

PM Ytvatten

Flöden och halter i Pahtajokisystemet vid rening av
bräddvatten upp till 1000 m³/h – simulering av scenarier för
gruvans olika faser

PM

Projektnummer: 12804788-04

Datum: 2023-11-09

Förberedd för: Copperstone



Kontaktperson:	Peter Wihlborg
Projektansvarig:	Emma Lindborg
Kvalitetsansvarig:	Lars-Göran Gustafsson
Författare:	Kean Foster, Elin Jutebring Sterte, Stefan Ploum
Projekt No.:	12804788-04
Godkänd av:	Lars-Göran Gustafsson
Datum för godkännande:	2023-11-10
Revision:	Final 1.0
Klassifikation:	Begränsad: Detta dokument kan delas inom DHI. Delning av dokumentet utanför DHI är föremål för kundens godkännande.
Filnamn:	Ytvatten_PM_revision_höst_2023



PM Ytvatten

Flöden och halter i Pahtajokisystemet vid rening av bräddvatten upp till 1000 m³/h – simulering av scenarier för gruvans olika faser

PM

Projektnummer 12804788-04

Förberedd för: Copperstone
Representerad av Peter Wihlborg

Kontaktperson: Peter Wihlborg
Projektansvarig: Emma Lindborg
Kvalitetsansvarig: Lars-Göran Gustafsson
Författare: Kean Foster, Elin Jutebring Sterte, Stefan Ploum
Projekt No.: 12804788-04
Godkänd av: Lars-Göran Gustafsson
Datum för godkännande: 2023-11-10
Revision: Final 1.0
Klassifikation: **Begränsad:** Detta dokument kan delas inom DHI. Delning av dokumentet utanför DHI är föremål för kundens godkännande.

Filnamn: Ytvatten_PM_revision_höst_2023

Sammanfattning

Detta PM sammanfattar resultat och metodik för flödes- och haltberäkningar i Pahtajokisystemet för ett antal scenarier vid framtida gruvdrift i Viscariaområdet. I den utredning som ursprungligen gjordes till ansökan (Bilaga B3) var reningsgraden på bräddvattnet lägre, maximalt 600 m³/h, i de scenarier som nu beräknats uppgår den renade mängden vatten till 1000 m³/h. De faser som beräknats inom ramen för detta arbete omfattar nuläge (Fas 1), tömnings/avvattningsfas (Fas 2), produktionsfas vid fullt utbruten gruva (Fas 3), samt efterbehandlingsfasen (Fas 4). Fördelning av bräddvatten varierar mellan de scenarier som beräknats i respektive fas.

Sedan miljöansökan lämnades in våren 2022 har nya data tillkommit i form av förlängda tidsserier för ytvattenflöden och uppmätta halter i vattendragen men även en generell kunskapsuppbyggnad har skett över tid, både vad gäller metodik för modellering och allmän förståelse för platsen. Nya data, nyvunnen platskunskap och uppdaterad modellering metodik har tagits i beaktande när beräkningarna som redovisas i detta PM har genomförts. Den huvudsakliga metodikutveckling som skett är relaterad till den s.k. vattenkvalitetsmodellen. I det arbete som redovisas i föreliggande PM har en mer integrerad metodik tillämpats där flöden och halter i vattendragen beräknas direkt i modellen genom att flödesmodellen kopplas till ett verktyg som heter Ecolab som kan hantera kemiska och biologiska processer. Även hanteringen av inkommande vatten till vattendragen i flödesberäkningarna har uppdaterats genom att lärdomar från den uppdaterade grundvattenmodellen som redovisas i PM Grundvatten (DHI 2023) har tagits i beaktande. Den beräknade påverkan på vattenflödena till följd av länshållning av gruvan är nu direkt kopplad till flödesmodellen.

Innehållsförteckning

1	Inledning syfte och bakgrund	2
2	Nytt dataunderlag och uppdateringar i modellen sedan ansökan lämnades in	3
3	Modelleringsmetodik och beräknade scenarier	4
3.1	Ytvattenmodellen.....	4
3.1.1	Modellverktyg – MIKE HYDRO River kombinerat med NAM	4
3.1.2	Metodik.....	5
3.1.3	Kalibrering och validering.....	6
3.2	Vattenkvalitetsmodellen	8
3.2.1	Modellverktyg – MIKE ECOLab	8
3.2.2	Metodik.....	9
3.2.3	Kalibrering och validering.....	11
3.3	Beskrivning av faser och scenarion	14
4	Resultat ytvatten	17
4.1	Kalibrering	17
4.2	Validering.....	18
4.3	Scenarioreultat	19
4.3.1	Fas 1: Nuläget	19
4.3.2	Fas 2: Töming	19
4.3.3	Fas 3: Fullt utbruten gruva	19
4.3.4	Fas 4: Efterbehandlingsfasen	20
4.4	Sammanfattande resultat.....	20
5	Resultat vattenkvalité	22
5.1	Kalibrering och validering.....	22
5.2	Scenarioreultat	26
5.2.1	Koppar (Cu).....	26
5.2.2	Nickel (Ni).....	29
5.2.3	Nitrat (NO ₃).....	31
5.2.4	Sulfat (SO ₄)	33
5.2.5	Uran (U).....	35
5.2.6	Zink (Zn).....	37
5.2.7	Xantat (Xn)	39
5.3	Sammanfattande resultat.....	41
5.4	Andelsberäkningar	45
6	Summering och slutsatser	54
7	Referenser	55
Appendix A	NAM-modellen, ingående parametrar och kalibrering	I
Appendix B	Flödesförändringar: Nuläge och Gruvfas	III
Appendix C	Vattenkvalitet kalibrering och validering	XVIII

1 Inledning syfte och bakgrund

Det huvudsakliga syftet med de kompletterande beräkningarna som genomförts och redovisas i detta PM är att analysera vilken flödes- och haltpåverkan som uppstår i Pahtajokisystemet om upp till 1000 m³ vatten per timme renas innan det bräddas till recipienten. Beräkningarna har utförts på en kalibrerad nulägesmodell vars grund tagits fram inom ramen för Copperstones miljöansökan för återöppnandet av Viscariagruvan och som sedan vidareutvecklats efter det att ansökan och dess kompletteringar lämnats in till mark- och miljödomstolen.

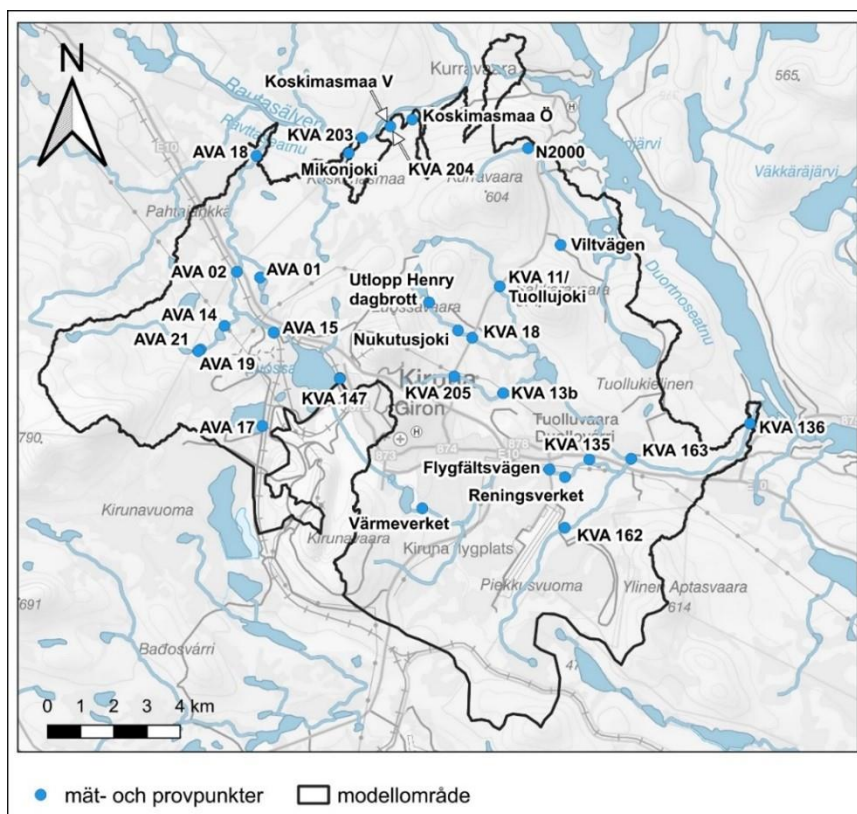
Eftersom både nya data och ny kunskap om såväl platsen som modellen tillkommit sedan ansökan lämnats in så baseras de beräknade flödena och halterna på en modell som har en uppdaterad metodik jämfört med det som utgjort underlag till ansökan. De största skillnaderna återfinns i hur halterna beräknas. I den modell som ingick i ansökan så beräknades flöden och halter i olika verktyg. I föreliggande arbetet sker alla beräkningar integrerat genom att flödes- och vattenkvalitetsmodellen är helt kopplade till varandra. Vidare har nyvunnen kunskap från den uppdaterade grundvattenmodellen (DHI 2023) tagits i beaktande vad gäller tillrinning till vattendragen i de olika faserna.

2 Nytt dataunderlag och uppdateringar i modellen sedan ansökan lämnades in

Tidigare modellversion omfattade data insamlad till och med hösten 2020. I nuvarande arbete har tidsserier tom augusti 2022 använts för att förstå och tolka dynamiken i vattendragen. Genomförda beräkningar för varje scenario har dock endast utförts för typåren.

En stor mängd ny information har tillkommit för grundvattensystemet, detta beskrivs i det PM som sammanfattar genomförda uppdateringar och omkalibrering av den integrerade yt- och grundvattenmodellen (DHI 2023). En stark koppling finns mellan modellerna och påverkan på ytvattensystemet till följd av avvattning och länshållning av gruvan är beräknad med hjälp av den integrerade modellen. Nya data för grundvattenmodellen beskrivs i mer detalj i DHI (2023)

Data över vattenkvalité både från Pahtajokis avrinningsområde och från mätpunkter i omkringliggande avrinningsområden har använts i kalibreringen (Figur 2.1). Anledningen till detta är att det ger en ökad förståelse för hur processer och flödessituationer påverkar den naturliga vattenkemin i vattendragen. Provpunkter för vattenkvalitet som ingår i modellen är: AVA14, AVA02 (övre Pahtajoki), AVA01 (Tvillingtjärn), AVA21, AVA18 och KVA179 (nedre Pahtajoki, utlopp Rautasälven). Utöver dessa har även mätpunkterna KVA11 (Tuollujoki), KVA203 (Mikonjoki), KVA204 (Koskimasmaa), och KVA162 från närliggande avrinningsområden nyttjats för kalibrering av naturlig vattenkemi.



Figur 2.1 Provpunkter för flöde och kemi.

Kartan inkluderar alla provpunkter i Viscaria som använts i arbetet för att utvärdera flöde och vattenkvalité. Kartan inkluderar även provpunkter från närliggande avrinningsområden som har nyttjats för utökad förståelse för vattenkvalitén.

3 Modelleringsmetodik och beräknade scenarier

3.1 Ytvattenmodellen

I detta avsnitt beskrivs övergripande metodik för den ytvattenmodell som etablerats med olika verktyg inom ramen för föreliggande studie. Detta har redan beskrivits i Bilaga B3 i miljöönsökan men sedan denna lämnades in har ett antal illustrativa figurer och kompletterande förklarande texter tagits fram. Dessa ökar förståelsen för hur de olika verktygen fungerar, därför redovisas delar av det som redan finns i Bilaga B3 i kommande text men på ett delvis nytt sätt. Texten innehåller en beskrivning av modellverktygen, MIKE HYDRO och NAM, modelleringsmetodiken, samt metodiken för kalibrering och validering av ytvattenmodellen.

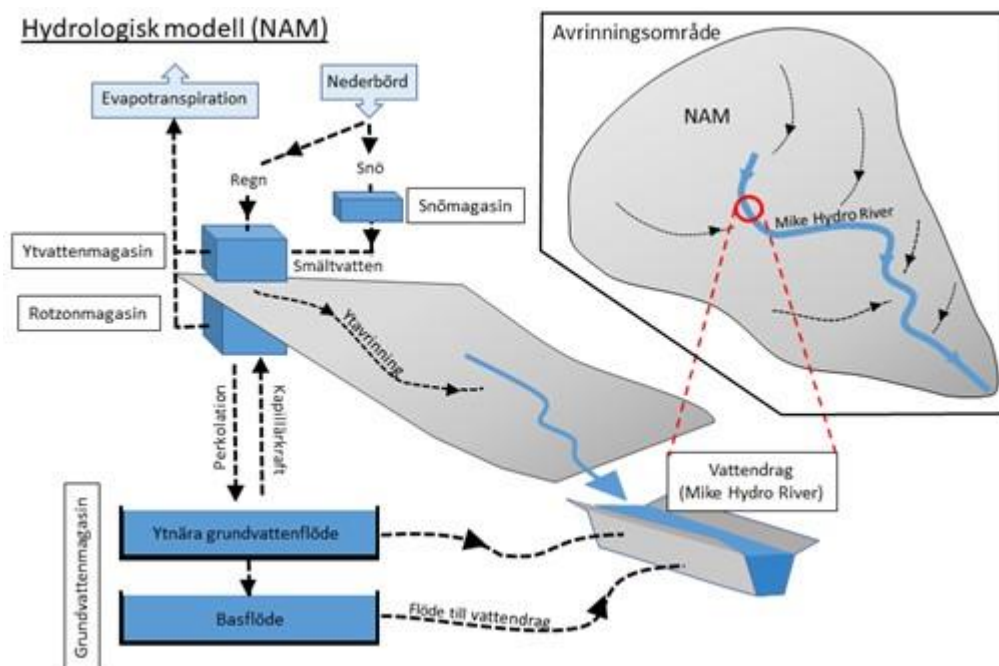
3.1.1 Modellverktyg – MIKE HYDRO River kombinerat med NAM

Ytvattenmodellen beskrivs med hjälp av modellverktyget NAM och MIKE SHE kopplat till MIKE HYDRO River HD (DHI, 2021). NAM är en hydrologisk modell som beskriver avrinningen från olika delområden, medan MIKE HYDRO River HD är ett verktyg som beskriver hydrauliken i vattendragen, dvs. förändringar i vattenstånd, vattenhastighet och flöden längs med vattendrag (Figur 3.1).

NAM-modellen är en s.k. konceptuell (begreppsmässig) hydrologisk modell, vilket innebär att den bygger på förenklade matematiska beskrivningar av de viktigaste processerna i den hydrologiska cykeln (Figur 3.1). Genom att använda data för nederbörd, temperatur och potentiell evapotranspiration kan modellen uppskatta hur ett givet område kommer att reagera hydrologiskt. Modellstrukturen beskrivs med fyra magasin: snömagasin, ytvattenmagasin, rotzonsmagasin och grundvattenmagasin. Storleken på magasinen, kopplingen mellan dem och fördröjningen i avrinningen beskrivs med ett antal modellparametrar, huvudsakligen 9 olika parametrar för varje delområde i modellen. Beräknad avrinning är uppdelad på ytavrinning, ytlig transport i det översta marklagret (ytnära grundvattenflöde, eng. interflow), samt grundvattenflöde (basflöde). De hydrologiska modellparametrarna varierar beroende på delområdenas hydrogeologiska och topografiska förhållanden, men påverkas även av mänskliga ingrepp via dränering, dikning etc. Till viss del kan parametrarna uppskattas baserat på information om topografi, jordart och markanvändning, men NAM-modellen bör även kalibreras in mot samhörande meteorologiska tidsserier och flödesmätningar. En mer detaljerad beskrivning av de olika ingående NAM-parametrarna ges i Appendix A.

MIKE HYDRO River HD är ett endimensionellt modellverktyg medan NAM är en s.k. rainfall-runoff modell (Nielsen and Hansen, 1973; Madsen, 2000). Att HD-modellen är endimensionell innebär att beräknade variabelvärden representerar medelvärden för valda tvärsnitt i vattendraget. Genom att koppla olika delavrinningsområden i den hydrologiska modellen (NAM) till den hydrauliska modellen (MIKE HYDRO River HD) kan den rumsliga variationen i flödesbelastningen inom modellområdet beskrivas, samtidigt som flöde och vattennivå beräknas i varje tvärsnitt i den hydrauliska modellen.

NAM-modellens övre randvillkor består av nederbörd, temperatur och potentiell evapotranspiration. Faktisk evapotranspiration beräknas av modellen. Bottenranden består av två grundvattenmagasin (Figur 3.1) som beräknar hur vatten lagras och transporteras mellan ytan, den omättade och den mättade zonen.



Figur 3.1 NAM-modellen

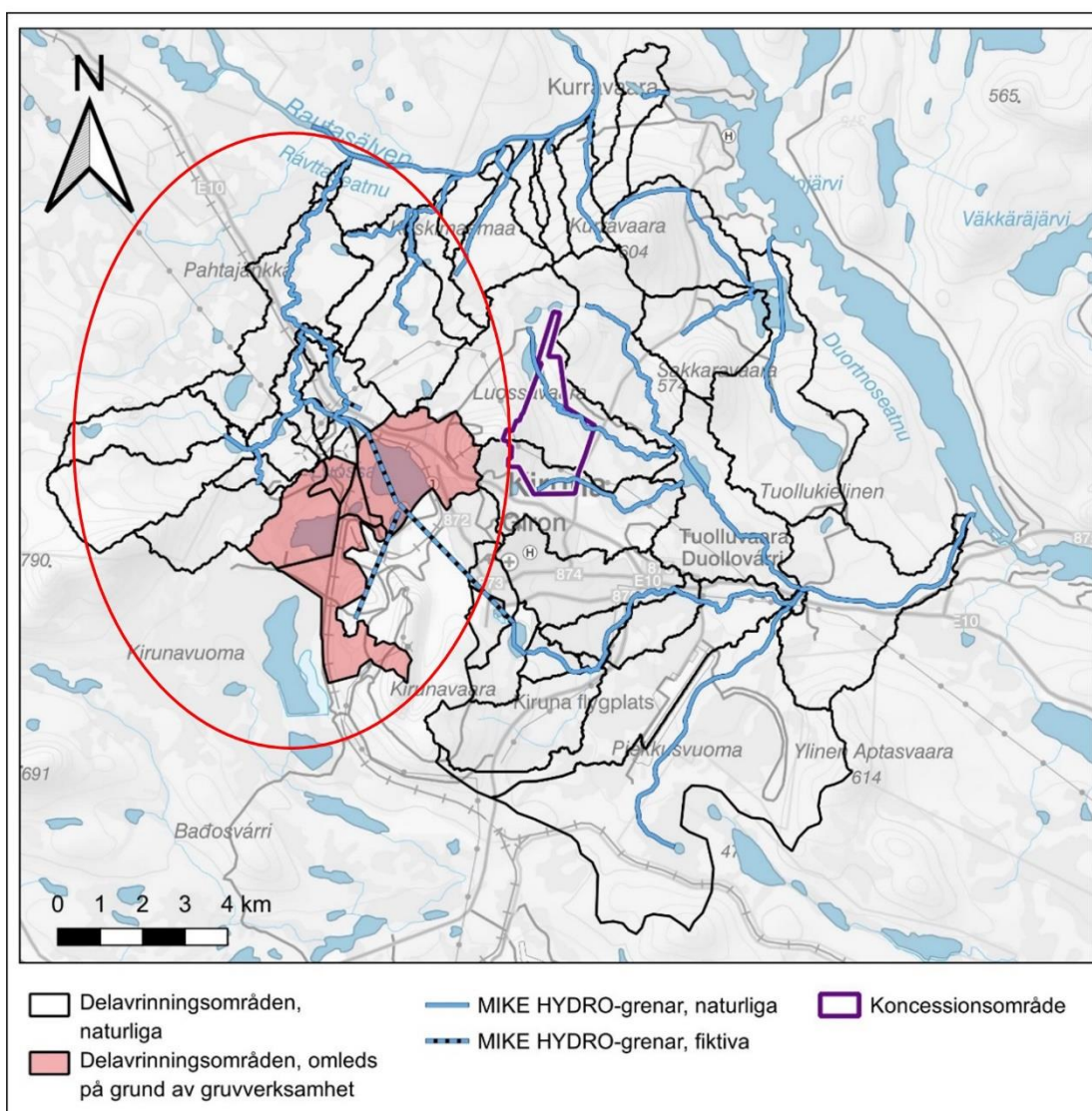
NAM-modellens struktur och koppling till MIKE HYDRO River. Beskrivning av ingående modellparametrar finns i Appendix A.

