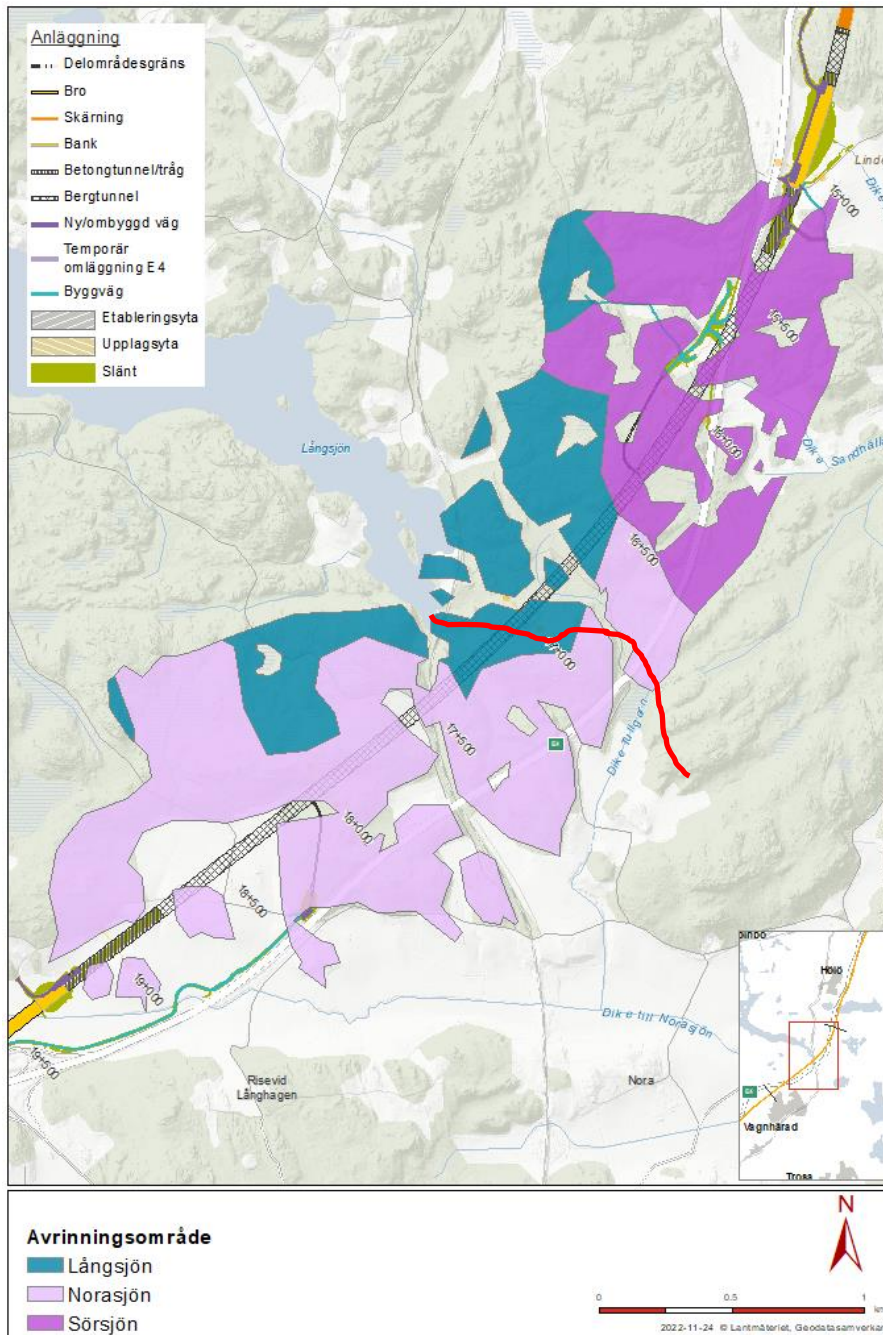
- Alternativ norrut: Vattnet leds norrut till Sörsjön. Ökar inflödet till Sörsjön och Åbyån med ca 12 l/s (4 l/s från Långsjön + 8 l/s från Norasjön). Minskar flödet till Norasjön med ca 8 l/s.
- Alternativ söderut: Vattnet leds söderut till Norasjön. Minskar flödet till Sörsjön och Åbyån med ca 6 l/s. Ökar flödet till Norasjön med ca 10 l/s (4 l/s från Långsjön + 6 l/s från Sörsjön).