3.1.2 Metodik

Sedan ansökan lämnades in har en sammanhängande modell över Kirunaområdet etablerats. I ansökan omfattade modellen ett mindre område men har sedan dess utökats så att även närliggande avrinningsområden inkluderats. Syftet med den storregionala modellen är att vatten från olika pågående och planerade verksamheter i området kan hanteras inom samma modell och eventuella kumulativa effekter kan enkelt tas i beaktande. I de beräkningar som utförts inom ramen för föreliggande arbetet har dock endast flöden och halter i Pahtajokiområdet hanterats.

Hela modellområdet har avgränsats enligt avrinningsområdets topografiska vattendelare (Figur 3.2), innehållande totalt 33 mindre delområden (Figur 3.2). Dessa mindre delområden är gjorda så att de olika vattendragen i ytvattenmodellen endast belastas med avrinningen från respektive delområde. Merparten av delavrinningsområdena i modellområdet dräneras österut mot Torne älv eller norrut mot Torne älv via Rautasälven, förutom fem avrinningsområden kring Luossajärvi som avleds så att avrinningen når Torneälven i stället för Kalixälven (Figur 3.2). De delavrinningsområden som berör Pahtajokisystemet och som simulerats i detta arbete är markerade Figur 3.2.

Tvärsektioner, för att beskriva vattendragens form, har baserats på information från höjdmодellen (Figur 3.2) samt flygfoton över området. Indata, så som nederbörd, temperatur och potentiell evapotranspiration som behövs för att driva modellen är de samma som redovisats i Bilaga B3 till ansökan. Den beräknade avrinningen från NAM används sedan i MIKE HYDRO River för de hydrauliska beräkningarna och utgör uppströms och nedströms randvillkor samt även interna randvillkor till modellen. Den etablerade modellen kan användas för att bedöma förändringar i flöden för olika scenarier, såsom till exempel förändringar i markanvändning, omfördelning eller avledning av vatten och förändringar i utsläpp.



för kalibrering av deras lokala delavrinningsområde. Valideringen av modellen gjordes med hjälp av provpunkterna AVA01, AVA02, och AVA18. Flöde har mätts sedan april 2018 för AVA01, AVA02 och AVA15 och sedan augusti 2020 för AVA14, AVA17 och AVA18.

Tabell 3.1 Kalibrerings- och valideringspunkter
 Provpunkter som använts för kalibrering och validering.

Provpunkt		Antal mätningar	Antal dagar
AVA14	Kalibrering	16 458	686
AVA15	Kalibrering	36 524	1 522
AVA17	Kalibrering	16 467	686
AVA01	Validering	36 577	1 524
AVA02	Validering	36 571	1 523
AVA18	Validering	16 467	686

I ett första steg för att kalibrera ytvattenmodellen används en auto-kalibreringsrutin som finns inbyggd i NAM. Denna kalibreringsrutin ger en första uppskattning av rimliga värden på de ingående parametrarna i modellen som förklaras mer utförligt i Appendix A. Auto-kalibreringsrutinen börjar med en standarduppsättning av värden på ingående parametrar som jämför modellresultatet mot observationerna. Rutinen uppskattar sedan de nödvändiga korrigeringsarna som behöver göras i parameteruppsättningen och upprepar proceduren tills användaren tycker modellen är redo för en manuell finjustering av de kalibrerade parametrarna. Modellen höjdkorrigerar för temperatur och nederbörd. Detta görs för att ta hänsyn till höjdskillnader mellan avrinningsområdena och observationspunkter. Korrigeringsarna möjliggör en mer representativ modellering av snöprocesser som kan dominera den lokala hydrologin. I områden som Pahtajokis avrinningsområde fångas vinternederbörden upp och lagras i avrinningsområdet i form av snö och flödena i vattendragen är ett resultat av avrinning från grundvatten och eventuella sjöar i avrinningsområdet. Snösmältningen på våren resulterar i vårfloden som står för nästan 50 % av den årliga avrinningen i området.

En manuell kalibrering är ofta ett nödvändigt steg för att få modellen att fånga platsspecifika processer och inomårsmotiv i flöden och nivåer och den modell som redovisas här har kalibrerats manuellt. Fokus vid detta arbete har varit att få modellen att kunna prestera bra vid simulering av låga flöden framför att simulera topparna väl under höghöjdesperioder. Anledningen till detta är att den föreslagna gruvverksamheten kan minska avrinningen i området och lägre flöden ökar risken för negativpåverkan på lokal flora och fauna samt ökade halter för vissa ämnen i de olika vattendragen. Slutliga värden och beskrivning av de ingående modellspecifika parametrarna för NAM-modellen återfinns i Appendix A.

Det slutliga steget i kalibreringsprocessen av ytvattenmodellen hanteras i MIKE HYDRO River. Detta steg är en iterativ process där värdet på Mannings tal justeras för att öka eller minska de modellerade vattennivåerna så att de bättre överensstämmer med nivåer som observerats vid AVA14. Mannings tal används för att beskriva bottenråheten i vattendraget och varierar beroende på om det är en plan bottenyta eller om det till exempel är mycket vegetation (Arcement and Schneider, 1989).

Valideringen av modellen utfördes genom att beräkna NSE-värdena för provpunkterna AVA01, AVA02 och AVA18. Dessa punkter valdes eftersom de inte var en del av kalibreringsprocessen och på grund av deras placering. Flödena vid AVA02 visar hur väl modellen kan reproducera flödena från Luossajärvi och övre delen av Pahtajoki. Flödena vid AVA01 är en bra uppskattning av hur väl modellen kan reproducera flödena inom

Tvillingtjärnssystemet. Flödena vid AVA18 är en bra uppskattning av hur väl modellen kan reproducera flödena inom hela Pahtajokisystemet.

3.2 Vattenkvalitetsmodellen

I detta kapitel beskrivs vattenkvalitetsmodellen. Kapitlet innehåller en beskrivning av modellverktyget, MIKE ECOLab (avsnitt 3.2.1), den teoretiska metodiken för att beskriva vattenkvaliteten i Pahtajoki-området (avsnitt 3.2.2) samt metodiken för kalibrering och validering av modellen (avsnitt 3.2.3). Den validerade modellen används i ett senare skede för att utvärdera halter för olika hydrologiska scenarion (avsnitt 3.3). Resultat presenteras i kapitel 5.

Provpunkter för vattenkvalitet som ingår i modellen är: AVA14, AVA02 (övre Pahtajoki), AVA01 (Tvillingtjärn), AVA21, AVA18 och KVA179 (nedre Pahtajoki, utlopp Rautasälven). Utöver dessa har även mätpunkter inom närliggande avrinningsområde nyttjats för kalibrering av naturlig vattekemien inkluderat KVA11 (Tuollujoki), KVA203 (Mikonjoki), KVA204 (Koskimasmaa), och KVA162. Ämnen som är inkluderade i vattenkvalitetsmodellen är: koppar (Cu), nickel (Ni), nitrat (NO₃), sulfat (SO₄), uran (U) och zink (Zn). Xantat (Xn) har också utvärderats men inte kalibrerats. För xantat antas det att gruvverksamheten är den enda källan till ämnet i området och endast under Fas 3 (avsnitt 3.3). Halterna baseras på givna halter och flöden från gruvverksamheten och den naturliga bakgrundshalten av Xantat antas vara 0 mg/l. Detta innebär att endast gruvverksamhetens halter och utspädning påverkar koncentrationerna i vattendragen.

3.2.1 Modellverktyg – MIKE ECOLab

MIKE ECOLab är ett modellverktyg för kemiska, fysikaliska och biologiska processer som kan kopplas direkt till MIKE HYDRO River (Butts et al., 2012). Verktöget används i denna studie för kemiska processer i syfte att beskriva koncentrationsförändringar i vattendrag och sjöar och hanterar till exempel systematiska koncentrationsförändringar kopplade till grundvattenbidrag, fastläggning och biologiska reaktioner. Modellverktyget använder flödesresultaten från MIKE HYDRO River för att beräkna kemiska förändringar enligt fördefinierade ekvationer, vilka kan beskrivas utifrån den/de frågeställningar man vill besvara. Beräkningarna sker i varje tidssteg, samtidigt längs med alla vattendrag i modellen. MIKE ECOLab är ett kraftfullt verktyg som tidigare använts för att beskriva vattenkemi i flertalet studier (Liu et al., 2009; Eisakhani et al., 2012; Liang et al., 2015; Torres-Bejarano et al., 2019; Nguyen et al., 2020; Jutebring Sterte et al., 2021). I MIKE HYDRO River modelleras transport av ämnen med en advektions-dispersions-modell (AD-modell) som baseras på den endimensionella AD-ekvationen (Ekvation 1). Ekvationen beskriver transport av konservativa ämnen och antar att ämnet är helt blandat över ett vattendrags tvärsnitt. Koncentrationsberäkningarna sker i varje tidssteg och kräver därför utdata (resultat) från den hydrodynamiska modellen i tid och rum. AD-ekvationen är följande:

$$-AKC + qC_2 = \frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad \text{Ekvation (1)}$$

I ekvation 1 beskriver termen $\frac{\partial QC}{\partial x}$ advektiv transport, $\frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right)$ beskriver diffusiv transport, och $\frac{\partial AC}{\partial t}$ beskriver koncentrationsförändringen. Advektiv transport är rörelse med flödet av vatten medan diffusiv transport är transport på grund av en koncentrationsgradient. C anger koncentrationen av ett ämne, C₂ är en källa, D är dispersionskoefficienten, K är en sönderfall/nedbrytnings-koefficient, t är tid, x är avstånd, q är inflödet av källan, Q är flöde i vattendraget och A är tvärsnittets area. AD-ekvationen kan lösas i MIKE HYDRO River, däremot, för att modellera systematiska koncentrationsförändringar kopplade till

grundvattenbidrag, fastläggning, biologiska reaktioner etc. krävs en utvidgning med hjälp av modellverktyget MIKE ECOLab.

3.2.2 Metodik

Vattenkvaliteten i vattendragen påverkas dels av naturliga processer, dels av mänskliga påverkan. Den naturliga kemiska förändringen uppstår då regnvatten transporteras till vattendragen via yt- eller grundvatten, vilket utgör den naturliga vattenkvaliteten. Förändringen av halter i vattnet beror på biologiska och fysikaliska processer. Mänsklig påverkan innefattar bl.a. utsläpp från värmeverk, reningsverk, saltning av vägar, bräddvatten från gruvor osv, det vill säga kända källor.

Naturlig vattenkvalitet

Naturlig förändring av vattenkvaliteten i tillrinningen till ett vattendrag, i avseendet transport av många olika ämnen, är ofta starkt kopplat till ett avrinningsområdes hydrologi. Därför kan flödes-koncentrationsförhållanden (Q-C förhållanden) i stor utsträckning användas för att beskriva koncentrationsförändringar i vattendrag (Godsey, et al., 2009). En ofta använd metod för att beskriva Q-C förhållanden är med hjälp av en exponentialfunktion som blivit anpassad till tillgängliga observationer (Ekvation 2). I ekvationen beskriver Q flöde i vattendrag, C koncentration i vattendrag, a beskriver en konstant och b beskriver lutningen på kurvan.

$$C = aQ^b \quad \text{Ekvation (2)}$$

Positiva tal på b ger en ökad koncentration med flödeshastighet och ett negativt värde på b ger en minskad koncentration med ökat flöde. Funktionen har en fysikalisk tolkning. Om koncentrationen sjunker med ökat flöde kan betyda att en koncentration späds ut när det regnar, medan en ökad koncentration med ökat flöde, kan betyda att stigande grundvatten mobiliserar vissa ämnen som ackumulerats i ytliga jordlager. Olika ämnen beter sig olika i naturen, och kommer därför få egna individuellt anpassade exponentialfunktioner.

Avrinningsområdet som använts för beräkning av naturliga halter är lokaliserat uppströms provpunkt AVA14 (Figur 2.1). AVA14 är ett relativt opåverkat område, främst täckt av moränjordar och en del våtmarker och sjöar. Utifrån koncentrationsdata har exponentialfunktionen tagits fram för 6 olika ämnen. I Tabell 3.2 listas alla inkluderade ämnen samt konstanterna till deras tillhörande exponentialfunktion enligt Ekvation 2.

Q-C relationerna har utvärderats med hjälp av R2. R2 är ett matematiskt mått som visar på styrkan på korrelationen: i detta fall hur starkt kopplad koncentrationsförändringarna är till flödesförändringarna. Måttet kan variera mellan 0,0–1,0, där ett mått under 0,5 tyder på en svag koppling och ett mått över 0,5 tyder på en stark koppling. Ett R2 värde lägre än 0,3 tyder på en mycket svag koppling till flödet, eller ingen koppling alls. Ett lågt R2 värde kan också bero på att för få mätningar har legat till grund för att få fram en Q-C relation, eller att fysikaliska och/eller biologiska processer har större påverkan på koncentrationsförändringarna än flödet.

Generellt kan man se positiva b-konstanter för vissa metaller, som exempelvis koppar. Ackumulerade halter i de ytliga jordlagren kan till exempel frigöras under höga flöden när grundvattennivån också är hög (Aastrup et al., 2012). Liknande mönster kan man även se för DOC. Förutom i våtmarker ackumuleras också organiskt material på vissa ställen ytligt längs med vattendragen, troligen på grund av bl.a. syrefattiga miljöer vid områden med höga grundvattennivåer (Grabs et al., 2012; Fissore et al., 2017). Vittring är en process som ökar koncentrationen av vissa ämnen, till exempel magnesium och kalcium. Därför kopplas även grundvattnets transporttider till en ökad koncentration av dessa ämnen eftersom vittringsprocesser kunnat pågå längre (Maher et al., 2010; Ameli et al., 2017). Vid höga flöden blir därför koncentrationen av dessa ämnen lägre (tillskott av nytt vatten med korta transporttider) än vid låga flöden (tillskott av grundvatten med längre transporttider).

När inte en Q-C relation kunnat hittas med ett R2 värde större än 0,3, har i stället en säsongsvarierande koncentration antagits utifrån observationer vid AVA14 och ansatt som halter på den naturliga tillrinningen i Pahtajokiområdet.

De flesta kemiska mätningarna i AVA14 har skett vid lågflöden. Det har exempelvis maximalt gjorts fyra mätningar per ämne vid höga flöden, dvs. flöden större än 0,5 m³/s. Detta gör koncentrationerna vid höga flöden (>0,5 m³/s) mer osäkra och det är svårt att utreda ett säsongsberoende, medan årsmedelkoncentrationer troligen är mer säkra. Vid få mätvärden, mätningar under rapporteringsgränsen eller vid låga R2-värden kan ett säsongsmedelvärde ofta ge en bättre prognos än en korrelationsfunktion. Detta gäller till exempel för nitrat (få observationer).

Tabell 3.2 Koncentrationsrelationer

Koncentrationsrelationer baserade på AVA14. Denna tabell visar koncentrationsrelationerna för alla ämnen som inkluderats i kemiberäkningarna i denna studie. I tabellen är a och b konstanterna i Ekvation 2 (Q-C), eller Ekvation 3 (T-C) och R2 är ett mått på hur väl exponentialfunktionen stämmer överens med data. Då R2 är mindre än 0,3 har ett säsongsvarierande medel antagits.

AVA14 Ämne	Enhet	Antal observationer*	Funktion	Relationer		
				a	b	R ²
Cu	µg/l	<40	Q-C	1,34	0,25	0,66
Ni	µg/l	<40	Medel	(-)	(-)	(-)
NO ₃	mg/l	<5	Medel	(-)	(-)	(-)
SO ₄	mg/l	<20	Q-C	1,48	-0,18	0,60
U	µg/l	<40	Q-C	0,04	-0,29	0,32
Zn	µg/l	<30	Medel	(-)	(-)	(-)

*Antalet exakta observationer.

Kända källor

Koncentrationsrelationerna från AVA14 används för att beskriva den naturliga kemien i tillrinningen till vattendragen. Undantag är bidraget från enstaka källor som representeras av AVA15 och sjön Luossajärvi. Årsmedelkoncentrationen för källorna jämfört med den naturliga bakgrundskoncentrationen finns i Tabell 3.3. AVA15 beskrivs i modellen som säsongsvarierande medelhalter baserade på observationer. I modellen beskrivs också sjökemin säsongsvist baserat på observationer. Sjøkemin är väl dokumenterad och ett säsongsvist medel används för att beskriva årliga variationer av koncentrationerna i sjövattnet som också pumpas från Luossajärvi till Ala Lombolo via Yli Lombolo. Årliga medelhalter som är högre än det naturliga halterna (AVA14) inkluderar till exempel sulfat och uran. I övrigt ligger halterna på likvärdiga nivåer som AVA14.

Sjön Luossajärvi får bidrag uppströms av fyra delområden. Delområde 1 från bidrag via läckage från LKABs sandmagasin och KVA176, delområde 2 får bidrag via läckage från Viscarias sandmagasin och AVA17 och delområde 3 får bidrag via industriområdet. Delområde 1, 2 och 3 passerar provpunkt VVA17 innan de ger bidrag till sjön. Delområde 4 är ett naturligt bidrag till sjön. Ett dussin mätningar finns tillgängliga för vattenkvalitet för AVA17 och KVA176 och ett 70tal för VVA17, dock finns färre mätningar för flöde för samtliga mätpunkter utom AVA17.

Tabell 3.3 Medelkoncentrationer - punktkällor

Medelkoncentrationer - punktkällor. Tabellen visar på observerade medelkoncentrationer för olika punktkällor. Dessa kan jämföras med observerade medelkoncentrationer vid AVA14 som antas dränera ett naturligt delområde. Sjön Luossajärvi får vatten från fyra delområden, inkluderat. För dessa delområden finns tre mätpunkter, AVA17 och KVA176 samt VVA17.

	Enhet	AVA15	Luossajärvi	AVA17	KVA176	VVA17	AVA14
Cu	µg/l	1,0	2,6	14	1,8	3,8	0,8
Ni	µg/l	23	1,1	3,9	2,7	2,8	0,3
NO₃	mg/l	0,1	4,8	0,1	27	15,2	0,2
SO₄	mg/l	196	458	169	1090	805	5,4
U	µg/l	28	14	5,5	11	24	0,1
Zn	µg/l	379	4,8	32	3,3	18	2,3

3.2.3 Kalibrering och validering

Vattenkvalitetsmodellen är beroende av kvaliteten på ytvattenmodellen samt kvaliteten och antalet kemiska observationer från de olika mätpunkterna. De flesta mätpunkter som använts för kalibrering av naturlig vattenkemi, har färre än fem kemiobservationer vilket medför svårigheter att utvärdera möjliga mätfel eller extremvärden (Tabell 3.5). Därtill har exakta koncentrationer endast rapporterats då de överskridits rapporteringsgränsen.

Då få flödesdata och kemiobservationer varit tillgängliga vid etablering av modellen för alla provpunkter är det svårt att utvärdera modellens förmåga att prediktera inomårsvariationer för alla mätplatser inom och utanför Pahtajokis avrinningsområde. På grund av detta har kalibreringens mål varit att hamna på ett beräknat medelvärde så nära det observerade medelvärdet som möjligt. Ett medel $\pm 30\%$ från det observerade medelvärdet har antagits som en bra prediktion och ett medel $\pm 50\%$ från det observerade har antagits vara acceptabelt. I första hand kalibreras den naturliga vattenkvaliteten för att hamna inom acceptabelt medelvärde. Därefter har en faktor ansatts för att höja eller minska medelkoncentrationen. Denna faktor kan länkas till bland annat naturliga processer (se naturliga processer och okända källor nedan).