Tabell 1. Procentuell areafördelning inom påverkansområdet till respektive recipient

Recipient	Norra sträckan	Södra sträckan
Långsjön	29 %	19 %
Sörsjön	61 %	0 %
Norasjön	10 %	81 %

Tabell 2. Beräkning av påverkat flöde för respektive recipient

Recipient	Flöde
Långsjön	= 29% * 9 l/s + 19% * 8 l/s = 4,2 l/s ≈ 4 l/s
Sörsjön	= 61% * 9 l/s + 0% * 8 l/s = 5,5 l/s ≈ 6 l/s
Norasjön	= 10% * 9 l/s + 81% * 8 l/s = 7,5 l/s ≈ 8 l/s
Totalt	17,2 ≈ 17 l/s



Figur 1. Areafördelning inom påverkansområdet baserat på avrinningsområden enligt SMHI till respektive recipient för södra och norra sträckan samt endast yta som motsvarar berg och morän. Den röda linjen markerar var den norra och södra sträckan har delats. Vattnet inom påverkansområdet som inte landar på berg och morän antas rinna direkt till respektive recipient och bidrar inte till inläckaget i Tullgarnstunneln.

2.2 Fältbesök Sörsjön

Adèle Wallin och Per Bergström besökte Sörsjön 2022-06-17 i syfte att mäta in utloppet av Sörsjön, det momentana flödet samt vattennivån. Vid sjöns utlopp är det tätbevuxen skog (se Figur 2), vilket begränsade möjligheten för GPS-inmätningar av utloppets geometri. Vattennivån i sjön var +18,40 m vid fältbesöket och flödet var 0,004 m³/s. Utloppets geometri mättes med linjal och relaterades till vattennivån.



Figur 2. Sörsjöns utlopp samt flödesriktning.

Vid utloppet från Sörsjön finns en bäverdam som i dagsläget är bestämmande sektion tillsammans med utloppets ordinarie sjötröskel. Nivån uppströms dammen har antagits vara samma som i sjön utifrån visuell bedömning av vattenytans minimala fall på sträckan mellan bäverdammen och sjön. Sjötröskeln är +18,20 m vid låga vattennivåer men kan variera vid högre vattennivåer på grund av bäverdammen. Det är oviss hur länge bäverdammen funnits och påverkat nivån i sjön.

2.3 Avbördningsekvation

Avbördningsekvation som SMHI använder för sambandet mellan vattenstånd och utflöde i Sörsjön (subid 40787) i vattenwebb:

$$W - W_0 = \sqrt{\frac{Q}{1,845}} \quad (1)$$

$W - W_0$ är dygnsmedelvattenståndet i meter över sjöns utloppströskel, Q är dygnsmedelvattenföringen i m³/s. 1,845 är en koefficient som är beroende av utloppets utformning och anger att när vattennivån är 1 m över sjötröskeln är flödet 1,845 m³/s (SMHI, 2022-05-17).

2.3.1 Kontroll avbördningsekvation

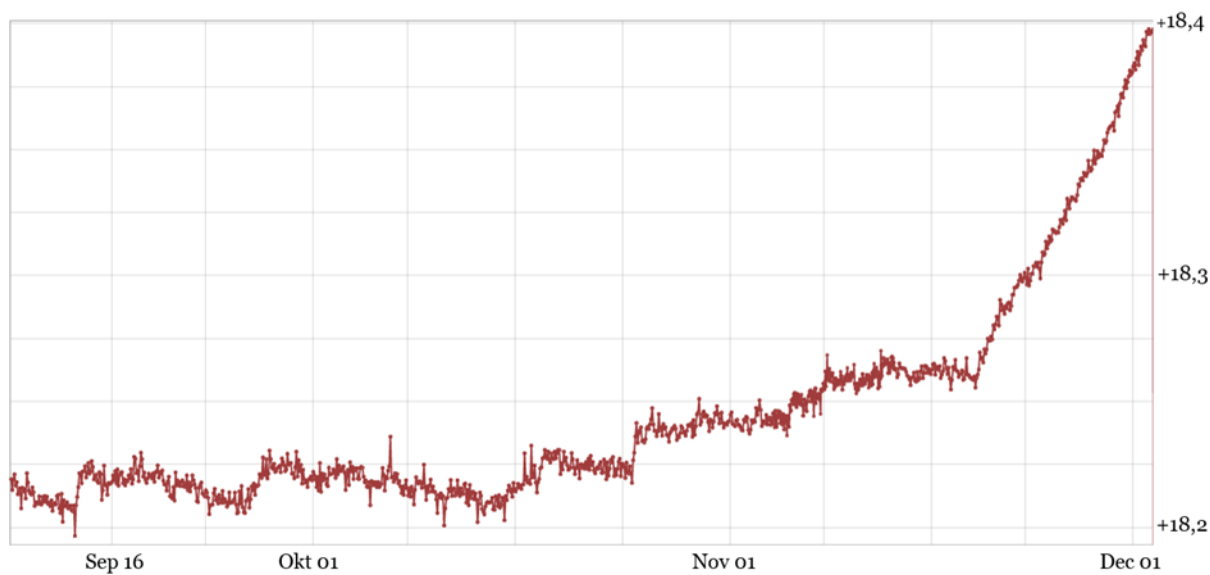
2.3.1.1 Flödesmätning

Vid fältbesöket var nivån i sjön +18,40 m och flödet mättes till 0,004 m³/s med en hydrometrisk flygel. Enligt avbördningsekvationen ska sjötröskeln då ligga på +18,35 m. Eftersom utflödet styrs av en bäverdamm vid sjönivåer över +18,20 skulle det kunna stämma, men det räcker inte att använda detta för analys av avbördningsekvationen.

2.3.1.2 Nivåmätning med DIVER

En DIVER placerades i Sörsjön för att kontinuerligt mäta vattennivån. I Figur 3 visas vattennivån i sjön mellan 8 september och 2 december 2022. I

Tabell 3 visas vattenföringen i S-HYPE (flöden under resterande period är 0 m³/s), vattennivån enligt DIVER och nivån beräknad med S-HYPE data och avbördningsekvationen. Enligt S-HYPE börjar vatten flöda över tröskeln vid vattennivå +18,3. Med WO +18,3 stämmer med hög sannolikhet avbördningsekvationen relativt väl.



Figur 3. Vattennivåmätning i Sörsjön med Diver sep-dec 2022.

Tabell 3. Jämförelse mellan nivåmätning med DIVER och beräknad nivå med S-HYPE data och avbördningsekvation.

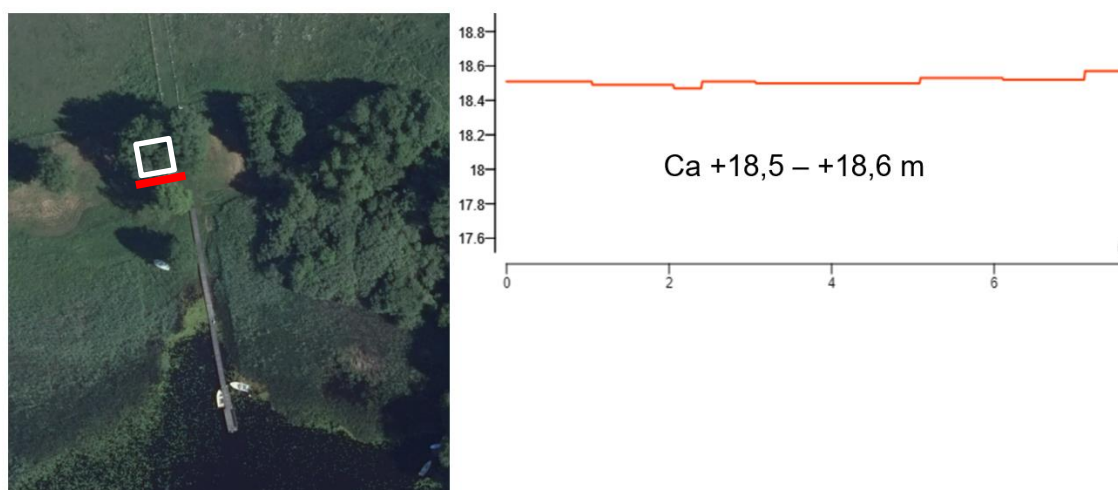
Datum	Vattennivå DIVER	Vattenföring S-HYPE [m^3/s]	Vattennivå Avbördningsekvation ($W_0 = +18,3$)
2022-11-24	+18,30	0,0002	+18,31
2022-11-25	+18,31	0,0007	+18,32
2022-11-26	+18,32	0,0016	+18,33
2022-11-27	+18,33	0,0024	+18,34
2022-11-28	+18,34	0,0031	+18,34
2022-11-29	+18,35	0,0042	+18,35
2022-11-30	+18,37	0,0055	+18,35
2022-12-01	+18,38	0,0068	+18,36
2022-12-02	+18,39	0,0082	+18,37

2.3.1.3 Amplituden i sjön

För att även utreda hur mycket vattennivån i sjön varierar vid högvattensituationer kontaktades närboende kring Sörsjön. En närboende i nordöstra delen av Sörsjön berättade att sjönivån i vanliga fall varierar med ett par decimeter. En gång på de fyra år som de hade bott där har det svämmat över och vatten har kommit upp till deras bastu.