Naturlig vattenkvalitet

Q-C förhållandet har i flera studier visat sig pålitligt för att prediktera koncentrationer under tidpunkter då data saknas eller för områden med likartade karaktärsdrag (Godsey et al., 2009; Seibert et al., 2009; Musolf et al., 2015). Dock kan en kalibrering behövas för att applicera Q-C förhållandet på områden med andra karaktärsdrag då ett avrinningsområde med andra egenskaper kan bete sig helt annorlunda (Schiff et al., 2002). Man kan anta att kemivariationen mellan delområden med likvärdiga karaktärsdrag oftast är mindre än variationen mellan olika områden med annan karakteristik (Cooper et al., 2000; Evans et al., 2006). Detta gör att man kan härleda kemi från ett område till ett annat. De specifika karaktärsdragen som valts att utvärderas i denna studie är: andel våtmark och sjöar, andel moränjord, andel tunna jordlager och avrinningsområdets storlek

De olika karaktärsdragen påverkar ämnen på olika sätt och därför måste varje ämne utvärderas separat. Våtmarker tenderar till exempel att förändra vattenkemin beroende på fysikaliska, kemiska, biologiska och biokemiska processer. Påverkan från dessa processer skiljer sig från ämne till ämne och från plats till plats. Generellt har man sett en minskad koncentration av metaller som passerar våtmarker (Matagi et al., 1998; Lidman et al., 2014). Metaller utfälls bl.a. av humusämnen samt oxidhydroxider, sedan genom adsorption som binder de utlösta metaller till ytorna i sedimenten och fastläggs i våtmarkerna. En

minskande koncentration kan också observeras från inlopp till utlopp av ämnen som kommer från vittring (till exempel magnesium). Då våtmarkerna inte innehåller vittrande mineraljord tenderar vattenbidraget från våtmarker att späda ut koncentrationen (Lidman et al., 2014; Jutebring Sterte et al., 2021).

Samtidigt som våtmarker kan ändra vattenkemin, kan även grundvattnets transporttider påverka koncentrationer av vissa ämnen, som till exempel magnesium som kommer från vittring. Då grundvattnets transporttider inte går att beräkna med hjälp av ytvattenmodellen används avrinningsområdets storlek som substitut. Avrinningsområdets storlek har visat sig vara relativt starkt korrelerad till grundvattnets transporttider för områden med liknande egenskaper (större avrinningsområde ger längre transporttider). Pahtajoki-området domineras av moränjordar och avrinningsområdenas storlekar antas därför kunna användas som substitut för transporttider.

Med hjälp av linjära regressioner kan man ta fram förhållandet mellan olika områden och olika egenskaper. Den naturliga kemin har kalibrerats med hjälp av relativt opåverkade områden, så som Pahtajoki-områdets AVA14, AVA19 och AVA21. För utökad förståelse för den naturliga vattenkemin har även andra mätpunkter i närliggande avrinningsområden använts KVA203, KVA204 och KVA11, KVA162. Den kalibrerade naturliga vattenkvaliteten har sedan applicerats på alla områden utifrån deras relationer till delavrinningsområdena egenskaper (Tabell 3.4).

Tabell 3.4 Delavrinningsområdena egenskaper

Andelen våtmark och sjö respektive morän i avrinningsområdena uppströms provpunkterna. Morän inkluderar alla vittringsjordar. Mätpunkter markerade med "kalibrering" används för att utvärdera och kalibrera den naturliga vattenkvaliteten. Dessa mätpunkter dränerar till synes opåverkade områden utan kända antropogena källor.

Provpunkt	Kalibrering av naturlig vattenkvalitet	Storlek Log (km ²)	Berg i dagen %	Våtmark & sjö %	Våtmark %	Morän %
Pahtajoki-området						
AVA14	Kalibrering	1,2	5	25	25	70
AVA19	Kalibrering	1,2	5	27	27	68
AVA21	Kalibrering	1,0	6	19	19	74
AVA01		0,4	5	32	37	64
AVA02		1,3	4	27	25	69
AVA18		1,5	3	32	29	65
KVA179		1,5	3	31	29	66
Närliggande avrinningsområden						
KVA203	Kalibrering	1,0	1	22	22	77
KVA204	Kalibrering	0,6	0	19	19	81
KVA11	Kalibrering	0,7	18	21	21	62
KVA162	Kalibrering	1,6	14	26	26	60

Mätpunkter för kalibrering och validering

Kalibrering och validering av modellen för vattenkvalitet har utförts för att återspegla nulägesförhållandena för perioden då de flesta kemimätningar utförts (år 2017 till 2022). Vid de olika mätpunkterna har olika mängd observationer för olika ämnen tagits. Därför används data från mätpunkter med relativt få observationer endast för ett kalibreringssyfte men har ej använts för validering. Validering har däremot utförts på mätpunkter med flertalet mätningar under en längre tidsperiod. Nedan listas kalibrering och valideringsstationer. Här inkluderas även mätpunkterna från övriga avrinningsområden i närheten, dessa har använts för att ge en ökad förståelse för hur processer och flödessituationer påverkar den naturliga vattenkemin. Mätpunkterna inkluderar:

- **AVA14, AVA01, AVA02, AVA18 och KVA179:** Dessa mätpunkter är belägna inom Pahtajoki-området. Här har det rapporterats flertalet observationer för flera år för de flesta ämnena inkluderat i modellen. Dessa mätpunkter har använts till kalibrering (år 2017 till 2019) och sedan till validering (år 2020 till 2022)
- **KVA203, KVA204, KVA11:** Mätpunkterna är lokaliserade i ett närliggande avrinningsområde. I dagsläget har ett fåtal observationer rapporterats. Mätpunkterna används för kalibrering.
- **AVA19 och AVA21:** Dessa mätpunkter är belägna inom Pahtajoki-området och har relativt få provtillfällen (år 2020 till 2021) och används endast för kalibrering.
- **KVA162:** Mät punkt lokaliserad i ett närliggande avrinningsområde som provtogs 2014 till 2016. Mätningarna endast använts i kalibreringssyfte.

Vissa ämnen har även färre exakta mätningar än andra (Tabell 3.5) När exakta mätvärden inte funnits har det ofta rapporterats att koncentrationen legat under rapporteringsgränsen. Dessa mätningar är svåra att utvärdera ur ett kalibreringssyfte då det inte går att avgöra hur mycket lägre koncentrationen är än rapporteringsgränsen. Däremot kan dessa mätningar hjälpa till att indikera om de modellerade koncentrationerna i modellen är för höga eller för låga.

Tabell 3.5 Antal vattenkvalitets-observationer

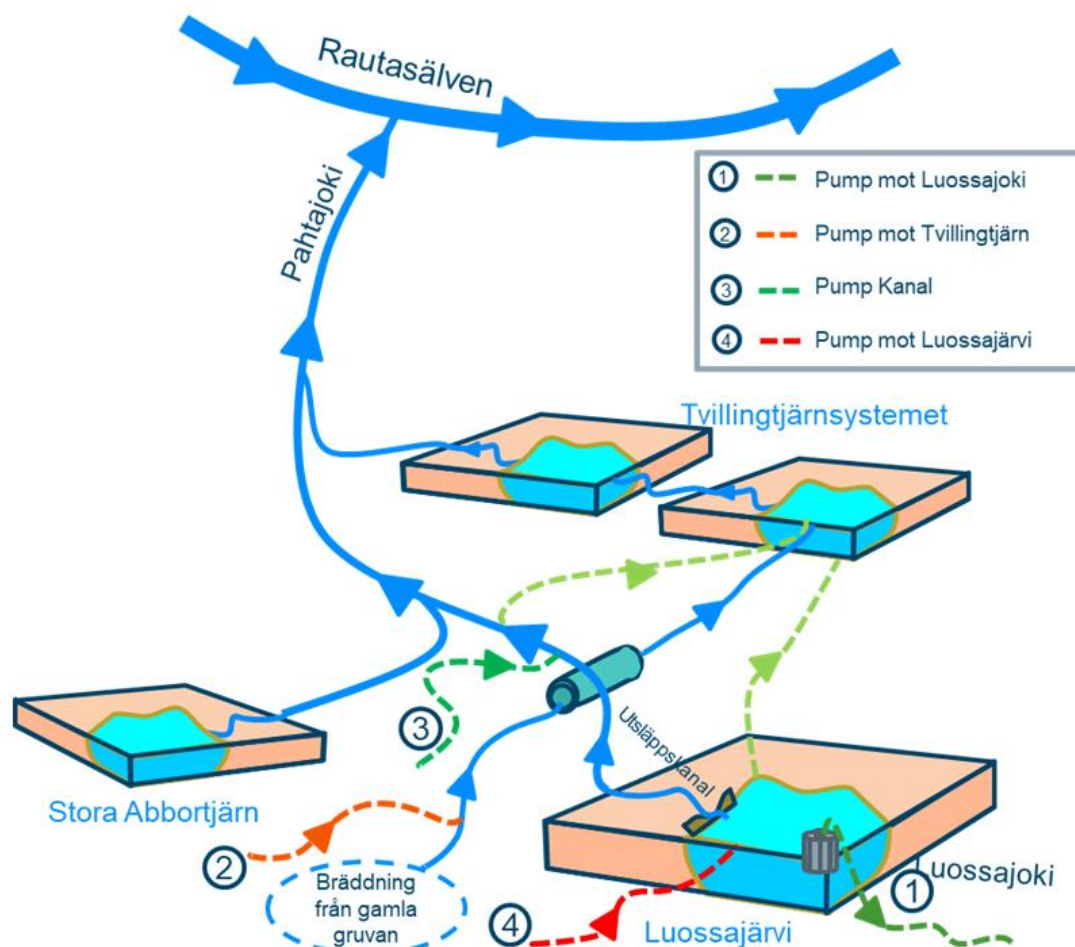
Antal exakta mätvärden för samtliga mät och kalibreringspunkter och ämnen mellan år 2017–2022.

Provpunkt	Område	Antal observationer 2017–2022					
		Cu	Ni	NO ₃	SO ₄	U	Zn
AVA14	Pahtajoki	32	32	4	15	32	30
AVA19	Pahtajoki	11	11	1	7	11	11
AVA21	Pahtajoki	6	6	(-)	5	6	6
AVA01	Pahtajoki	37	37	32	37	37	37
AVA02	Pahtajoki	32	32	26	32	32	32
AVA18	Pahtajoki	34	34	30	34	34	34
KVA179	Pahtajoki	43	43	38	43	43	43
KVA11	Närliggande avrinningsområde	10	10	(-)	2	10	10
KVA203	Närliggande avrinningsområde	5	4	1	6	5	5
KVA204	Närliggande avrinningsområde	4	3	(-)	4	4	4
KVA162*	Närliggande avrinningsområde	13	13	4	4	8	13

*Prover från år 2014 till 2016

3.3 Beskrivning av faser och scenarion

I detta delkapitel beskrivs de olika scenarierna i form av olika faser som utvärderats. I scenarierna är reningskapaciteten satt till 1000 m³/h och för alla scenarier har flöden och halter för de tre typåren beräknats (normalår, våtår och torrår). För de olika faserna har bräddvatten fördelats på olika sätt och resultat för flöden och halter i Pahtajokisystemet har beräknats. I Figur 3.3 visas en konceptuell bild av hur vatten fördelas mellan olika recipienter.



Figur 3.3 Fördelning av bräddvatten

Konceptuell karta som visar var bräddvattnet fördelas till de olika recipienterna. Bräddvattnet har fördelats i de olika faserna via olika utsläppspunkter till vattendragen främst i form av pumpbidrag. Platserna för utsläpp av vatten benämns som pumpbidrag i den konceptuella figuren.

De simuleringar som utförts i denna del listas nedan och inkluderar Fas 1 (nuläge), Fas 2 (avvattningsfasen), samt Fas 3 (fullt utbrutengruva) med en reningskapacitet på 1000 m³/h. I

Tabell 3.6 listas hur mycket vatten som leds till respektive recipient i de olika fallen. Tabellen inkluderar även halterna i det reade respektive orenade vattnet. Bräddvattnet har fördelats i de olika faserna via olika utsläppspunkter till vattendragen främst via pumpar och benämns därför som pumpbidrag och pumphalter i kommande text, tabeller och figurer. Ämnen som utvärderats är koppar, nickel, nitrat, sulfat, uran och zink. Xantat utvärderas också. Här antas att gruvverksamheten är den enda källan till ämnet i området och endast under Fas 3. Den naturliga bakgrundshalten av Xantat antas vara 0 mg/l, vilket medför att ingen kalibrering av Xantat har utförts.

I nuläget (Fas 1) är tillrinningen till Luossajärvi en kombination av flödena från LKAB:s verksamhetsområde, Viscarias gamla klarningsmagasin (AVA17), Viscarias gamla industriområde och den lokala naturliga avrinningen. I den naturliga avrinningen antas eventuella bidrag från dagvattenssystemet vara inkluderade xantat rinna till sjön via VVA17 xantat Flödena till Tvillingtjärnsystemet består av xantatavrinningen. Flödena i den övre delen av Pahtajoki (AVA14) är naturliga, medan flödena vid AVA02 är en kombination av naturlig avrinning till Pahtajoki och utflödet från Luossajärvi via kanalen. Flödena i den

nedre delen av Pahtajoki (AVA18 och KVA179) är en kombination av den naturliga xantatavrinningen, flöden från AVA02 och flöden från AVA01.

I avvattningsfasen (Fas 2) töms den befintliga Viscariagruvan med ett konstant pumpflöde på 0,28 m³/s (1000 m³/h). Detta vatten renas och bräddas ut till Pahtajoki via Tvillingtjärnsystemet och kanalen. Flödet till Tvillingtjärnsystemet är 0,0278 m³/s (100 m³/h) för att kompensera för det minskade flödet som orsakas av avvattningsprocessen. Resten av vattnet brädds ut via kanalen.

Under driftsfas vid fullt utbruten gruva (Fas 3) renas överskottsprocessvattnet (upp till 1000 m³/h) och bräddas till Tvillingtjärnsystemet, kanalen och till Luossajärvi. Det överskott som inte renas släpps direkt ut i kanalen. Liksom i Fas 2 är flödet till Tvillingtjärnsystemet 0,0278 m³/s (100 m³/h) för att kompensera för de minskade flödena på grund av gruvverksamheten. Pumpflödet till Luossajärvi har samma flödes hastighet som KP38 som pumpar vatten från sjön till Luossajoki. Vid Fas 3 är flödes hastigheten för KP38 densamma som idag vid 0,047 m³/s.

I efterbehandlingsfasen, EBH, (Fas 4) tillåts avrinningen som genereras i det efterbehandlade verksamhetsområdet rinna naturligt till tre utflödespunkter som ungefärligt motsvarar de punkter där denna avrinning skulle ha runnit av under Fas 1. Dessa punkter är till Levjärvä (uppströms VVA17), diket som AVA15 är belägen i, och våtmarken mellan kanalen och Pahtajoki.

Tabell 3.6 Halter och pumpflöden i olika faser och scenarier.

Halter och pumpflöden för olika faser och scenarion. Halter inkluderar renade och orenade halter.

	Fas 1	Fas 2	Fas 3		Fas 4		
			Renade	Orenade	Loussa	Kanal	Tvilling
Pumpflöde MQ (l/s)							
Luossajärvi	0	0	47	0	60**	60**	60**
Tvillingtjärn	0	28	28	0	11**	11**	11**
Kanal	0	222	112	8	62**	62**	62**
Luossajoki	0	47	47	0	47	47	47
Pumphalter							
Cu (µg/l)	(-)	2,0	2,0	23	4,0	1,5	1,5
Ni (µg/l)	(-)	2,0	0,5	13	6,5*	8,0*	4,8*
NO ₃ (mg/l)	(-)	0,0	5,0*	5,0*	0,0	0,0	0,0
Sulfat (mg/l)	(-)	193	193	193	120*	126*	68*
U (µg/l)	(-)	1,25	1,0	9,4	2,0*	3,0*	0,5*
Zn (µg/l)	(-)	2.50	1,25	82	9,2*	11*	5,5*
Xn (mg/l)	(-)	0,0	0,06*	0,06*	0,0	0,0	0,0

*Dygnsvarierande koncentrationer. Endast medel visas i tabellen

**Aavrinning från verksamhetsområdet som betraktas som pumpflöde i modellen. Endast medel visas i tabellen

4 Resultat ytvatten

I detta kapitel presenteras resultat från Ytvattenmodellen, dvs flödesresultat. Kapitlet innehåller kalibreringsresultat (avsnitt 4.1) och valideringsresultat (avsnitt 4.2), samt scenariorresultat för hydrologin (avsnitt 4.3)

4.1 Kalibrering

Kalibreringen fokuserade på observationspunkten AVA14 (avsnitt 3.1.3). Målet med kalibreringen var att få ett NSE som överstiger 0,6 (ett acceptabelt fel) och ett ackumulerat fel mindre än 30 %. Den slutliga kalibreringen (Tabell 4 1) hamnade på ett NSE värde på 0,85 (mycket bra) och ett ackumulerat fel på 1,8 % (mycket bra).

Tabell 4.1 Kalibreringsresultat

Resultat av kalibreringen för de tre punkterna som används vid kalibreringen av den ytvattenmodellen.

Provpunkt	Period	NSE	Ackumulerat fel (%)
AVA14	2020-08-04 till 2022-06-21	0,85	1,8
AVA15	2018-04-20 till 2022-06-21	0,74	2,0
AVA17	2020-08-04 till 2022-06-21	0,69	2,8

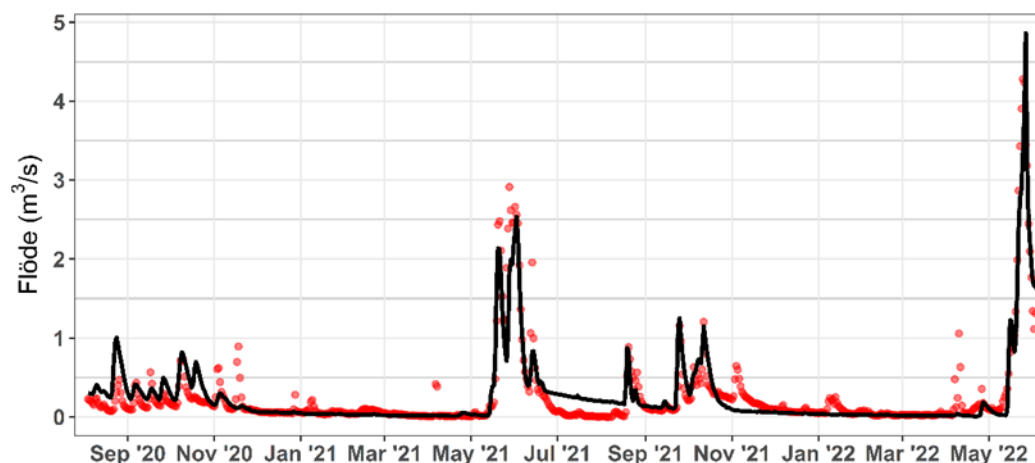
I Figur 4.1 visar den övre grafen hur flödes hastigheten varierar över tid medan den undre grafen visar det ackumulerade flödet för samma tidsperiod. Graferna visar hur väl den kalibrerade modellen kan reproducera flödesvariationer i den specifika observationspunkten, samt hur felet, med avseende på avrunnen volym, varierar med tiden.

Den hydrologiska modellen kalibrerades under en period som omfattade nästan två fullständiga hydrologiska år från 2020-08-04 till 2022-06-21. Modellen visade sig i allmänhet uppfylla sitt syfte med att återskapa den observerade hydrografen under kalibreringsperioden, både vad gäller tidsvariation och magnitud. Det noteras dock att modellens förmåga att återskapa hastigheten för vårfloidsrecessionen sommaren 2021 underskattades, medan recessionen under 2022 överskattades. Detta tyder på att det finns utrymme för förbättringar i hur modellen balanserar fördelningen av vatten mellan de snabba hydrologiska processerna nära ytan och långsammare grundvattenprocesser.

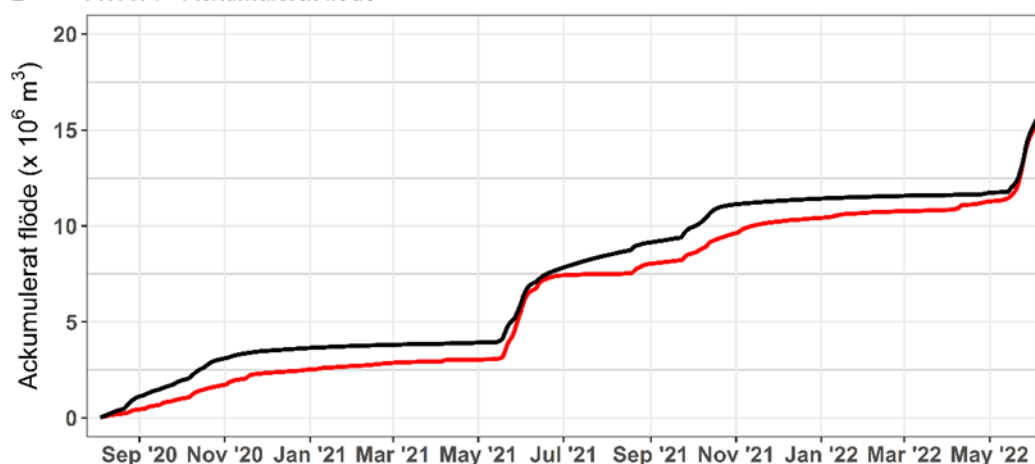
Modellen missade också några mindre toppar under vintermånaderna före snösmältningen. Detta beror på att modellen missar vissa frys-tö-händelser. Orsaken är ofta att lufttemperaturen är nära noll och att temperaturerna i modellen kan vara lite lägre än verkligheten, vilket ger mindre smältvatten. En annan orsak kan vara att det saknas någon lokal regnhändelse i nederbördsdata.

Även om modellen underskattade topparna något under vårfloiden 2021, lyckades den väl med att återskapa vårfloiden 2022. Dessutom presterade modellen väl när det gäller att reproducera magnituden av flöden under de låga flödesperioderna innan vårfloiden. De höga värdena på NSE och låga felet på ackumulerade flödet indikerar dock att modellen är väl kalibrerad.

A AVA14 - Flöde



B AVA14 - Ackumulerat flöde



Figur 4.1 Resultat AVA14

Uppmätta och beräknade flöden vid AVA14. (a) Hydrograf (m^3/s) (b) Ackumulerat flöde ($\times 10^6 \text{ m}^3$). Röda punkter (a) och röd linje (b) avser observerat flöde medan svarta linjer avser beräknat flöde.

4.2 Validering

Valideringen av ytvattenmodellen genomfördes för perioden 2018-04-20 till 2022-06-21 genom att utvärdera den kalibrerade modellen (avsnitt 3.1.1) observerade flödesdata från AVA01 AVA02 och AVA18 (avsnitt 3.1.3). Valideringen är utvärderad med hjälp av NSE och ackumulerat flöde (avsnitt 3.1.3). Generellt sett visar resultaten (Tabell 4.2) att modellen kan reproducera observerade flöden trots att modellen kalibrerats huvudsakligen mot AVA14, vilket ges av att NSE-värden är över 0,6 och att ackumulerat fel är under 30%.

Tabell 4.2 Valideringsresultat

Valideringsresultat från tre olika punkter i ytvattenmodellen som ligger nedströms från kalibreringspunkterna, men även inkluderar avrinning från oberoende delavrinningsområden.

Provpunkt	Period	NSE	Ackumulerat fel (%)
AVA01	2018-04-20 till 2022-06-21	0,64	10,8
AVA02	2018-04-20 till 2022-06-21	0,81	5,0
AVA18	2020-08-04 till 2022-06-21	0,77	-19,7

4.3 Scenarioreultat

Tabell 4.3 visar det beräknade medelflödet för mätpunkterna i Pahtajoki avrinningsområde för nuläget (Fas 1) samt den relativa förändringen av flödet i de olika faserna och scenarierna jämfört med nuläget. Resultaten visas som årsmedelvärden för de olika typåren under förutsättning att ett normalår följs av ett valt typår. I ansökan (Bilaga B3) redovisades resultat från en kontinuerlig simulering där en sammanhängande period på ca 30 år, i vilken de tre typåren ingår, simuleras. De tre typåren påverkas då av den hydrologiska situation som föregått respektive typår. I denna studie har dock ett normalår följt av antingen ytterligare ett normalår, ett torrår eller ett våtår beräknats. Dvs varje typår har ett hydrologiskt minne motsvarande en normalperiod. Eventuella effekter av detta beskrivs i beskrivningen av respektive fas i kommande text 4.3.1. tom 4.3.4.

I texten nedan syftar Kanalen på utloppskanalen från sjön Luossajärvi.

4.3.1 Fas 1: Nuläget

Resultaten för Fas1 är jämförbara med tidigare resultat för nuläget. Undantag från detta är resultaten för flödena i Tvillingtjärnsystemet (AVA01) och utflödena från Luossajärvi (KVA145). Dessa är underskattade på grund av effekterna av det hydrologiska minnet från normalåren före typåret, särskilt för det våta året. De relativa förändringarna bör dock vara mer representativa eftersom de jämför förändringen och inte de absoluta värdena.

4.3.2 Fas 2: Tömning

Det konstanta flödet ($0,28 \text{ m}^3/\text{s}$) av renat vatten från avvattning av gruvan har fördelats mellan Tvillingtjärnsystemet ($0,0278 \text{ m}^3/\text{s}$) och kanalen ($0,222 \text{ m}^3/\text{s}$). Flödena vid AVA14 minskar på grund av att grundvattennivåerna sjunker på grund av att den idag vattenfyllda Viscariagruvan töms och inget renat gruvvatten återförs till systemet uppströms AVA14. Flödena vid AVA02 är förhöjda på grund av att vattnet från gruvan pumpas till Kanalen och detta vatten flödar slutligen ut till Pahtajoki. Flödena vid AVA18 är också förhöjda på grund av att gruvvatten släpps ut i systemet. Det är ingen förändring i utflödet från sjön till Pahtajoki. Flödena vid AVA01, liknande de i Pahtajoki, är förhöjda på grund av att gruvvatten släpps ut i systemet vid AVA15.

4.3.3 Fas 3: Fullt utbruten gruva

Det renade bräddningsvattnet från gruvan fördelas mellan Luossajärvi (konstant $0,047 \text{ m}^3/\text{s}$), Tvillingtjärnsystemet ($MQ = 0,028 \text{ m}^3/\text{s}$) och resten av vattnet, inklusive det orenade bräddningsvattnet, till kanalen ($MQ = 0,120 \text{ m}^3/\text{s}$). Pumpflödet till Luossajoki ligger på $0,047 \text{ m}^3/\text{s}$. Flödena i AVA14 minskar på grund av att grundvattennivåerna sjunker samt en generell förlust av ytvattenavrinning till följd av av- och omledningar av vatten kopplat till det yttre systemet samt förändrad markanvändning. Flödena vid AVA02 är förhöjda på grund av att processvattnet från gruvan pumpas till Kanalen och slutligen ut till Pahtajoki. Flödesökningen är mycket mindre än i Fas 2 på grund av de minskade flödena i Pahtajoki uppströms punkten där Kanalen rinner in. Liksom AVA02 är flödena vid AVA18 förhöjda men inte lika mycket som i Fas 2. Utflödet från sjön är relativt likt nuläget förutom under ett vått år där det är en tydligare minskning av flödet. Denna minskning för det våta året beror främst på metodiken, t.ex. att använda data från ett normalt år som föregår det våta året. Det hydrologiska minnet från föregående år kommer att påverka den hydrologiska responsen under det följande året. Till exempel kan sjönivåerna vara lägre, som det är i det här fallet, eller högre än vad de skulle vara om simuleringen i stället hade använt en transient modelleringsmetod. Flödena i Tvillingtjärnsystemet är förhöjda på grund av utsläpp av processvatten.

4.3.4 Fas 4: Efterbehandlingsfasen

Efter efterbehandlingen av verksamhetsområdet tillåts avrinningen rinna naturligt till tre utflödespunkter som leder till Luossajärvi via sjön Levjärv, Pahtajoki via en våtmark mellan kanalen och Pahtajoki, samt Tvillingtjärnsystemet via samma kanal som AVA15 är placerad i idag. I denna fas antas gruvan ha fyllts med vatten och grundvattnet stabiliserats vid ett nytt jämviktsläge. Dessutom antas avrinningen följa den nya topografin som kommer råda när området är efterbehandlat. Topografin resulterar i vissa förändringar i fördelningen av avrinningen från området jämfört med Fas 1. Det genomsnittliga flödet till Luossajoki ökar från cirka 0,048 m³/s till cirka 0,060 m³/s, det genomsnittliga flödet till Tvillingtjärnsystemet minskar från cirka 0,028 m³/s till cirka 0,011 m³/s och det genomsnittliga flödet till Pahtajoki ökar med cirka 0,005 m³/s. De förhöjda flödena till Luossajärvi resulterar i ökade flöden både till Pahtajoki via kanalen och till Tvillingtjärnsystemet genom det diffusa läckaget från sjön och överföringen till systemet från kanalen under höga flödessituationer. De ökade flödena till Tvillingtjärnsystemet kompenserar för det minskade flödet till det systemet från verksamhetsområdet. Resultatet är att de genomsnittliga flödena i Pahtajoki och Tvillingtjärnsystemet blir cirka 5% och 7% högre än i Fas 1. Dessa ökningarna är relativt små och beror främst på de konservativa parametrar som används för att modellera effekten av efterbehandlingen på den lokala hydrologin.

4.4 Sammanfattande resultat

I Tabell 4.3 sammanställs medelflödena för normalåret i Fas 1 samt de procentuella förändringarna mellan Fas 1 och de andra faserna 2, 3 och 4. Förändringarna beror på påverkan från den ansökta gruvverksamheten.

I Fas 2 är de minskade flödena i den övre delen av Pahtajoki resultatet av grundvattenavsänkningen på grund av tömningen av den idag vattenfyllda gruvan. De ökade flödena i resten av Pahtajoki och Tvillingtjärnsystemet beror på att vatten som pumpas ur gruvan släpps ut i de två systemen.

I Fas 3 sker en kraftig minskning av flödena i övre Pahtajoki på grund av både sänkta grundvattennivåer och minskad avrinning från det nya verksamhetsområdet eftersom denna avrinning leds om. Flödena till och från Luossajärvi minskar marginellt på grund av att avrinning från det nya verksamhetsområdet leds om. Detta kompenseras delvis av utsläppet från reningsverket till Levjärv. Flödena i den nedre delen av Pahtajoki och Tvillingtjärnsystemet ökar på grund av att vatten släpps ut från reningsverket till kanalen och Tvillingtjärnsystemet.

I Fas 4 är flödena vanligtvis högre på grund av den konservativa parametriseringen av modellen i efterbehandlingsområdet. De minskade flödena i den övre delen av Pahtajoki beror på att avrinning som normalt skulle runnit av i den delen leds om nedanför AVA14.

Tabell 4.3 Medelflöde (scenario)

Medelflöde (l/s) för Fas 1 och relativförändring (%) för Fas 2, Fas 3 och Fas 4.

	Fas 1	Fas 2	Fas 3	Fas 4
VVA17				
Normalår	109	0,0	-0,4	11,8
Torrår	102	0,0	0,2	9,9
Våtår	138	0,0	-9,2	10,4
KVA145				
Normalår	125	0,0	-2,3	8,6
Torrår	122	0,0	0,4	8,8
Våtår	191	0,0	-6,7	7,5
AVA14				
Normalår	277	-7,7	-34,6	-16,3
Torrår	258	-8,1	-35,1	-15,4
Våtår	341	-7,6	-33,2	-22,0
AVA02				
Normalår	429	46,8	4,3	6,0
Torrår	405	49,7	3,7	5,7
Våtår	567	34,5	2,4	1,1
AVA01				
Normalår	69	43,4	36,7	6,5
Torrår	52	57,8	49,6	8,0
Våtår	63	49,3	39,7	8,2
AVA18				
Normalår	621	37,5	7,7	5,5
Torrår	567	40,9	7,2	4,7
Våtår	790	28,5	4,8	1,4

5 Resultat vattenkvalité

I detta kapitel presenteras resultat från vattenkvalitetsmodellen. Kapitlet innehåller kalibreringsresultat och valideringsresultat (avsnitt 5.1), samt en analys av scenarier (avsnitt 5.2). Ämnena som är inkluderade i modellen är: koppar (Cu), nickel (Ni), nitrat (NO₃), sulfat (SO₄), uran (U) och zink (Zn). I avsnittet om kalibrering- och validering presenteras framför allt hur väl modellen kan prediktera koncentrationer för de olika vattendragen. Här jämförs modellerade koncentrationer mot observerade koncentrationer och det procentuella felet utvärderas. I scenarioavsnittet analyseras därefter Fas 1 jämfört mot Fas 2, Fas 3 och Fas 4. Xantat (Xn) har också utvärderats men inte kalibrerats, utan här har endast utspädning antagits av gruvverksamhetsgenererade källor (avsnitt 3.2 och 3.3).

5.1 Kalibrering och validering

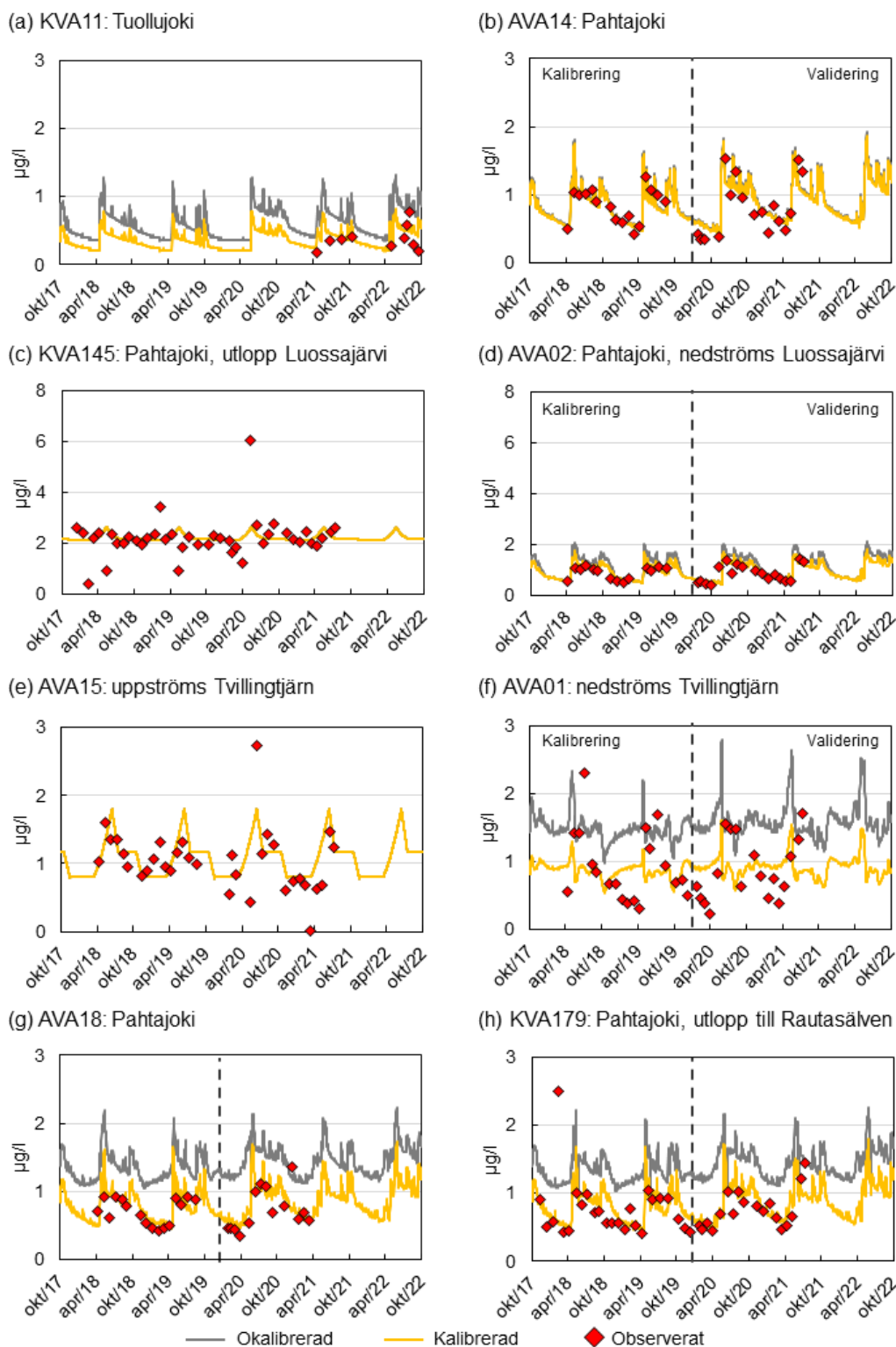
Kalibreringens mål var att hamna på ett beräknat medel så nära det observerade medlet som möjligt. Ett medel $\pm 30\%$ från det observerade medlet har ansetts som en bra prediktion och ett medel $\pm 50\%$ från det observerade har antagits vara acceptabelt (avsnitt 3.2.3). I första hand kalibrerades den naturliga vattenkvaliteten för att hamna inom acceptabelt medelvärde. Därefter har en faktor ansatts för att höja eller minska medelkoncentrationen till dess att koncentrationen hamnat innanför ett bättre eller åtminstone acceptabelt värde. Denna faktor kan länkas till bl.a. naturliga processer i vattendragen eller okända källor (avsnitt 3.2).

Tabell 5.1 Faktorer relaterade till avrinningsområdets egenskaper

Avrinningsområdets egenskaper och hur dessa förhåller sig mellan halterna i AVA14 och övriga vattendrag. Positiv innebär att en ökande andel (eller area) medför en ökad koncentration i förhållande till AVA14. Negativ innebär att en minskande andel (eller area) ger en minskad koncentration i förhållande till AVA14. X avser att en faktor applicerats för att ta hänsyn till övriga processer så som exempelvis fastläggning i myrar (avsnitt 3.2).

	Area	Morän	Berg i dagen	Sjö	Våtmark	Övriga processer
Cu	positiv					X
Ni						X
NO₃	positiv	negativ				X
SO₄		negativ	negativ			
U		negativ	negativ			X
Zn						X

När den naturliga kemin i modellen blivit kalibrerad utifrån de områden som inte påverkas av någon till synes känd källa, utvärderades koncentrationen för alla provpunkter. För ett flertal ämnen och speciellt för metaller, så som koppar, behövdes en extra faktor läggas på de vattendrag som påverkas av kända källor (Figur 5.1 och Tabell 5.1, KVA11 visas i figuren som ett exempel på ett annat naturligt tillrinningsområde än AVA14.). Detta för att koncentrationen påverkas av andra naturliga processer än bara den generella utspädningen från tillrinningen (se avsnitt 3.2 om naturliga processer och okända källor).



Figur 5.1 Kalibrering- och valideringsresultat för Koppar (Cu)

Röda punkter är observerade koncentrationer vid observationspunkterna. Den gråa linjen representerar den modellerade koncentrationen i vattendragen innan kalibrering av halterna skett. Den gula linjen visar färdigkalibrerad modell. Fem av provpunkterna (AVA14, AVA02, AVA01 och KVA179) har haft tillräckligt antal observationer för att både ha en kalibrerings och en valideringsperiod. Uppdelningen av kalibrering och valideringsperiod visas med en vertikalt streckad linje och % medelfel presenteras i Tabell 5.2.

En korrelation mellan avrinningsområdets egenskaper och den naturliga koncentrationsvariationen kunde inte hittas för ett fåtal ämnen, exempelvis nickel (Tabell 5.2). För nickel hamnade medelkoncentrationen för samtliga opåverkade vattendrag inom ± 50 % av den observerade koncentrationen utan kalibrering av den naturliga vattenkvaliteten. I dessa fall har AVA14-koncentrationen på den naturliga tillrinningen använts.