MLQ vid utloppet av Sörsjön är 0 m^3/s och MHQ är 0,19 m^3/s . Avbördningsekvationen ger att motsvarande vattenstånd över sjötröskeln är +0 m och +0,32 m. Avbördningsekvationen uppskattar alltså den genomsnittliga årsamplituden på lite drygt tre decimeter i sjön vilket överensstämmer med uppgifter från närboende.

Vid kontroll av marknivådata ligger bastuns sida mot sjön på ca +18,5 – +18,6 m, se Figur 4. Maxflödet under de senaste fyra åren är 0,23 m^3/s (S-HYPE). Avbördningsekvationen ger att W (nivån över antagen sjötröskeln på +18,3 m) är 0,35 m och att sjönivån då är +18,65 m vilket ligger något högre än bastuns sida mot sjön. Även detta tyder således på att avbördningsekvationen stämmer relativt väl.



Figur 4. Marknivå vid bastun. Till vänster visas bastun i plan (bastuns position är markerad med vit ruta). Marknivån vid bastuns sida mot sjön längs den röda linjen framgår i figur till höger.

2.4 Hydrologisk regim sjöar

Kvalitetsfaktorn beskrivs som sjöars vattenflödesvolym, vattnets uppehållstid och vattenflödesdynamik samt förbindelser med grundvattenförekomster i relation till referensförhållandet. Hydrologisk regim i sjöar ska klassificeras utifrån:

- Vattenståndsvariation
- Avvikelse i vinter- och sommarvattenstånd
- Vattenståndets förändringstakt

Parametrarna för hydrologisk regim i sjöar beskriver skillnaden mellan reglerat och naturligt vattenstånd. I denna utredning regleras inte vattenståndet men det påverkas genom tillförsel eller minskning av flöde. Sammanvägningen av parametrarna ska utgå från den parameter som har den sämsta statusen.

10-års modellerad flödesserie på dygnsbasis vid Sörsjön utlopp användes för att beräkna vattenståndet (S-HYPE).

Från befintligt respektive situation med eller utan tillförsel av dränvatten från Tullgarnstunneln har vattenståndet beräknats med hjälp av SMHI:s avbördningsekvation. Det påverkade medelvattenflödet beräknades genom att ändra utflödet enligt respektive dränvattenutsläppsscenario. Ändringen genomfördes direkt på utflödet för att behålla massbalansen.

2.4.1 Vattenståndsvariation i sjöar

Beräknas enligt (Havs- och vattenmyndigheten, 2016):

$$\begin{aligned} \text{Vattenståndsvariation i sjöar [m]} \\ = MEDEL(ABS(HR_i - MHR)) - MEDEL(ABS(HN_i - MHN)) \end{aligned} \quad (2)$$

Där HR_i är det reglerade dygnsmedelvattenståndet vid den aktuella dagen, HN_i är dygnsmedelvattenståndet vid den aktuella dagen under naturliga, oreglerade, förhållanden, $MHR = MEDEL(HR_i)$ är medelvärdet av det reglerade vattenståndet under hela tidserien och $MHN = MEDEL(HN_i)$ är medelvärdet av det naturliga vattenståndet under hela tidserien.

Klassgränser för vattenståndsvariation visas i Tabell 4 och bestäms av vattenståndets medelavvikelse i meter från oreglerade förhållanden.

Tabell 4. Klassgränser för vattenståndsvariation i sjöar (Havs- och vattenmyndigheten, 2019)

Status	Klass	Vattenståndets medelavvikelse från oreglerade förhållanden
Hög	5	< 0,05 m
God	4	0,05 - 0,25 m
Måttlig	3	0,25 - 1 m
Otillfredsställande	2	1 - 3 m
Dålig	1	> 3 m

2.4.2 Avvikelse vinter- och sommarvattenstånd

Beskrivs som medelavvikelsen i meter under vinterperioden 1 november till 31 mars eller sommarperioden 1 juni till 31 augusti, mellan nuvarande medelvattenstånd och det oreglerade medelvattenståndet enligt referensförhållandet. Bedöms enligt (Havs- och vattenmyndigheten, 2016):

$$\text{Avvikelse i vattenstånd [m]} = \text{medelvärde}(HR_i - MHR - (HN_i - MHN)) \quad (3)$$

Där HR_i är det reglerade dygnsmedelvattenståndet vid den aktuella dagen, HN_i är dygnsmedelvattenståndet vid den aktuella dagen under naturliga, oreglerade, förhållanden, $MHR = MEDEL(HR_i)$ är medelvärdet av det reglerade vattenståndet under hela tidserien och $MHN = MEDEL(HN_i)$ är medelvärdet av det naturliga vattenståndet under hela tidserien.