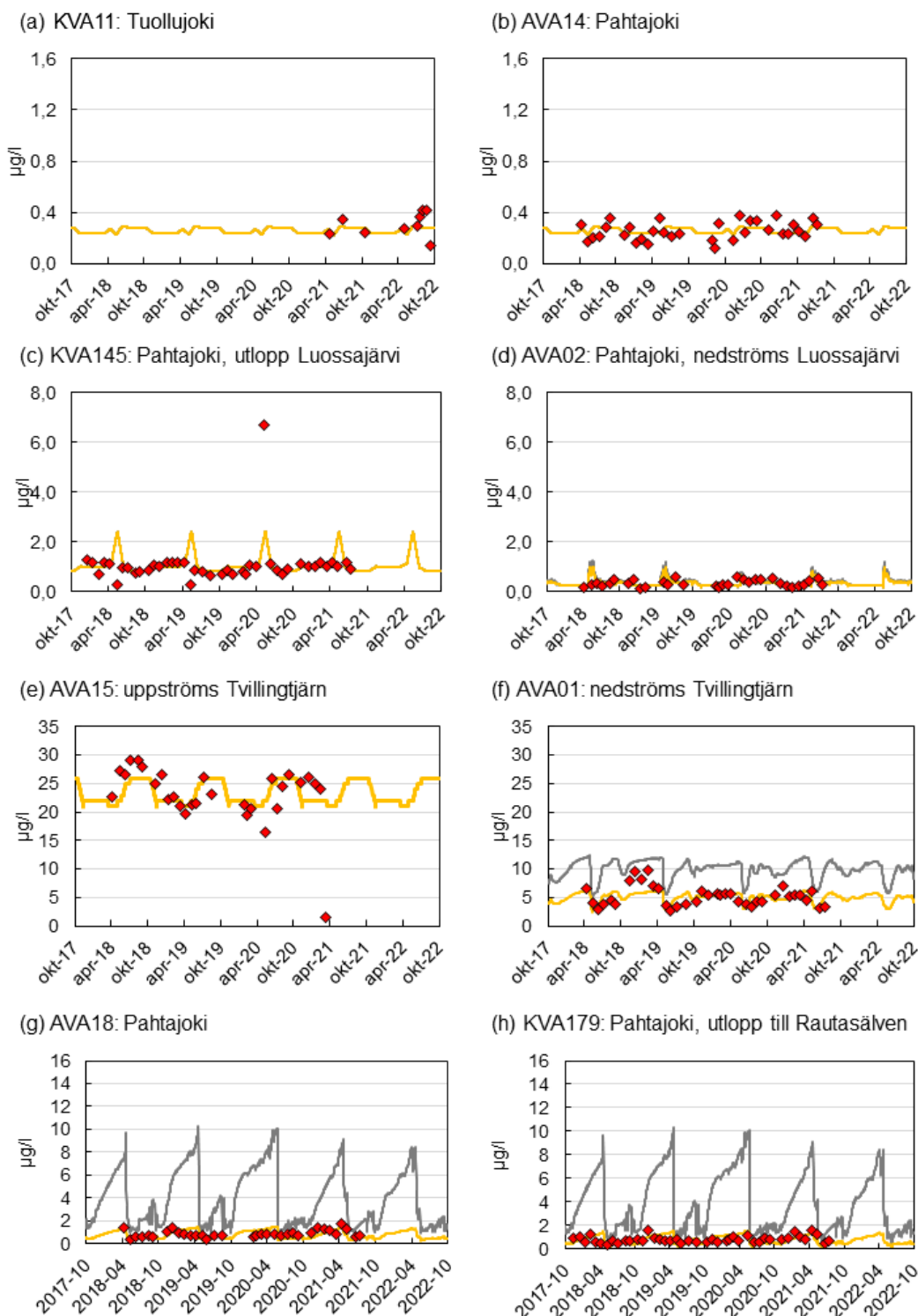
Figurer för kalibrering av övriga ämnen presenteras i Appendix C och det slutliga medelfelet för respektive ämne och punktstation inom Pahtajoki-området presenteras i Tabell 5.2. Ett medelfel på mindre än ± 30 % anses som en bra predikerat medelvärde medan ett fel på ± 50 % anses som ett acceptabelt fel. Markeringen (-) har använts om inga exakta mätvärden funnits tillgängliga eller om för få observationer gjorts så validering ej kunde genomföras. I listan nedan kommenteras utfallet av kalibrering och validering som ges i Tabell 5.2.

AVA14: Representerar den naturliga tillrinningen i området. I dagsläget kunde inte AVA21 valideras på grund av för lite mätdata. Validering kunde genomföras för AVA14 och AVA19 och årsmedelkoncentrationer hamnade inom bra nivåer (± 30 %) för samtliga ämnen. NO_3 kunde inte valideras på grund av för få mätvärden. För AVA14 har endast fyra exakta mätningar genomförts med ett medel på 0,18 mg/l. Övriga mätningar (33 mätningar) visar på ett medel på mindre än 0,1 mg/l. Om koncentrationen i stället ligger närmre 0,1 mg/l blir medelfelet ca 17 % i stället för – 37 %. I dagsläget är det svårt att utvärdera NO_3 för dessa mätpunkter.

AVA01: Provpunkt i Tvillingtjärnsystemet som får vatten via området uppströms AVA15, läckage från Luossajärvi och den naturliga tillrinningen i området. Validering kunde genomföras och årsmedelkoncentrationer hamnade inom bra nivåer (± 30 %) för alla utvärderade ämnen. För samtliga ämnen utom sulfat och uran hamnade även medelfelet till och med under ± 10 %. Hur väl kemin i AVA01 kan beskrivas beror mycket på hur väl Tvillingtjärnssjöarna representeras i modellen samt hur väl kemin via AVA15 blir representerad.

AVA02: Provpunkt i Pahtajoki som får bidrag via kanalen nedströms Luossajärvi. Här är koncentrationen i Luossajärvi en viktig faktor, representerad av mätstation KVA145. Dessutom är representationen av hur mycket vatten som släpps från sjön till kanalen ytterst känsligt för beräknade koncentrationer vid AVA02. När vatten släpps till kanalen, ökar koncentrationen nedströms. Validering kunde genomföras och årsmedelkoncentrationer hamnade inom bra nivåer (± 30 %) för nästan alla utvärderade ämnen, SO_4 ligger något högre på 32 %. För samtliga ämnen utom sulfat och zink hamnade även medelfelet till och med under ± 10 %.

AVA18 och KVA179: AVA18 får en blandning av vatten från områdena representerade av AVA01 (Tvillingtjärnsystemet) och AVA02 (Pahtajoki) samt naturlig tillrinning. Skillnaden mellan AVA18 och KVA179 är att KVA179 får en större proportion naturlig tillrinning då den återfinns längre nedströms nära Pahtajokis utlopp. Medelfelen följer samma mönster som AVA02. Validering kunde genomföras och årsmedelkoncentrationer hamnade inom bra nivåer (± 30 %) för nästan all utvärderade ämnen, SO_4 ligger något högre på 34 % för AVA18.



Figur 5.2 Kalibrering- och valideringsresultat för nickel (Ni)

Röda punkter är observerade koncentrationer vid observationspunkterna. Den gråa linjen representerar den modellerade koncentrationen i vattendragen innan kalibrering av halterna skett. Den gula linjen visar färdigkalibrerad modell. Fem av provpunkterna (AVA14, AVA02, AVA01 och KVA179) har haft tillräckligt antal observationer för att både ha en kalibrerings och en valideringsperiod. Uppdelningen av kalibrering och valideringsperiod visas med en vertikalt streckad linje och % medelfel presenteras i Tabell 5.2. KVA11 visas i figuren som ett exempel på ett annat naturligt tillrinningsområde, mer än AVA14.

Tabell 5.2 Medelfel vattenkvalité

Tabellen inkluderar slutliga värden för mätpunkterna inom Pahtajoki-området. Ett medelfel på mindre än $\pm 30\%$ anses som ett bra predikerat medelvärde, medan ett fel på $\pm 50\%$ anses som ett acceptabelt fel. Markeringen (-) har använts om inga exakta mätvärden funnit tillgängliga eller om för få observationer gjorts så validering ej kunnat genomföras. Modellerat och observerat medel har beräknats på samma dagar som observationer analyserats.

	Cu	Ni	NO ₃	SO ₄	U	Zn
AVA14	-9 / -10	0 / 0	-37 / (-)*	-10 / -11	-17 / -16	-1 / 1
AVA19	8 / -7	-2 / -4	-20 / (-)	-4 / 35	-9 / 26	-7 / -8
AVA21	-32 / (-)	16 / (-)	(-)	-7 / (-)	12 / (-)	30 / (-)
AVA01	-3 / -1	-3 / -2	-2 / 5	-19 / -15	-3 / 1	12 / 13
AVA02	13 / 8	3 / -1	10 / 0	-26 / -32	14 / 6	-20 / -20
AVA18	12 / 9	-5 / -4	3 / 1	33 / 34	-2 / 1	11 / 16
KVA179	4 / 4	2 / 3	-13 / -12	18 / 20	-18 / -16	14 / 16

*Endast fyra exakta mätningar med ett medel på 0,18 mg/l. Övriga mätningar visar på ett medel på mindre än 0,1 mg/l. Om koncentrationen i stället ligger närmre 0,1 mg/l blir medelfelet ca 17 %.

5.2 Scenarioreultat

I detta kapitel beskrivs de främsta förändringarna mellan typår och faser för mätpunkterna AVA14, VVA17, KVA145, AVA01, AVA02, AVA18 och KVA179. Årsmedelkoncentrationer och årlig masstransport för respektive ämne visas för typåren och samtliga faser. Koncentrationer och masstransport visas också i tabell för normalåret för samtliga ämnen i avsnitt 5.3 och påverkan från Viscarias verksamhetsområde på vattenkvaliteten beskrivs i avsnitt 5.4. Ämnena inkluderar koppar, nickel, nitrat, sulfat, uran, zink och xantat. Då vissa ämnen påverkas lika för olika scenarion kan en viss upprepning ske i texten. Detta är medvetet för att öka läsbarheten om läsaren endast är intresserad av ett specifikt ämne. Om endast en medelkoncentration eller en masstransport anges, avses medelkoncentrationen och den årliga masstransporten för normalåret som återfinns i figurer och tabeller. I de olika faserna har bräddvattnet har fördelats via olika utsläppspunkter till vattendragen främst via pumpar och benämns därför som pumpbidrag och pumphalter i kommande text, tabeller och figurer. För mer ingående information och beskrivning av faser samt flöden och halter i pumpar se avsnitt 3.3.

5.2.1 Koppar (Cu)

Kopparkoncentrationer och masstransport för olika faser och typår presenteras i Figur 5.3. Medelvärden för normalåret presenteras i Tabell 5.3 och Tabell 5.4 avsnitt 5.3.

AVA14 (naturlig tillrinning): Stationen representerar den naturliga tillrinningen i området. Under torrår minskar och under våtår ökar den naturliga tillrinningen. För ämnen som är kopplade till flödet, så som koppar, förändras koncentrationen i och med att flödet ändras (se avsnitt 3.2). Vi högre flöden kommer grundvattnet i kontakt med ytliga jordlager och vid lägre flöden får vattendrag bidrag från djupare grundvatten, vilket kan ha en påverkan på den resulterande koncentrationen i vattendraget. För koppar ökar koncentrationen vid höga flöden. Masstransporten för alla ämnen varierar med flödet och är som lägst under torråret.

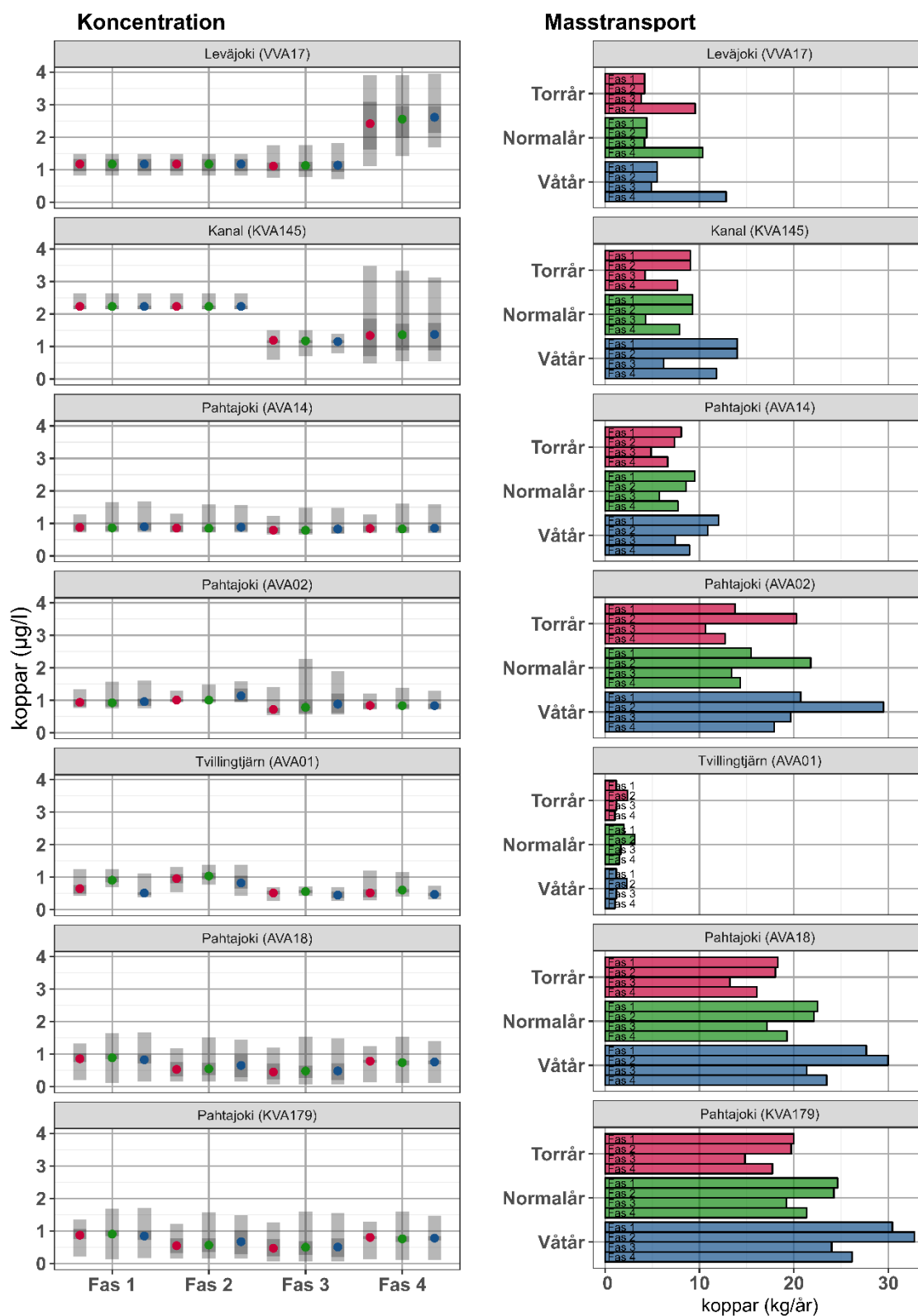
VVA17 och KVA145 (Luossajärvi utlopp): KVA145 är en provpunkt vid utloppet Luossajärvi till kanalen mot Pahtajoki. Till sjön Luossajärvi kommer flödesbidrag via VVA17 och via naturlig tillrinning. En del vatten förs sedan via sjön till kanalen och en annan del via sjön österut mot Luossajokkisystemet. Under Fas 1 (nuläget) beskrivs koncentrationen med hjälp av observationer. Därför varierar inte koncentrationerna med typåren. Däremot varierar masstransporten med flödet, med lägst transport under torråret. Medelkoncentrationen vid utloppet ligger på 2,23 µg/l med en årlig masstransport på 9,25 kg. Tillrinningen till Luossajärvi är oförändrad i Fas 2, vilket resulterar till att koncentration och masstransport förblir oförändrad. I Fas 3 förändras tillrinningen till KVA145. Bland annat försvinner bidraget till VVA17 från ett delområde kallat AVA17 och den naturliga tillrinningen minskar (avsnitt 3.3 Tabell 3.6). VVA17 får också ett pumpbidrag med en konstant halt på 1,0 µg/l. VVA17 påverkar den resulterande koncentrationen i Luossajärvi och vid utloppet (KVA145) landar medelkoncentrationen på 1,17 µg/l med en årlig masstransport på 4,30 kg. I Fas 4 förändras pumphalterna och pumpflödet till VVA17 vilket medför att medelkoncentrationen vid KVA145 landar på 1,36 µg/l med en masstransport på 7,90 kg. Trots att halterna i pumpflödet är konstanta på 1,50 µg/l får utloppet halter med en större spridning än tidigare då pumpflödet varierar över tid.

AVA01 (Tvillingjärnsystemet): Provpunkt i Tvillingjärnsystemet som får vatten via området uppströms AVA15, läckage från Luossajärvi och den naturliga tillrinningen i området. I Fas 1 är koncentrationen från AVA15 en viktig faktor och skillnader i typår beror främst på mer eller mindre utspädning från den naturliga tillrinningen. Kemin följer inte samma typårsvariation som vid övriga mätpunkter. Detta beror på att AVA01 får mer flöde under normalåret än under våtåret, medan övriga mätpunkter får som mest flöde under våtåret. Flödet och kemin under normalåret beror på inverkan av Tvillingjärnsjöarna som påverkar resultaten (se avsnitt 4.3). Medelkoncentrationen vid AVA01 ligger på 0,91 µg/l med en årlig masstransport på 2,01 kg. I Fas 2 ökar halten till 1,04 µg/l på grund av ett pumpbidrag med en kopparhalt på 2,00 µg/l och den årliga masstransporten ökar till 3,16 kg. I Fas 3 minskar halten till 0,61 µg/l med en årlig masstransport på 1,67 kg. Minskningen beror på pumpbidraget och förändrade halter i läckaget från Luossajärvi. Pumpbidragen till Tvillingjärnsystemet är konstant på 1,50 µg/l i Fas 4. Detta resulterar i förändrade halter vid AVA01. Medelhalterna landar på 0,61 µg/l och en årlig masstransport på 1,52 kg.

AVA02 (Pahtajoki nedströms kanalen): Provpunkt i Pahtajoki som får bidrag via kanalen nedströms Luossajärvi, och områdena representerade av AVA14 och den naturliga tillrinningen. Här är koncentrationen i Luossajärvi en viktig faktor, representerad av mätstation KVA145. Skillnader i typår beror främst på mer eller mindre utspädning från den naturliga tillrinningen. Medelkoncentrationen ligger på 0,93 µg/l med en årlig masstransport på 15,5 kg. Under Fas 2 ökar halten på grund av minskad tillrinning samt av ett nytt pumpbidrag till kanalen. Pumpbidraget ligger på en konstant halt på 2,00 µg/l. Ändringarna resulterar i en medelkoncentration vid AVA02 på 1,01 µg/l och en masstransport på 21,8 kg/år. Medelkoncentrationen minskar i Fas 3 till 0,78 µg/l. Den minskade masstransporten från KVA145 påverkar AVA02 och masstransporten hamnar på 13,4 kg/år. I Fas 4 ökar halten och masstransporten från sjön. I kombination med pumpbidraget till kanalen höjs medelkoncentrationen vid AVA02 till 0,84 µg/l med en årlig masstransport på 14,3 kg.

AVA18 och KVA179 (Pahtajoki nedströms AVA01 och AVA02): AVA18 får en blandning av vatten från områdena representerade av AVA01 (Tvillingjärnsystemet) och AVA02 (Pahtajoki) samt naturlig tillrinning. Skillnaden mellan AVA18 och KVA179 är att KVA179 får en större proportion naturlig tillrinning då den återfinns längre nedströms nära Pahtajokis utlopp. I Fas 1 ligger kopparhalterna vid mätpunkterna på 0,89 och 0,90 µg/l och en masstransport på 22,5 och 24,6 kg/år. Halterna minskar i Fas 2 till 0,55 samt 0,57 µg/l med en masstransport på 22,1 och 24,2 kg/år på grund av nya pumpbidrag uppströms. Halterna minskar i Fas 3 till 0,48 och 0,50 µg/l med en masstransport på 17,2

och 19,2 kg/år. Halter och masstransport ökar något i Fas 4 och landar på 0,74 och 0,76 µg/l och 19,3 och 21,3 kg/år.