Klassgränser för avvikelser i vinter- eller sommarvattenstånd visas i Tabell 5 och bestäms av vattenståndets medelavvikelse i meter från oreglerade förhållanden under vinter- eller sommarperioden.

Tabell 5. Klassgränser för avvikelser i vinter- eller sommarvattenstånd (Havs- och vattenmyndigheten, 2019)

Status	Klass	Vattenståndets medelavvikelse från oreglerade förhållanden under vinter- eller sommarperioden
Hög	5	< 0,05 m
God	4	0,05 – 0,25 m
Måttlig	3	0,25 – 1 m
Otillfredsställande	2	1 – 3 m
Dålig	1	> 3 m

2.4.3 Vattenståndets förändringstakt i sjöar

Beskrivs som skillnad i förändring av vattenståndet mellan två intilliggande dygn relativt den naturliga oreglerade vattenståndsförändringen. Beräknas enligt (Havs- och vattenmyndigheten, 2016):

$$\text{Vattenståndets förändringstakt [\%]} = \left\{ \frac{\text{SUMMA}(\text{ABS}(HR_i - HR_{i-1}))}{\text{SUMMA}(\text{ABS}(HN_i - HN_{i-1}))} - 1 \right\} \cdot 100 \quad (4)$$

Där HR_i är det reglerade dygnsmedelvattenståndet vid den aktuella dagen, HN_i är dygnsmedelvattenståndet vid den aktuella dagen under naturliga, oreglerade, förhållanden, HR_{i-1} är det reglerade medelvattenståndet under föregående dag och HN_{i-1} är det naturliga medelvattenståndet under föregående dag.

Klassgränser för vattenståndets förändringstakt visas i Tabell 6 och bestäms av hur mycket förändringstakten avviker i procent från referensförhållandet.

Tabell 6. Klassgränser för vattenståndets förändringstakt (Havs- och vattenmyndigheten, 2019).

Status	Klass	Avvikelse från referensförhållandet
Hög	5	< 5 %
God	4	5 – 15 %
Måttlig	3	15 – 50 %
Otillfredsställande	2	50 – 200 %
Dålig	1	> 200 %

2.5 Hydrologisk regim vattendrag

Kvalitetsfaktorn beskrivs som det hydrologiska tillstånd en ytvattenförekomst uppvisar avseende vattenflödesvolym, vattenflödesdynamik och tillgänglig flödeseffekt relativt referensförhållandet. Hydrologisk regim i vattendrag ska klassificeras utifrån:

- Specifik flödeseffekt
- Volymavvikelse
- Flödets förändringstakt
- Vattenståndets förändringstakt

Sammanvägningen av parametrarna ska utgå från den parameter som har den sämsta statusen.

10-års modellerad flödesserie på dygnsbasis användes för att beräkna vattenföringen (S-HYPE).

2.5.1 Specifik flödeseffekt i vattendrag

Beskrivs som avvikelse, på grund av mänsklig påverkan, från den energiförlust per meter vattendragsbredd som sker när vattnet strömmar i vattendragsfåran. Beräknas enligt (Havs- och vattenmyndigheten, 2016):

$$\text{Specifik flödeseffekt } [W/m^2] = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot S}{b} \quad (5)$$

Där ρ motsvarar vattnets densitet ($\approx 1\,000\text{ kg/m}^3$), g är gravitationskraften ($9,81\text{ kg/m}^3$), Q är medelvattenföringen (m^3/s), S är vattenytans medellutning vid medelvattenföring (m/m) och b är vattendragfårans medelbredd i ytvattenförekomsten (m) vid medelvattenföring.

Klassgränser för specifik flödeseffekt visas i Tabell 7 och bestäms av hur mycket ytvattenförekomstens specifika flödeseffekt avviker i procent från referensförhållandet.

Tabell 7. Klassgränser för specifik flödeseffekt i vattendrag (Havs- och vattenmyndigheten, 2019).

Status	Klass	Avvikelse från referensförhållandet
Hög	5	< 5 %
God	4	5 - 15 %
Måttlig	3	15 - 35 %
Otillfredsställande	2	35 - 75 %
Dålig	1	> 75 %

2.5.2 Volymsavvikelse i vattendrag

Beskrivs som den genomsnittliga volymsavvikelsen i ytvattenförekomstens vattenföring mellan den nuvarande reglerade flödesregimen och den naturliga flödesregimen. Beräknas enligt (Havs- och vattenmyndigheten, 2016):

$$VQ [\%] = \frac{MEDEL(ABS(QR_i - QN_i))}{MEDEL(QN_i)} \cdot 100 \quad (6)$$

Där QR_i är den reglerade vattenföringen vid tidssteget i , QN_i är den naturliga vattenföringen vid samma tidssteg och $MEDEL(QN_i)$ är medelvärdet av den naturliga vattenföringen för hela tidsserien.

Klassgränser för volymavvikelse visas i Tabell 8 och bestäms av hur mycket volymavvikelsen avviker i procent från referensförhållandet.

Tabell 8. Klassgränser för volymsavvikelse i vattendrag (Havs- och vattenmyndigheten, 2019).

Status	Klass	Avvikelse från referensförhållandet
Hög	5	< 5 %
God	4	5 - 15 %
Måttlig	3	15 - 50 %
Otillfredsställande	2	50 - 100 %
Dålig	1	> 100 %

2.5.3 Flödets förändringstakt i vattendrag

Beskrivs som skillnad i förändring av flödet i procent mellan två intilliggande dygn relativt den naturliga oreglerade flödesförändringen. Beräknas enligt (Havs- och vattenmyndigheten, 2016):

$$\text{Flödets förändringstakt [\%]} = \left\{ \frac{\text{SUMMA}(\text{ABS}(QR_i - QR_{i-1}))}{\text{SUMMA}(\text{ABS}(QN_i - QN_{i-1}))} - 1 \right\} \cdot 100 \quad (7)$$

Där QR_i är den reglerade vattenföringen vid tidssteget i , QN_i är den naturliga vattenföringen vid samma tidssteg, QR_{i-1} är det reglerade dygnsmedelflödet under föregående dag och QN_{i-1} är det naturliga dygnsmedelflödet under föregående dag.

Klassgränser för flödets förändringstakt visas i Tabell 9 och bestäms av hur mycket flödets förändringstakt avviker i procent från referensförhållandet.

Tabell 9. Klassgränser för flödets förändringstakt i vattendrag (Havs- och vattenmyndigheten, 2019).

Status	Klass	Avvikelse från referensförhållandet
Hög	5	< 5 %
God	4	5 - 15 %
Måttlig	3	15 - 50 %
Otillfredsställande	2	50 - 100 %
Dålig	1	> 100 %

2.5.4 Vattenståndets förändringstakt i vattendrag

Beskrivs som avvikelsen i vattenståndsförändring i vattendragsfåran uttryckt i meter/timme (m/t) på grund av mänsklig aktivitet relativt referensförhållandet. Beräknas enligt:

$$\text{Vattenståndets förändringstakt} = \text{MEDEL}(\text{ABS}(HR_i - HN_i)) \quad (8)$$

Där HR_i är det reglerade vattenståndet vid tidssteget i och HN_i är det naturliga vattenståndet vid samma tidssteg.

Med hjälp av en hydraulisk modell kan vattenståndet i vattendraget simuleras. Eftersom någon specifik timme kan slå väldigt mycket är det bättre att kolla på förändringen i flödet i medel (Havs- och vattenmyndigheten, 2022-11-01). Vattenståndet simulerades med beräkningsprogrammet MIKE11. Inflöde från S-HYPE data användes. S-HYPE data har upplösningen medelvattenflöde/dag. Vattensystemet regleras inte aktivt vilket leder till att förändringarna i vattenståndet är relativt långsamt och kan således beräknas i m/dag. Förändringarna i m/dag delas sedan med 24 för att få värdet i m/timme.

Klassgränser för vattenståndets förändringstakt visas i Tabell 10 och bestäms av hur mycket vattenståndets förändringstakt avviker i m/timme från referensförhållandet.

Tabell 10. Klassgränser för vattenståndets förändringstakt i vattendrag (Havs- och vattenmyndigheten, 2019).