Figur 5.3 Kopparkoncentration och masstransport för olika scenarion och mätpunkter

Vänster: Kopparkoncentration (µg/l) för samtliga faser (Fas 1, Fas 2, Fas 3 och Fas 4). Figuren visar årsmedel som en punkt för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått), samt koncentrationsvariationen över året i grått. Höger: Beräknad masstransport av koppar för

samtliga faser (Fas, 1, Fas 2, Fas 3 och Fas 4). Figuren inkluderar normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Enheten är kg/år.

5.2.2 Nickel (Ni)

Nickelkoncentrationer och masstransport för olika faser och typår presenteras i Figur 5.4. Medelvärden presenteras för normalåret i Tabell 5.3 och Tabell 5.4 i avsnitt 5.3.

AVA14 (naturlig tillrinning): Representerar den naturliga tillrinningen i området. Under torrår minskar och under våtår ökar den naturliga tillrinningen. Detta ämne kunde inte kopplas till flödet utan koncentrationen är ett säsongvarierande medel som baserad på observationer (se avsnitt 3.2). Detta innebär att koncentrationen inte ändras när flödet ändras, däremot ändras masstransporten. Vid högre flöden som våtåret sker mer masstransport, och vid lägre flöden sker mindre masstransport.

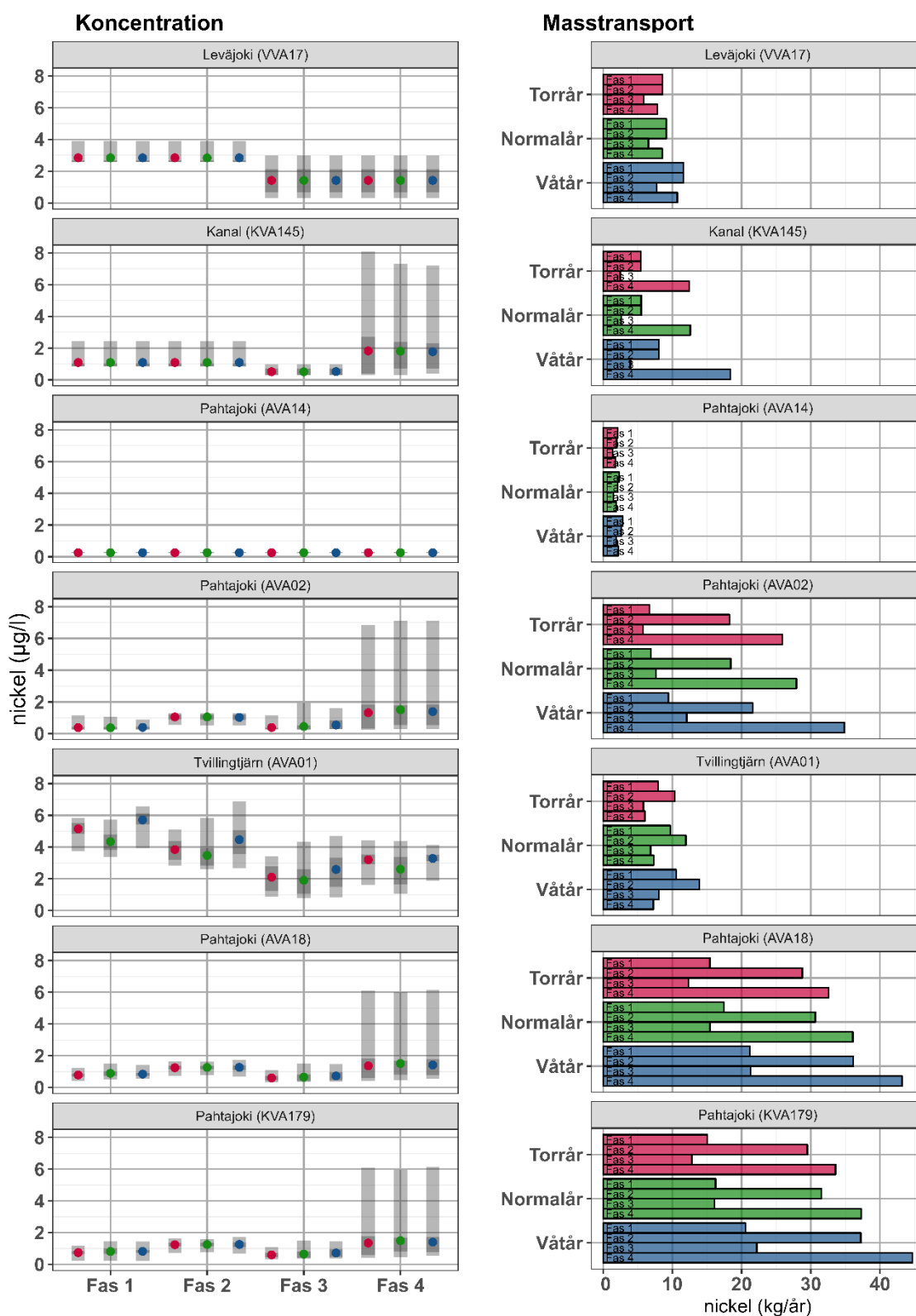
VVA17 och KVA145 (Luossajärvi utlopp): KVA145 är en provpunkt vid utloppet Luossajärvi till kanalen mot Pahtajoki. Under Fas 1 (nuläget) beskrivs koncentrationen med hjälp av observationer. Medelkoncentrationen vid utloppet ligger på 1,09 µg/l med en årlig masstransport på 5,50 kg. Tillrinningen till Luossajärvi är oförändrad i Fas 2, vilket resulterar till att koncentrationen och masstransporten vid KVA145 är samma som i Fas 1. I Fas 3 förändras tillrinningen till VVA17 (bidrag till sjön), och VVA17 får ett pumpbidrag med en konstant halt på 0,50 µg/l. Detta resulterar i att koncentrationen i Luossajärvi sjunker. Halterna vid utloppet (KVA145) landar på 0,51 µg/l med en årlig masstransport på 2,63 kg. I Fas 4 förändras pumphalterna och pumpflödet. Halterna och pumpflödet är tidsvarierande vilket resulterar i en större spridning av halterna vid utloppet. Medelkoncentration vid utloppet landar på 1,81 µg/l med en masstransport på 12,6 kg.

AVA01 (Tvillingtjärnsystemet): I Fas 1 är koncentrationen vid AVA15 en viktig faktor och skillnader i typår beror främst på mer eller mindre utspädning från den naturliga tillrinningen och inverkan från Tvillingtjärnsjöarna (avsnitt 4.3). Medelkoncentrationen vid AVA01 i Fas 1 ligger på 4,35 µg/l med en årlig masstransport på 9,69 kg. I Fas 2 minskar halten på grund av ett pumpbidrag med en nickelhalt på 2,00 µg/l. Medelkoncentrationen landar på 3,48 µg/l medan den årliga masstransporten ökar något till 12,0 kg. I Fas 3 minskar halten ytterligare till 1,91 µg/l med en årlig masstransport på 6,86 kg. Minskningen beror på pumpbidraget och förändrade halter i läckaget från Luossajärvi. Pumpbidragen till Tvillingtjärnsystemet och Luossajärvi är tidvarierande i Fas 4. Detta resulterar i förändrade halter vid AVA01. Halterna landar på 2,60 µg/l och en årlig masstransport på 7,32 kg.

AVA02 (Pahtajoki nedströms kanalen): Provpunkt i Pahtajoki som får bidrag via kanalen nedströms Luossajärvi, och områdena representerade av AVA14 och den naturliga tillrinningen. Medelkoncentrationen i Fas 1 ligger på 0,37 µg/l med en årlig masstransport på 6,88 kg. Under Fas 2 ändras halten på grund av minskad tillrinning samt av ett nytt pumpbidrag till kanalen. Pumpbidraget ligger på en konstant halt på 2,00 µg/l, vilket inte i stort ändrar halterna vid AVA02, däremot ökar den årliga masstransporten till 18,4 kg. Medelkoncentrationen förblir relativt likvärdig i Fas 3, 0,46 µg/l. Den minskade masstransporten från KVA145 påverkar AVA02 och masstransporten hamnar på 7,61 kg/år. I Fas 4 ökar halten och masstransporten från sjön. I kombination med varierande halter i pumpbidraget till AVA02 höjs medelkoncentrationen till 1,50 µg/l med en årlig masstransport på 27,9 kg.

AVA18 och KVA179 (Pahtajoki nedströms AVA01 och AVA02): AVA18 och KVA179 får en blandning av vatten från områdena representerade av AVA01 (Tvillingtjärnsystemet) och AVA02 (Pahtajoki) samt naturlig tillrinning. Mätpunkterna har en medelkoncentration på 0,89 och 0,81 µg/l och en masstransport på 17,5 och 16,2 kg i Fas 1. I Fas 2 och Fas 3 blir den resulterade medelkoncentrationen relativt lika Fas 1, 1,26 och 1,25 µg/l. Uppströms pumpbidrag ökar masstransporten till 30,6 och 31,5 kg/år. Masstransporten minskar sedan till cirka 15,4 och 16,1 kg/år i Fas 3 främst på grund av ett minskat bidrag

från Luossajärvi samt minskad naturlig tillrinning. Halterna ökar i Fas 4 till 1,51 och 1,49 µg/l med en masstransport på 36,1 och 37,3 kg/år.



Figur 5.4 Nickelkoncentration och masstransport för olika scenarion och mätpunkter
 Vänster: Nickelkoncentration (µg/l) för samtliga faser (Fas 1, Fas 2, Fas 3 och Fas 4). Figuren visar årsmedel som en punkt för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått), samt koncentrationsvariationen över året i grått. Höger: Beräknad masstransport av nickel för

samtliga faser (Fas, 1, Fas 2, Fas 3 och Fas 4). Figuren inkluderar normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Enheten är kg/år.

5.2.3 Nitrat (NO₃)

Nitratkoncentrationer och masstransport för olika faser och typår presenteras i Figur 5.5. Medelvärden för normalåret presenteras i Tabell 5.3 och Tabell 5.4 i avsnitt 5.3.

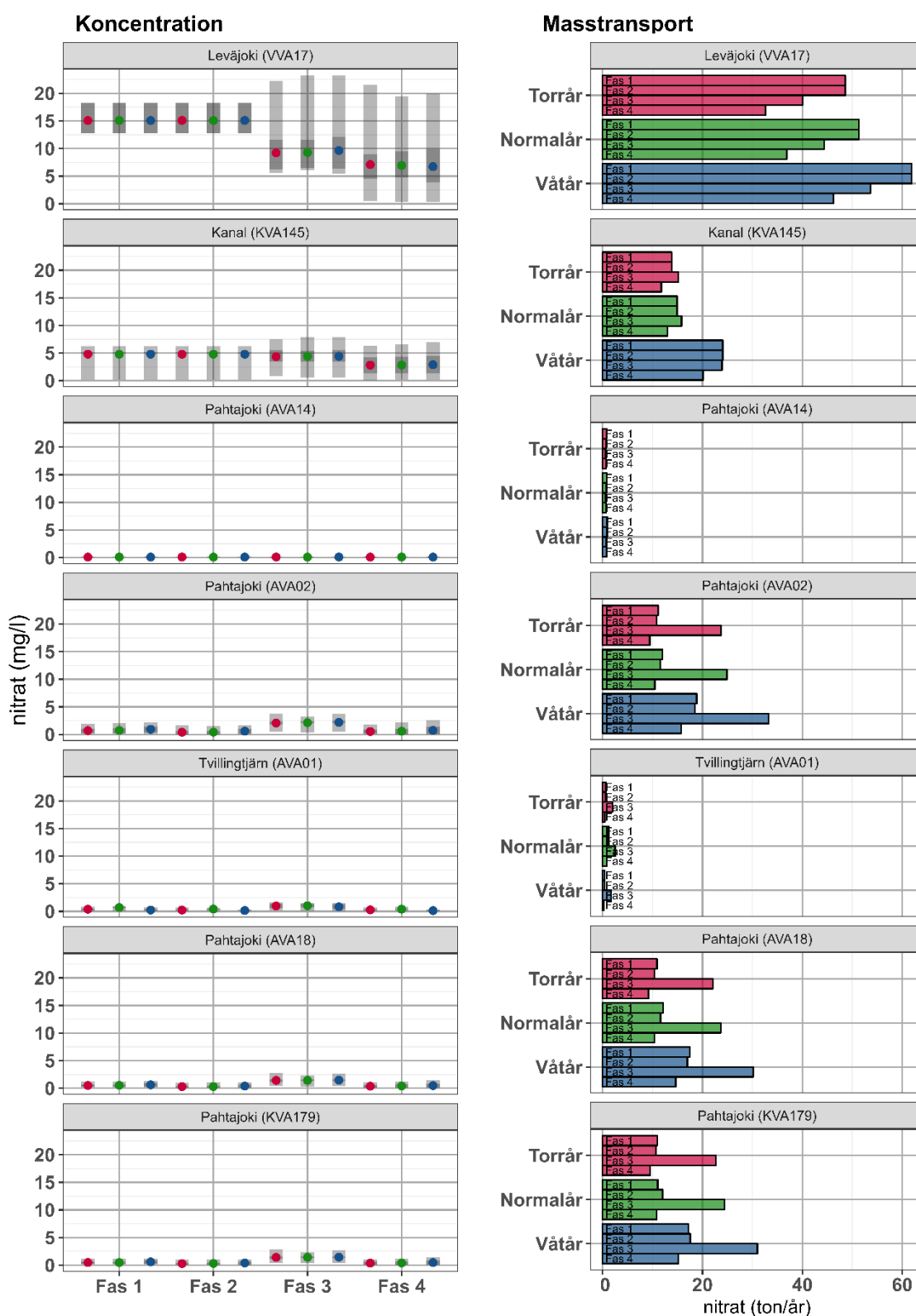
AVA14 (naturlig tillrinning): Under torrår minskar och under våtår ökar den naturliga tillrinningen. Detta ämne kunde inte kopplas till flödet utan koncentrationen är ett säsongvarierande medel som baserad på observationer (se avsnitt 3.2). Detta innebär att koncentrationen inte ändras när flödet ändras, däremot ändras masstransporten. Vid högre flöden som våtåret sker mer masstransport, och vid lägre flöden sker mindre masstransport.

VVA17 och KVA145 (Luossajärvi utlopp): Under Fas 1 (nuläget) beskrivs koncentrationen i sjön med hjälp av observationer. Tillrinning till Luossajärvi är oförändrad i Fas 2, vilket resulterar till att koncentrationen vid KVA145 är samma som i Fas 1. Medelkoncentrationen vid utloppet ligger på 4,79 mg/l med en årlig masstransport på 14,9 ton. I Fas 3 när tillrinningen till via VVA17 förändras och ett nytt pumpbidrag hamnar tillkommer landar medelkoncentrationen vid KVA145 på 4,40 mg/l och en årlig masstransport på 15,8 ton. Halterna minskar ytterligare i Fas 4 till 2,84 mg/l med en masstransport på 13,0 ton. Trots att halterna i pumpflödet är konstanta blir får halterna en större spridning då pumpflödet variera över tid.

AVA01 (Tvillingtjärnsystemet): I Fas 1 är koncentrationen vid AVA15 en viktig faktor och skillnader i typår beror främst på mer eller mindre utspädning från den naturliga tillrinningen och inverkan från Tvillingtjärnsjöarna (avsnitt 4.3). Medelkoncentrationen i Fas 1 vid AVA01 ligger på 0,69 mg/l med en årlig masstransport på 1,21 ton. I Fas 2 får Tvillingtjärnsystemet ett pumpbidrag med halten 0,00 mg/l. Bidraget späder ut koncentrationen till 0,42 mg/l. Halterna i pumpbidraget ökar i Fas 3 och den resulterade medelkoncentrationen vid AVA01 blir 1,02 mg/l. Halterna i pumpbidraget i Fas 4 minskar åter till 0,00 mg/l. Ändrade pumpflöden samt minskade halter från Luossajärvi gör att den resulterade koncentrationen blir 0,40 mg/l vid AVA01 med en masstransport på 0,81 ton/år.

AVA02 (Pahtajoki nedströms kanalen): Här är koncentrationen i Luossajärvi en viktig faktor, representerad av mätstation KVA145 och skillnader i typår beror främst på mer eller mindre utspädning från den naturliga tillrinningen. I Fas 1 är medelkoncentrationen 0,72 mg/l med en masstransport på 12,0 ton/år. Under Fas 2 minskar koncentrationen på grund av ett pumpbidrag till kanalen med nitrat-halter på 0,00 mg/l. Vid AVA02 går koncentrationen ner till cirka 0,42 mg/l med en masstransport på cirka 11,6 ton/år pump. I Fas 3 ökar koncentrationen på grund av koncentrationsförändringar vid KVA145 och en pumphalt på 5,00 mg/l. Medelkoncentrationen ökar till 2,14 mg/l med en masstransport på 24,9 ton/år. Halterna i pumpbidraget sjunker igen i Fas 4, vilket leder till en resulterande halt vid AVA02 på 0,58 mg/l och en årlig masstransport på cirka 10,5 ton.

AVA18 och KVA179 (Pahtajoki nedströms AVA01 och AVA02): AVA18 och KVA179 påverkas av bidrag från AVA01 och AVA02 samt naturlig tillrinning. I Fas 1 ligger nitralhalterna på 0,53 och 0,46 mg/l och en masstransport på 12,1 och 11,0 ton/år. Halterna minskar något i Fas 2 till 0,32 - 0,31 mg/l på grund av utspädning av nya pumpbidrag uppströms. Däremot ökar pumpbidragen masstransporten till 11,6 - 12,0 ton/år. Halterna i pumpbidragen ökar i Fas 3, vilket också ökar halterna vid AVA18 och KVA170. De nya halterna hamnar på 1,43–1,42 mg/l med en årlig masstransport på cirka 23,7 och 24,4 ton. Halter och masstransport minskar igen i Fas 4 och landar på cirka 0,41–0,40 mg/l och 10,4–0,9 ton/år.



Figur 5.5 Nitratkoncentration och masstransport för olika scenarion och mätpunkter
 Vänster: Nitratkoncentration (mg/l) för samtliga faser (Fas, 1, Fas 2, Fas 3 och Fas 4). Figuren visar årsmedel som en punkt för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått), samt koncentrationsvariationen över året i grått. Höger: Beräknad masstransport av nitrat för samtliga faser (Fas, 1, Fas 2, Fas 3 och Fas 4). Figuren inkluderar normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Enheten är ton/år.

5.2.4 Sulfat (SO₄)

Sulfatkoncentrationer och masstransport för olika faser och typår presenteras i Figur 5.6. **Fe! Hittar inte referensälla..** Medelvärden presenteras för normalåret i Tabell 5.3 och Tabell 5.4 i avsnitt 5.3.

AVA14 (naturlig tillrinning): Representerar den naturliga tillrinningen i området. Under torrår minskar och under våtår ökar den naturliga tillrinningen. För ämnen som är kopplade till flödet, så som sulfat, förändras koncentrationen i och med att flödet ändras (se avsnitt 3.2). Vid högre flöden späds koncentrationen ut av snösmältning eller nederbörd, vilket kan ha en påverkan på den resulterande koncentrationen i vattendraget. För sulfat minskar koncentrationen vid höga flöden. Masstransporten för alla ämnen varierar med flödet och är som lägst under torråret.