Status	Klass	Avvikelse från referensförhållandet
Hög	5	> 0,05 m/t
God	4	0,05 - 0,15 m/t
Måttlig	3	0,15 - 0,3 m/t
Otillfredsställande	2	0,3 - 1 m/t
Dålig	1	> 1 m/t

3 Resultat

3.1 Bedömd påverkan på Sörsjön

Ekvationerna och klassgränserna i kapitel 2.4 användes för att ta fram den hydrologiska regimen för Sörsjön. I beräkningarna har dagens tillstånd ansatts som referensförhållandet för sjön, detta är en osäkerhet som beskrivs närmare i kapitel 2.4. Den hydrologiska regimen i Sörsjön är idag klassad som Hög i VISS (VISS, 2023)

I alternativ söderut tas 6 l/s bort direkt från utflödet från Sörsjön. Klassgränserna samt resultaten för de olika parametrarna visas i Tabell 11 för alternativ söderut. Sammanvägningen av parametrarna för Sörsjöns hydrologiska regim ger hög status, klass 5, när vattnet leds söderut.

Tabell 11. Klassgränser samt förväntad status för Sörsjön för de olika parametrarna under hydrologisk regim vid genomförande av alternativ söderut.

Parameter	Klassgränser		Resultat	
	Status/Klass	Gränsvärde	Status/Klass	Värde
Vattenståndsvariation	Hög/5 God/4 Måttlig/3 Otillfredsställande/2 Dålig/1	< 0,05 m 0,05 – 0,25 m 0,25 – 1 m 1 – 3 m > 3 m	Hög/5	0,00 m
Avvikelse vinter- och sommarvattenstånd	Hög/5 God/4 Måttlig/3 Otillfredsställande/2 Dålig/1	< 0,05 m 0,05 – 0,25 m 0,25 – 1 m 1 – 3 m > 3 m	Hög/5	0,00 m
Vattenståndets förändringstakt	Hög/5 God/4 Måttlig/3 Otillfredsställande/2 Dålig/1	< 5% 5 – 15 % 15 – 50 % 50 – 200 % > 200 %	Hög/5	3,7 %

3.2 Bedömd påverkan på Åbyån

Ekvationerna och klassgränserna i kapitel 2.5 användes för att ta fram den hydrologiska regimen för Åbyån. I beräkningarna har dagens tillstånd ansatts som referensförhållandet för sjön, detta är en osäkerhet som beskrivs närmare i kapitel 3.4. Den hydrologiska regimen i Åbyån är idag klassad som Hög i VISS (VISS, 2023) förutom för vattenståndets förändringstakt i vattendrag som saknar klassning.

Hantering av dränvatten gör att flödet i Åbyån minskar med 6 l/s. Vid effektbedömningen drogs inte 6 l/s bort från Åbyån de dagar när utflödet ur Sörsjön är 0 m³/s. Klassgränserna samt resultaten för de olika parametrarna visas i Tabell 12 för alternativ söderut. Sammanvägningen av parametrarna ger hög status, klass 5, för den hydrologiska regimen för Åbyån när vattnet leds söderut.

Tabell 12. Klassgränser samt förväntad status för Åbyån för de olika parametrarna under hydrologisk regim.

Parameter	Klassgränser		Resultat	
	Status/Klass	Gränsvärde	Status/Klass	Värde



Specifik flödeseffekt	Hög/5 God/4 Måttlig/3 Otillfredsställande/2 Dålig/1	< 5% 5 - 15 % 15 - 35 % 35 - 75 % > 75 %	Hög/5	3 %
Volymavvikelse	Hög/5 God/4 Måttlig/3 Otillfredsställande/2 Dålig/1	< 5% 5 - 15 % 15 - 50 % 50 - 100 % > 100 %	Hög/5	3 %
Flödets förändringstakt	Hög/5 God/4 Måttlig/3 Otillfredsställande/2 Dålig/1	< 5% 5 - 15 % 15 - 50 % 50 - 100 % > 100 %	Hög/5	0,1 %
Vattenståndets förändringstakt	Hög/5 God/4 Måttlig/3 Otillfredsställande/2 Dålig/1	< 0,05 m/t 0,05 - 0,15 m/t 0,15 - 0,3 m/t 0,3 - 1 m/t > 1 m/t	Hög/5	0,00006 m/timme (0,002 m/dygn)

3.3 Bedömd påverkan på Kyrksjön

Kyrksjön har idag hög status med 0 meters avvikelse från referensförhållandena avseende parametrarna under hydrologisk regim. Effekterna på statusklass för Kyrksjöns hydrologiska regim bedöms inte uppstå. Effekterna på Kyrksjöns hydrologi har inte beräknats explicit utan bedömts utifrån beräknad påverkan på Sörsjön och det faktum att Kyrksjön är större och mindre känslig än Sörsjön.