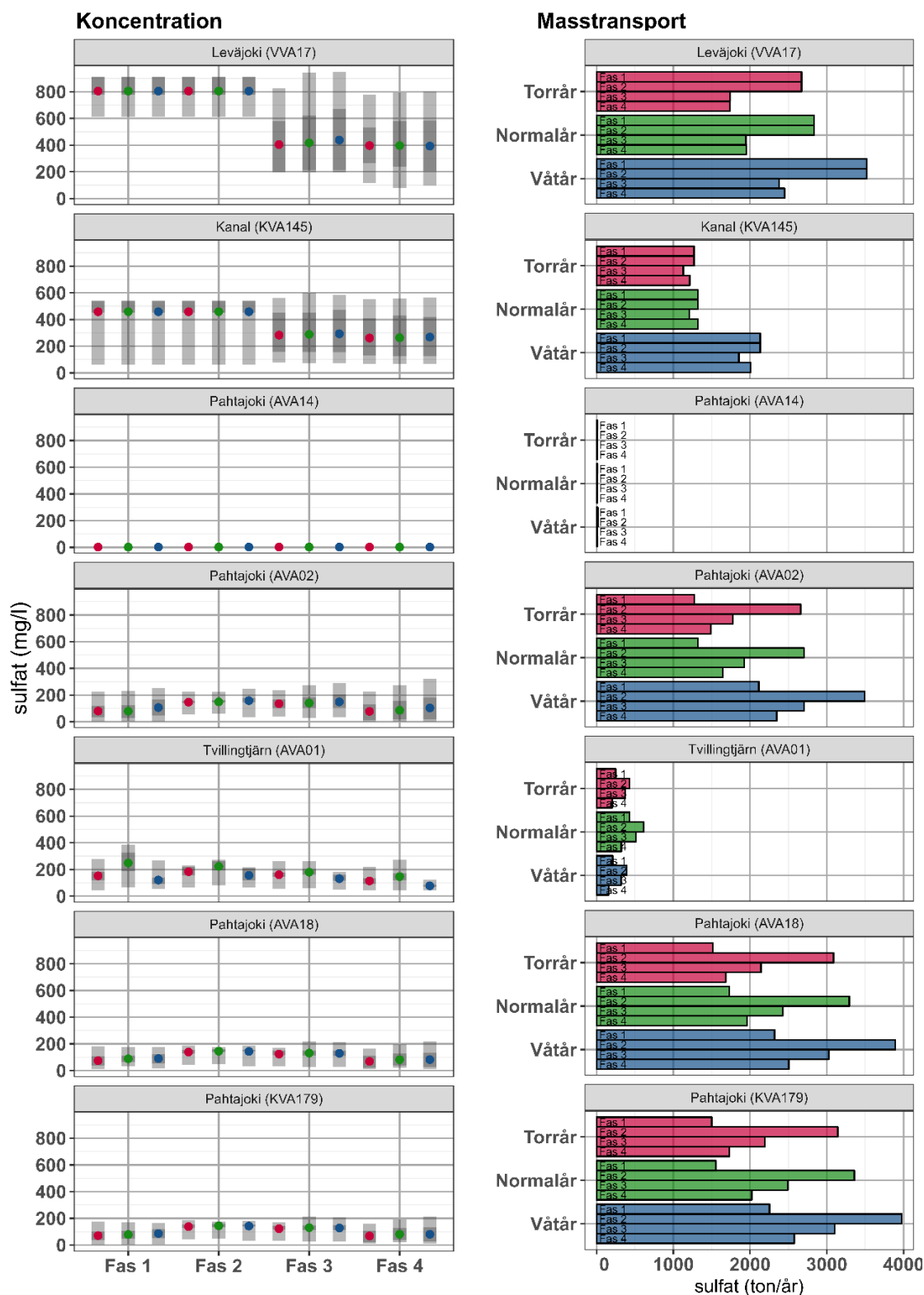
VVA17 och KVA145 (Luossajärvi utlopp): KVA145 är en provpunkt vid utloppet Luossajärvi till kanalen mot Pahtajoki. Under Fas 1 är denna baserad på observationer och koncentrationer varierar inte med typåren, däremot varierar masstransporten med flödet, med lägst transport under torråret. Medelkoncentrationen vid utloppet ligger på 459 mg/l med en årlig masstransport på 1320 ton. Tillrinning till Luossajärvi är oförändrad i Fas 2, vilket resulterar till att medelkoncentrationen och masstransporten vid KVA145 är samma som i Fas 1. I Fas 3 förändras tillrinningen till VVA17 som bidrar med vatten till sjön. Bland annat försvinner bidraget från AVA17, den naturliga tillrinningen minskar och ett nytt pumpbidrag tillkommer. Vid KVA145 landar medelkoncentrationen på 289 mg/l med en masstransport på 1207 ton/år. I Fas 4 förändras pumphalterna och pumpflödet. Medelkoncentration vid utloppet landar på 264 mg/l med en masstransport på 1321 ton/år.

AVA01 (Tvillingtjärnsystemet): Provpunkt i Tvillingtjärnsystemet som får vatten via området uppströms AVA15, läckage från Luossajärvi och den naturliga tillrinningen i området. I Fas 1 är koncentrationen vid AVA15 en viktig faktor och skillnader i typår beror främst på mer eller mindre utspädning från den naturliga tillrinningen och inverkan från Tvillingtjärnsjöarna (avsnitt 4.3). Medelkoncentrationen ligger på 249 mg/l med en masstransport på 430,3 ton/år. I Fas 2 får området ett pumpbidrag med sulfathalter på 193 mg/l. Pumpbidraget sänker medelhalterna vid AVA01 till cirka 223 mg/l medan masstransporten ökar till cirka 611,5 ton/år. I Fas 3, ändras den naturliga tillrinningen, koncentrationen från Luossajärvidraget samt flödet från pumpbidraget. Ändringarna resulterar i en årlig medelkoncentration vid AVA01 på 179 mg/l och en masstransport på 511 ton/år. I Fas 4 varierar halterna och flödet från pumpbidraget. Medelhalterna från pumpbidraget ligger på 68,0 mg/l vilket minskar medelhalterna vid AVA01 till cirka 146 mg/l med en masstransport på 322,0 ton/år.

AVA02 (Pahtajoki nedströms kanalen): Här är koncentrationen i Luossajärvi en viktig faktor, representerad av mätstation KVA145 och skillnader i typår beror främst på mer eller mindre utspädning från den naturliga tillrinningen. I Fas 1 ligger medelkoncentrationen på 79,2 mg/l med en masstransport på cirka 1319 ton/år. I Fas 2 får AVA02 ett pumpbidrag med sulfathalter på 193 mg/l. Detta ökar koncentrationen vid AVA02 till 149 mg/l och en masstransport på 2703 ton/år. I Fas 3 förblir halterna i pumpbidraget desamma, men sjökoncentrationen ändras. Dock blir den resulterande koncentrationen vid AVA02 lika Fas 2 och hamnar på 140 mg/l med en masstransport på cirka 1925 ton/år. I Fas 4 ändras halterna från sjöbidraget och i pumpflödet till kanalen. Pumpflödet i kanalen beskrivs av tidvarierande halter med en medelkoncentration på 126 mg/l. Detta medför en sänkt koncentration vid AVA02 som landar på 86,0 mg/l och en masstransport på cirka 1643 ton.

AVA18 och KVA179: AVA18 och KVA179 påverkas av bidrag från AVA01 och AVA02 samt naturlig tillrinning. I Fas 1 ligger sulfathalterna på 88,3 och 78,2 mg/l och en masstransport på 1728 och 1555 ton/år. Halterna ökar i Fas 2 till 145–144 mg/l med en masstransport på cirka 3293 och 3359 ton/år på grund av nya pumpbidrag uppströms. Halterna är relativt lika i Fas 3, 131 och 130 mg/l med en masstransport på 2428 och 2493

ton/år. Halter och masstransport minskar igen i Fas 4 och landar på cirka 81,7 och 80,3 mg/l och 1961–2021 ton/år.



Figur 5.6 Sulfatkoncentration och masstransport för olika scenarion och mätpunkter
 Vänster: Sulfatkoncentration (mg/l) för samtliga faser (Fas, 1, Fas 2, Fas 3 och Fas 4). Figuren visar årsmedel som en punkt för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått), samt koncentrationsvariationen över året i grått. Höger: Beräknad masstransport av sulfat för samtliga faser (Fas, 1, Fas 2, Fas 3 och Fas 4). Figuren inkluderar normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Enheten är ton/år.

5.2.5 Uran (U)

Urankoncentrationer och masstransport för olika faser och typår presenteras i Figur 5.7. Medelvärden presenteras för normalåret i Tabell 5.3 och Tabell 5.4 i avsnitt 5.3.

AVA14 (naturlig tillrinning): Representerar den naturliga tillrinningen i området. Under torrår minskar och under våtår ökar den naturliga tillrinningen. För ämnen som är kopplade till flödet, så som uran, förändras koncentrationen i och med att flödet ändras (se avsnitt 3.2). Vid högre flöden späds koncentrationen ut av snösmältning eller nederbörd, vilket kan ha en påverkan på den resulterande koncentrationen i vattendraget. För uran minskar koncentrationen vid höga flöden. Dock endast en liten skillnad i koncentration mellan typåren. Masstransporten för alla ämnen varierar med flödet och är som lägst under torråret.

VVA17 och KVA145 (Luossajärvi utlopp): KVA145 är en provpunkt vid utloppet Luossajärvi till kanalen mot Pahtajoki. Under Fas 1 är denna baserad på observationer och koncentrationer varierar inte med typåren, däremot varierar masstransporten med flödet, med lägst transport under torråret. Medelkoncentrationen vid utloppet ligger på 13,9 µg/l med en masstransport på 39,9 kg/år. Tillrinning till Luossajärvi är oförändrad i Fas 2, vilket resulterar till att medelkoncentrationen och masstransporten vid KVA145 är samma som i Fas 1. I Fas 3 förändras tillrinningen till KVA145. Bland annat ändras bidraget via VVA17. VVA17 får nytt pumpbidrag och bidraget via AVA17 antas försvinna, vilket gör att medelkoncentrationen i sjön sjunker och medelkoncentrationen vid KVA145 landar på 5,75 µg/l med en masstransport på 26,1 kg/år. I Fas 4 förändras halterna något och medelkoncentration vid utloppet landar på 5,98 µg/l med en masstransport på 29,3 kg/år.

AVA01 (Tvillingtjärnsystemet): Provpunkt i Tvillingtjärnsystemet som får vatten via området uppströms AVA15, läckage från Luossajärvi och den naturliga tillrinningen i området. I Fas 1 är koncentrationen vid AVA15 en viktig faktor och skillnader i typår beror främst på mer eller mindre utspädning från den naturliga tillrinningen och inverkan från Tvillingtjärnsjöarna (avsnitt 4.3). Medelkoncentrationen ligger på cirka 10 µg/l med en masstransport på 19,0 kg/år. I Fas 2 får området ett pumpbidrag med uranhalter på 1,25 µg/l. Pumpbidraget sänker medelhalterna vid AVA01 till 7,02 µg/l medan masstransporten ökar till 21,8 kg/år. I Fas 3, ändras den naturliga tillrinningen, koncentrationen från Luossajärvidbidraget samt flödet från pumpbidraget. Ändringarna resulterar i en medelkoncentration vid AVA01 på 3,98 µg/l och en masstransport på 13,3 kg/år. I Fas 4 varierar halterna och flödet från pumpbidraget. Medelhalterna från pumpbidraget ligger på 3,00 µg/l. Medelkoncentrationen vid AVA01 förblir 4,02 µg/l medan masstransporten minskar till cirka 9,04 kg/år.

AVA02 (Pahtajoki nedströms kanalen): Här är koncentrationen i Luossajärvi en viktig faktor, representerad av mätstation KVA145 och skillnader i typår beror främst på mer eller mindre utspädning från den naturliga tillrinningen. Trots nya pumpbidrag och koncentrationsförändringar i sjön Luossajärvi bibehålls en medelkoncentration mellan 0,95 och 1,25 µg/l. Bidragsförändringarna har större påverkan på masstransporten. I Fas 1 ligger masstransporten på 20,2 kg/år. Senare i Fas 2 får AVA02 ett pumpbidrag vilket ökar den årliga masstransporten till 24,2 kg. I Fas 3 minskar masstransporten till 16,2 kg/år och i Fas 4 landar masstransporten på 18,0 kg/år.

AVA18 och KVA179: AVA18 och KVA179 påverkas av bidrag från AVA01 och AVA02 samt naturlig tillrinning. I Fas 1 ligger uranhalterna på 2,33 och 2,18 µg/l och en masstransport på 41,2 och 40,4 kg/år. Halterna minskar i Fas 2 till 1,76 och 1,65 µg/l med en masstransport på 47,8 och 46,5 kg/år på grund av nya pumpbidrag uppströms. Halterna minskar i Fas 3 till 1,43 och 1,18 µg/l med en masstransport på 31,0 och 25,3 kg/år. Halter och masstransport minskar i Fas 4 och landar på 1,30 och 1,22 µg/l och 28,5 och 28 kg/år.



Figur 5.7 Urankoncentration och masstransport för olika scenarion och mätpunkter
 Vänster: Urankoncentration ($\mu\text{g/l}$) för samtliga faser (Fas 1, Fas 2, Fas 3 och Fas 4). Figuren visar årsmedel som en punkt för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått), samt koncentrationsvariationen över året i grått. Höger: Beräknad masstransport av uran för samtliga faser (Fas 1, Fas 2, Fas 3 och Fas 4). Figuren inkluderar normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Enheten är kg/år .

5.2.6 Zink (Zn)

Zinkkoncentrationer och masstransport för olika faser och typår presenteras i Figur 5.8. **Fe! Hittar inte referenskälla..** Medelvärden presenteras för normalåret i Tabell 5.3 och Tabell 5.4 i avsnitt 5.3.

AVA14 (naturlig tillrinning): Representerar den naturliga tillrinningen i området. Under torrår minskar och under våtår ökar den naturliga tillrinningen. Detta ämne kunde inte kopplas till flödet utan koncentrationen är ett säsongvarierande medel som baserad på observationer (se avsnitt 3.2). Detta innebär att koncentrationen inte ändras när flödet ändras, däremot ändras masstransporten. Vid högre flöden som våtåret sker mer masstransport, och vid lägre flöden sker mindre masstransport.

VVA17 och KVA145 (Luossajärvi utlopp): KVA145 är en provpunkt vid utloppet Luossajärvi till kanalen mot Pahtajoki. Under Fas 1 är denna baserad på observationer och koncentrationer varierar inte med typåren, däremot varierar masstransporten med flödet, med lägst transport under torråret. Medelkoncentrationen vid utloppet ligger på 5,01 µg/l med en årlig masstransport på 21,1 kg. Tillrinning till Luossajärvi är oförändrad i Fas 2, vilket resulterar till att medelkoncentrationen och masstransporten vid KVA145 är samma som i Fas 1. I Fas 3 förändras tillrinningen till KVA145 och ett nytt pumpbidrag tillkommer via VVA17. Medelkoncentrationen vid stationen KVA145 sjunker till 1,55 µg/l med en masstransport på 6,21 kg/år. I Fas 4 förändras halterna något och medelkoncentration vid utloppet landar på 3,20 µg/l med en masstransport på 18,3 kg/år.

AVA01 (Tvillingtjärnsystemet): Provpunkt i Tvillingtjärnsystemet som får vatten via området uppströms AVA15, läckage från Luossajärvi och den naturliga tillrinningen i området. I Fas 1 är koncentrationen vid AVA15 en viktig faktor och skillnader i typår beror främst på mer eller mindre utspädning från den naturliga tillrinningen och inverkan från Tvillingtjärnsjöarna (avsnitt 4.3). Medelkoncentrationen ligger på 35,8 µg/l med en masstransport på 78,7 kg/år. I Fas 2 får området ett pumpbidrag med zinkhalter på 2,50 µg/l. Pumpbidraget sänker medelhalterna vid AVA01 till 26,3 µg/l medan masstransporten ökar till 93,4 kg/år. I Fas 3, ändras den naturliga tillrinningen, koncentrationen från Luossajärvidraget samt flödet från pumpbidraget. Ändringarna resulterar i en medelkoncentration vid AVA01 på 16,4 µg/l och en masstransport på 59,1 kg/år. I Fas 4 varierar halterna och flödet från pumpbidraget. Medelhalterna från pumpbidraget ligger på 5,50 µg/l. Medelkoncentrationen vid AVA01 landar på cirka 13 µg/l medan masstransporten minskar till cirka 32,6 kg/år.

AVA02 (Pahtajoki nedströms kanalen): Här är koncentrationen i Luossajärvi en viktig faktor, representerad av mätstation KVA145 och skillnader i typår beror främst på mer eller mindre utspädning från den naturliga tillrinningen. Trots nya pumpbidrag och koncentrationsförändringar i sjön Luossajärvi bibehålls en medelkoncentration mellan 2,66 och 3,87 µg/l under alla faser. Bidragsförändringarna har större påverkan på masstransporten. I Fas 1 ligger masstransporten på 44,9 kg/år. Senare i Fas 2 får AVA02 ett pumpbidrag vilket ökar den årliga masstransporten till 58,9 kg. I Fas 3 minskar masstransporten till 45,8 kg/år och i Fas 4 ökar masstransporten till 61,3 kg/år.

AVA18 och KVA179: AVA18 och KVA179 påverkas av bidrag från AVA01 och AVA02 samt naturlig tillrinning. AVA01 påverkas mest och styr därför påverkan på nedströms mätpunkter. I Fas 1 ligger zinkhalterna på 7,16–7,10 µg/l och en masstransport på 127–132 kg/år. Halterna minskar i Fas 2 till cirka 5,25–5,23 µg/l med en masstransport på 152–158 kg/år på grund av nya pumpbidrag uppströms. Halterna minskar i Fas 3 till 4,60–4,59 µg/l med en masstransport på 108–114 kg/år. Halter och masstransport minskar i Fas 4 och landar på 4,80–4,78 µg/l och 98,9–104 kg/år.



Figur 5.8 Zinkkoncentration och masstransport för olika scenarion och mätpunkter
 Vänster: Zinkkoncentration (µg/l) för samtliga faser (Fas 1, Fas 2, Fas 3 och Fas 4). Figuren visar årsmedel som en punkt för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått), samt koncentrationsvariationen över året i grått. Höger: Beräknad masstransport av zink för samtliga faser (Fas 1, Fas 2, Fas 3 och Fas 4). Figuren inkluderar normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Enheten är kg/år.

5.2.7 Xantat (Xn)

Xantatkoncentrationer och masstransport för olika faser och typår presenteras i Figur 5.9 Figur 5.9 och **Fel! Hittar inte referensälla..** Medelvärden presenteras för normalåret i Tabell 5.3 och Tabell 5.4 i avsnitt 5.3.

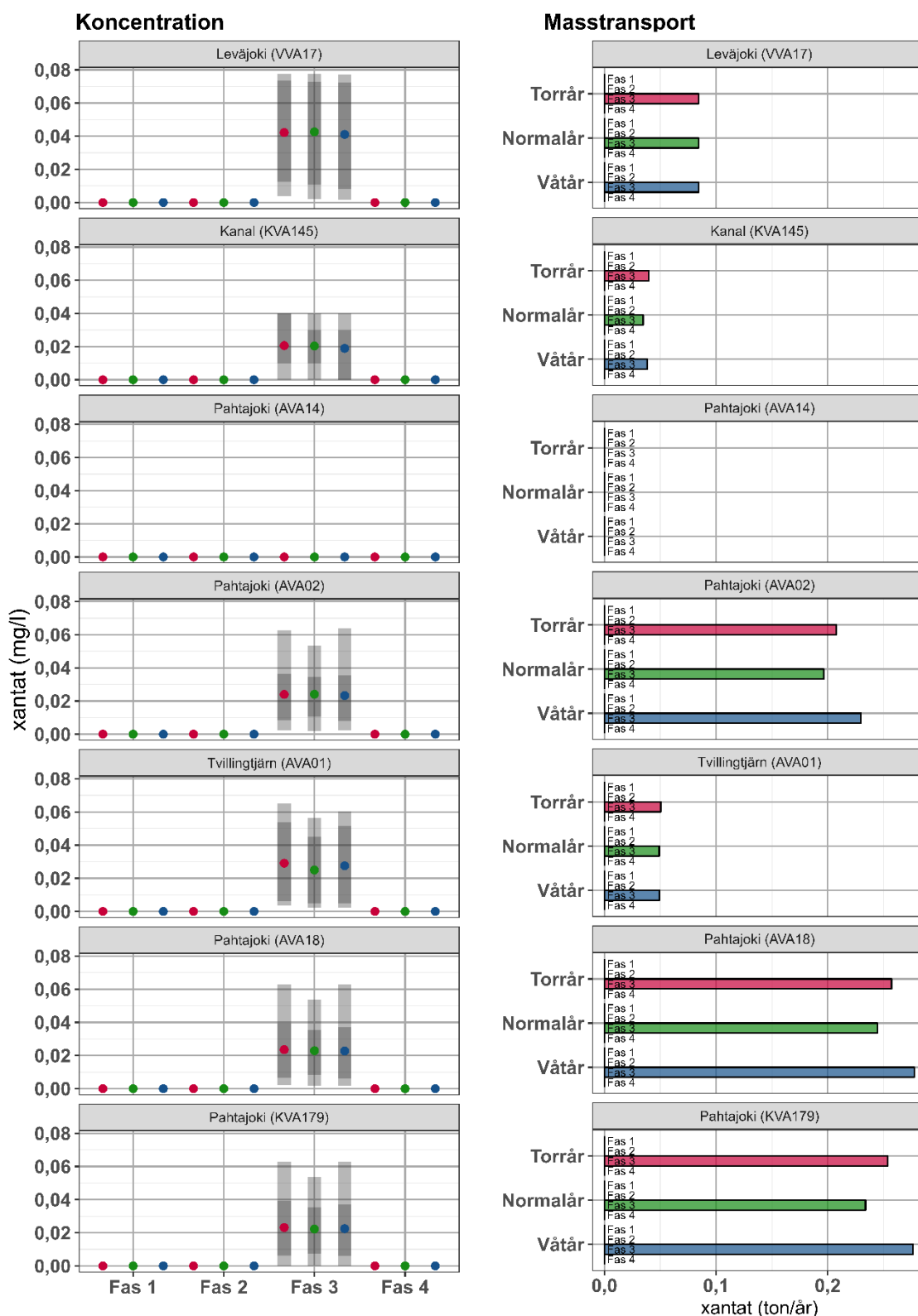
AVA14 (naturlig tillrinning): Koncentrationen antas vara 0,0 mg/l i den naturliga tillrinningen i alla Faser.