3.4 Osäkerheter

Vid bedömning av effekter på kvalitetsfaktorn hydrologisk regim finns osäkerheter. Eftersom framförallt Åbyåns och Norasjöbäckens avrinningsområden har genomgått hydrologiska ändringar (utdikningar, kulverteringar i jordbruksmark mm) bedöms nuvarande hydrologi vara påverkad och i okänd omfattning skilja sig från det referensförhållande som en bedömning av hydrologisk regim ska utgå från. Eftersom det inte är möjligt att fullt ut fastställa ett referensförhållande medför det osäkerheter i resultaten. För Åbyån är statusen bedömd som hög för alla parametrar förutom vattenståndets förändringstakt som saknar klassning (VISS), men det framgår inte hur stor avvikelsen är från referensförhållandet och det går därmed inte att avgöra hur stor förändring som kan tillåtas utan att statusen sänks till god status.

Två osäkerhetsanalyser för Sörsjön genomfördes, en för osäkerheterna i inläckage och en för osäkerheterna i S-HYPE. För osäkerhetanalysen av inläckaget ökades inläckaget med 25% och för osäkerhetanalysen av S-HYPE drogs 20% av medelvattenföringen bort. Analyserna visade att värdet för parametrarna påverkades något men inte betydelsefullt för den hydrologiska regimen för Sörsjön.

Vid utloppet av Sörsjön finns en bäverdamm som i dagsläget är bestämmande sektion tillsammans med utloppets ordinarie sjötröskel. Sjötröskeln är +18,20 m vid låga vattennivåer men kan variera vid högre vattennivåer på grund av bäverdammen.

4 Slutsatser

Efter byggnation av Tullgarnstunneln kommer grundvatten läcka in i tunneln (trots viss tätning). Detta påverkar hydrologin inom grundvattenpåverkansområdet för tunneln och förändrar flödet till Sörsjön, Kyrksjön, Åbyån och Dike till Norasjön, Norasjön, Norasjöbäcken samt i begränsad mått till Långsjön, Mölnboån, Sillen och Trosaån.

Detta PM visar att ingen parameter under hydrologisk regim påverkas över en klassgräns för Sörsjön och Åbyån när dränvattnet leds till Dike till Norasjön. Kyrksjön har idag hög status med 0 meters avvikelse från referensförhållandena avseende parametrarna under hydrologisk regim. Effekterna på statusklass för Kyrksjöns hydrologiska regim bedöms inte uppstå. Effekterna på Kyrksjöns hydrologi har inte beräknats explicit utan bedömts utifrån beräknad påverkan på Sörsjön och det faktum att Kyrksjön är större och mindre känslig än Sörsjön.

Vid bedömning av effekter på kvalitetsfaktorn hydrologisk regim finns osäkerheter, bland annat finns osäkerhet i vilket referensförhållande som skall nyttjas, och resultaten bör därför ses som indikativa. För att ta fram den hydrologiska regimen för Sörsjön och Åbyån användes SMHI:s S-HYPE data och avbördningsekvation. Tre kontroller av avbördningsekvationen genomfördes och visar att den med hög sannolikhet stämmer. Vidare har osäkerhetsanalyser gjorts av flödesindata till beräkningarna och analysen tyder på att de slutsatserna skiljer sig marginellt från de som nyttjats i beräkningarna. Utifrån detta bedöms resultaten vara relativt stabila trots osäkerheterna.

5 Referenser

ÅF/Tyréns. (2023). *Bilaga D.2 PM Yt- och grundvatten Långsjön-Sillekrog*. Trafikverket.

Havs- och vattenmyndigheten. (2016). *Havs- och vattenmyndighetens författningssamling HVMFS 2016:31*.

Havs- och vattenmyndigheten. (2019). *Havs- och vattenmyndighetens författningssamling HVMFS 2019:25*.

Havs- och vattenmyndigheten. (2022-11-01). Möte om HVMFS med Johan Kling.

SMHI. (2022). *Vattenwebb*. Hämtat från <https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>

SMHI. (2022-05-17). *Mail: Hydrologisk regim Sörsjön OLP4*.

SMHI. (2022-10-26). Möte om avbördningsekvationen med Göran Lindström.

VISS. (2023). *Sörsjön, Åbyån och Norasjöbäcken*. Hämtat från VISS Vatteninformationssystem Sverige: <https://viss.lansstyrelsen.se/>