VVA17 och KVA145 (Luossajärvi utlopp): Xantat kommer endast via ett pumpbidrag som passerar VVA17 i Fas 3. Halten vid utloppet KVA145 blir 0,02 mg/l vilket motsvarar en årlig masstransport på 0,04 ton.

AVA01 (Tvillingjärnsystemet): Xantat kommer endast via pumpbidrag till Tvillingjärnsystemet samt via bidraget från Luossajärvi i Fas 3. Halten vid AVA01 blir 0,03 mg/l vilket motsvarar en masstransport på 0,05 ton/år.

AVA02: Xantat kommer endast via bidrag från pump till sjön Luossajärvi och via ett pumpbidrag till kanalen i Fas 3. Halten vid AVA02 blir 0,02 mg/l vilket motsvarar en årlig masstransport på 0,20 ton.

AVA18 och KVA179: AVA18 och KVA179 får en blandning av vatten från områdena representerade av AVA01 (Tvillingjärnsystemet) och AVA02 (Pahtajoki) samt naturlig tillrinning. Dessa får Endast bidrag av xantat från pumpbidrag under Fas 3. Halten vid KVA179 blir 0,02 mg/l vilket motsvarar en masstransport på 0,23 ton/år.



Figur 5.9 Xantatkonzentration och masstransport för olika scenarion och mätpunkter

Vänster: Xantatkonzentration (mg/l) för samtliga faser (Fas, 1, Fas 2, Fas 3 och Fas 4). Figuren visar årsmedel som en punkt för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått), samt koncentrationsvariationen över året i grått. Höger: Beräknad masstransport av xantat för samtliga faser (Fas, 1, Fas 2, Fas 3 och Fas 4). Figuren inkluderar normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Enheten är ton/år.

5.3 Sammanfattande resultat

Här sammanställs normalårets medelkoncentrationer och årlig masstransport för samtliga ämnen och faser i Tabell 5.3 och Tabell 5.4. I Tabell 5.3 visar också halterna i pumpbidrag till olika områden. Notera att halter och masstransport har olika enheter beroende på ämne. Till exempel beskrivs uranhalten i $\mu\text{g/l}$ medan sulfathalten beskrivs i mg/l . Halter i pumpbidrag är främst beskrivna med konstanta koncentrationer. De tillfällen då de beskrivs med tidsvarierande halter så återfinns medelhalten i tabellen och markeras med *. En del faser och halter har en renad och orenad halt.

Den orenade halten appliceras på den andel vatten som överstiger reningskapaciteten $1000 \text{ m}^3/\text{hr}$. Orenat vatten släpps endast i kanalen och påverkar därför endast provpunkter nedströms KVA145. Dessa inkluderar AVA02, AVA18 och KVA179. Renade och orenade halter separeras med / i årsmedelkoncentrationstabellen.

Observera även att i Fas 3 och Fas 4 är de resulterade halterna i Luossajärvi (representerad av KVA145) inte enbart beroende på halterna från pumpbidrag. Luossajärvi påverkas även av förändrade halter vid VVA17. Haltförändringarna beror på att bidraget från delområdet representerat av AVA17 antas försvinna i Fas 3 och Fas 4.

Tabell 5.3 Årsmedelkoncentrationer för olika faser

Halter vid olika mätpunkter för olika faser, inkluderat koppar, nickel, nitrat, sulfat, uran och zink. I tabellen visas årsmedelhalter för normalåret. Tabellen inkluderar också pumpkoncentrationer som referens.

	Fas 1	Fas 2	Fas 3	Fas 4	Fas 1	Fas 2	Fas 3	Fas 4
	Cu (µg/l)				Ni (µg/l)			
Luossajärvi								
Pump till sjö	(-)	(-)	1,00	4,00	(-)	(-)	0,50	6,51*
VVA17	1,17	1,17	1,13	2,55	2,84	2,84	1,42	1,42
KVA145	2,23	2,23	1,17	1,36	1,09	1,09	0,51	1,81
Tvillingtjärn								
Pump	(-)	2,00	1,00	1,50	(-)	2,00	0,50	4,83*
AVA01	0,91	1,04	0,56	0,61	4,35	3,48	1,91	2,60
Pahtajoki								
AVA14	0,86	0,85	0,79	0,83	0,26	0,26	0,26	0,26
Pump kanal	(-)	2,00	1,0/23	1,50	(-)	2,00	0,50/13	8,00*
AVA02	0,93	1,01	0,78	0,84	0,37	1,05	0,46	1,50
AVA18	0,89	0,55	0,48	0,74	0,89	1,26	0,65	1,51
KVA179	0,90	0,57	0,50	0,76	0,81	1,25	0,65	1,49
	NO ₃ (mg/l)				SO ₄ (mg/l)			
Luossajärvi								
Pump till sjö	(-)	(-)	4,99*	0,00	(-)	(-)	193	120*
VVA17	15,1	15,1	9,28	6,95	805	805	417	397
KVA145	4,79	4,79	4,40	2,84	459	459	289	264
Tvillingtjärn								
Pump	(-)	0,00	4,99*	0,00	(-)	193	193	68,2*
AVA01	0,69	0,42	1,02	0,40	249	223	179	146
Pahtajoki								
AVA14	0,09	0,09	0,09	0,09	1,89	1,92	2,08	1,97
Pump kanal	(-)	0,00	4,99*	0,00	(-)	193	193	126*
AVA02	0,72	0,42	2,14	0,58	79,2	149	140	86,0
AVA18	0,53	0,32	1,43	0,41	88,3	145	131	81,7
KVA179	0,46	0,31	1,42	0,40	78,2	144	130	80,3
	U (µg/l)				Zn (µg/l)			
Luossajärvi								
Pump till sjö	(-)	(-)	1,00	2,01*	(-)	(-)	1,25	9,17*
VVA17	23,7	23,7	7,72	8,94	17,5	17,5	2,68	7,00
KVA145	13,9	13,9	5,75	5,98	5,01	5,01	1,55	3,20
Tvillingtjärn								
Pump	(-)	1,25	1,00	0,53*	(-)	2,50	1,25	5,58*
AVA01	10,0	7,02	3,98	4,02	35,8	26,3	16,4	12,6
Pahtajoki								
AVA14	0,08	0,08	0,09	0,08	2,72	2,72	2,72	2,72
Pump kanal	(-)	1,25	1,0/9,4	2,96*	(-)	2,50	1,25/82	10,5*
AVA02	1,25	1,06	1,00	0,95	3,08	2,66	2,82	3,87
AVA18	2,33	1,76	1,43	1,30	7,16	5,25	4,60	4,80
KVA179	2,18	1,65	1,18	1,22	7,10	5,23	4,59	4,78

	Fas 1	Fas 2	Fas 3	Fas 4	Fas 1	Fas 2	Fas 3	Fas 4
	Xn (mg/l)							
Luossajärvi								
Pump till sjö	(-)	(-)	0,06*	0,00				
VVA17	0,00	0,00	0,04	0,00				
KVA145	0,00	0,00	0,02	0,00				
Tvillingtjärn								
Pump	(-)	0,00	0,06*	0,00				
AVA01	0,00	0,00	0,03	0,00				
Pahtajoki								
AVA14	0,00	0,00	0,00	0,00				
Pump kanal	(-)	0,00	0,06*	0,00				
AVA02	0,00	0,00	0,02	0,00				
AVA18	0,00	0,00	0,02	0,00				
KVA179	0,00	0,00	0,02	0,00				

*Tidsvarierande halter

Tabell 5.4 Masstransport för olika faser

Masstransport vid olika mätpunkter för olika faser, inkluderat koppar, nickel, nitrat, sulfat, uran och zink. I tabellen visas årlig masstransport för normalåret.

	Fas 1	Fas 2	Fas 3	Fas 4	Fas 1	Fas 2	Fas 3	Fas 4
	Cu (kg)				Ni (kg)			
Luossajärvi								
VVA17	4,42	4,42	4,18	10,3	9,13	9,13	6,54	8,54
KVA145	9,25	9,25	4,30	7,90	5,50	5,50	2,63	12,6
Tvillingtjärn								
AVA01	2,01	3,16	1,67	1,52	9,69	12,0	6,86	7,32
Pahtajoki								
AVA14	9,51	8,59	5,77	7,72	2,29	2,11	1,50	1,92
AVA02	15,5	21,8	13,4	14,3	6,88	18,4	7,61	27,9
AVA18	22,5	22,1	17,2	19,3	17,5	30,6	15,4	36,1
KVA179	24,6	24,2	19,2	21,3	16,2	31,5	16,1	37,3
	NO ₃ (ton)				SO ₄ (ton)			
Luossajärvi								
VVA17	51,3	51,3	44,4	36,9	2833	2833	1946	1953
KVA145	14,9	14,9	15,8	13,0	1320	1320	1207	1321
Tvillingtjärn								
AVA01	1,21	1,21	2,52	0,81	430,3	611,5	510,5	322,0
Pahtajoki								
AVA14	0,85	0,78	0,55	0,71	13,57	12,76	9,594	11,73
AVA02	12,0	11,6	24,9	10,5	1319	2703	1925	1643
AVA18	12,1	11,6	23,7	10,4	1728	3293	2428	1961
KVA179	11,0	12,0	24,4	10,9	1555	3359	2493	2021
	U (kg)				Zn (kg)			
Luossajärvi								
VVA17	69,4	69,4	46,3	48,7	53,6	53,6	11,7	29,3
KVA145	39,9	39,9	26,1	29,3	21,1	21,1	6,21	17,6
Tvillingtjärn								
AVA01	19,0	21,8	13,3	9,04	78,7	93,4	59,1	32,6
Pahtajoki								
AVA14	0,49	0,47	0,36	0,44	21,9	20,3	14,3	18,3
AVA02	20,2	24,2	16,2	18,0	44,9	58,9	45,8	61,3
AVA18	41,2	47,8	31,0	28,5	127	152	108	98,9
KVA179	40,4	46,5	25,3	28,0	132	158	114	104
	Xn (ton)							
Luossajärvi								
VVA17	0,00	0,00	0,08	0,00				
KVA145	0,00	0,00	0,04	0,00				
Tvillingtjärn								
AVA01	0,00	0,00	0,05	0,00				
Pahtajoki								
AVA14	0,00	0,00	0,00	0,00				
AVA02	0,00	0,00	0,20	0,00				
AVA18	0,00	0,00	0,25	0,00				
KVA179	0,00	0,00	0,23	0,00				

5.4 Andelsberäkningar

Påverkan från Viscarias verksamhetsområde på vattenkvaliteten bedöms genom att beräkna andelen av transporten som beror på vatten som rinner från Viscaria vid olika mätpunkter i förhållande till källor från övriga verksamheter. Källorna av de olika ämnen från Viscaria kommer från utflödena till Luossajärvi, Tvillingtjärnsystemet och kanalen. Bidraget från Viscaria via Luossajärvi bedöms genom att beräkna andelarna från Viscaria vid VVA17. Samma andel antas på utgående transport från sjön Luossajärvi. Denna metod är konservativ eftersom den inte tar hänsyn till den ytterligare transporten från den lokala avrinningen till sjön.

Tabell 5.5 till Tabell 5.12 visar det årliga bidraget från Viscaria, som en procentandel, för de olika mätpunkterna, faserna och typåren, samt det genomsnittliga månatliga bidraget för varje punkt och fas för ett normalår.

Tabell 5.5 Andelsberäkningar - årsmedel

Andel av transport som Viscaria ansvarar för. Tabellen visar årsmedel per typår i (%).

	Cu (%)			Ni (%)		
	Fas 2	Fas 3	Fas4	Fas 2	Fas 3	Fas 4
Torrår						
Luossajärvi						
VVA17	0	65	78	0	53	79
Kanal	78	70	65	85	69	81
Tvillingtjärn						
AVA01	64	73	48	25	17	33
Pahtajoki						
AVA14	0	0	0	0	0	0
AVA02	57	36	16	81	49	52
AVA18	33	25	5	69	36	45
KVA179	33	25	4	68	35	44
Normalår						
Luossajärvi						
VVA17	0	64	79	0	52	81
Kanal	79	74	70	86	75	84
Tvillingtjärn						
AVA01	49	58	38	24	17	33
Pahtajoki						
AVA14	0	0	0	0	0	0
AVA02	59	38	19	83	55	59
AVA18	32	23	6	69	39	48
KVA179	31	23	6	68	38	47
Våtår						
Luossajärvi						
VVA17	0	63	81	0	52	82
Kanal	71	74	66	80	77	81
Tvillingtjärn						
AVA01	68	76	58	21	14	34
Pahtajoki						
AVA14	0	0	0	0	0	0
AVA02	50	37	19	75	58	58
AVA18	32	28	6	63	42	48
KVA179	31	27	5	63	41	47

Tabell 5.6 Andelsberäkningar - årsmedel

Andel av transport som Viscaria ansvarar för. Tabellen visar årsmedel per typår i (%).

	NO ₃ (%)			SO ₄ (%)		
	Fas 2	Fas 3	Fas4	Fas 2	Fas 3	Fas 4
Torrår						
Luossajärvi						
VVA17	0	51	0	0	49	20
Kanal	0	68	0	69	61	42
Tvillingtjärn						
AVA01	0	78	0	48	69	23
Pahtajoki						
AVA14	0	0	0	0	0	0
AVA02	0	67	0	73	61	31
AVA18	0	70	0	69	63	26
KVA179	0	69	0	69	62	26
Normalår						
Luossajärvi						
VVA17	0	50	0	0	48	22
Kanal	0	69	0	70	62	49
Tvillingtjärn						
AVA01	0	69	0	33	53	18
Pahtajoki						
AVA14	0	0	0	0	0	0
AVA02	0	68	0	73	62	38
AVA18	0	68	0	66	60	25
KVA179	0	67	0	66	59	25
Våtår						
Luossajärvi						
VVA17	0	50	0	0	48	23
Kanal	0	67	0	61	59	43
Tvillingtjärn						
AVA01	0	85	0	52	75	32
Pahtajoki						
AVA14	0	0	0	0	0	0
AVA02	0	66	0	63	59	35
AVA18	0	69	0	62	61	29
KVA179	0	68	0	61	61	29

Tabell 5.7 Andelsberäkningar - årsmedel

Andel av transport som Viscaria ansvarar för. Tabellen visar årsmedel per typår i (%).

	U (%)			Zn (%)		
	Fas 2	Fas 3	Fas4	Fas 2	Fas 3	Fas 4
Torrår						
Luossajärvi						
VVA17	0	31	18	0	49	65
Kanal	46	32	45	72	67	74
Tvillingtjärn						
AVA01	10	20	7	3	4	7
Pahtajoki						
AVA14	0	0	0	0	0	0
AVA02	45	30	25	55	32	30
AVA18	35	27	19	19	13	17
KVA179	34	27	19	19	13	16
Normalår						
Luossajärvi						
VVA17	0	29	19	0	48	67
Kanal	48	35	49	74	73	78
Tvillingtjärn						
AVA01	7	17	6	3	4	9
Pahtajoki						
AVA14	0	0	0	0	0	0
AVA02	47	33	29	57	39	32
AVA18	32	28	18	20	16	19
KVA179	31	28	18	19	16	18
Våtår						
Luossajärvi						
VVA17	0	31	21	0	49	71
Kanal	40	36	47	65	77	74
Tvillingtjärn						
AVA01	9	18	9	2	3	7
Pahtajoki						
AVA14	0	0	0	0	0	0
AVA02	39	34	30	47	45	33
AVA18	30	30	24	16	19	18
KVA179	30	29	23	16	19	18

Tabell 5.8 Andelsberäkningar - årsmedel

Andel av transport som Viscaria ansvarar för. Tabellen visar årsmedel per typår i (%).

	Xn (%)			
	Fas 2	Fas 3	Fas4	
Torrår				
Luossajärvi				
VVA17	-	100	-	
Kanal	-	100	-	
Tvillingtjärn				
AVA01	-	100	-	
Pahtajoki				
AVA14	-	100	-	
AVA02	-	100	-	
AVA18	-	100	-	
KVA179	-	100	-	
Normalår				
Luossajärvi				
VVA17	-	100	-	
Kanal	-	100	-	
Tvillingtjärn				
AVA01	-	100	-	
Pahtajoki				
AVA14	-	100	-	
AVA02	-	100	-	
AVA18	-	100	-	
KVA179	-	100	-	
Våtår				
Luossajärvi				
VVA17	-	100	-	
Kanal	-	100	-	
Tvillingtjärn				
AVA01	-	100	-	
Pahtajoki				
AVA14	-	100	-	
AVA02	-	100	-	
AVA18	-	100	-	
KVA179	-	100	-	

Tabell 5.9 Andelsberäkningar - månadsmedel

Andel av transport som Viscaria ansvarar för. Tabellen visar månadsmedel för normalåret i (%).

Koppar (%)	Fas 2							Fas 3							Fas 4						
	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179
Oktober	0	57	37	0	39	11	10	37	57	40	0	31	7	6	64	43	26	0	17	4	3
November	0	88	60	0	65	27	26	85	74	72	0	38	14	13	81	50	21	0	7	2	2
December	0	94	60	0	74	36	36	92	80	70	0	41	17	17	88	75	29	0	10	3	3
Januari	0	96	71	0	78	43	42	96	81	82	0	40	21	20	87	95	14	0	2	1	1
Februari	0	99	69	0	83	66	66	98	84	80	0	42	54	54	90	99	18	0	5	2	2
Mars	0	100	76	0	87	84	84	99	87	88	0	48	71	71	98	100	65	0	19	9	9
April	0	98	67	0	81	59	59	92	87	85	0	50	48	48	95	98	84	0	33	21	21
Maj	0	50	24	0	34	10	9	39	61	33	0	29	11	10	68	57	46	0	23	7	6
Juni	0	62	26	0	39	9	8	34	82	34	0	42	11	10	81	63	48	0	35	9	8
Juli	0	78	33	0	45	11	10	36	69	40	0	32	8	7	72	59	42	0	28	8	7
Augusti	0	47	28	0	27	6	6	20	58	27	0	24	5	4	60	48	32	0	21	4	4
September	0	74	40	0	56	20	19	42	65	46	0	38	11	10	63	50	30	0	22	8	7
Nickel (%)	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179
Oktober	0	76	12	0	70	49	48	23	59	5	0	46	26	25	73	70	24	0	60	46	45
November	0	94	23	0	93	76	76	67	75	12	0	52	27	27	82	81	10	0	54	32	32
December	0	97	30	0	98	86	86	81	84	18	0	57	36	36	86	93	22	0	58	42	42
Januari	0	98	39	0	99	93	93	90	85	28	0	55	43	43	84	99	4	0	27	16	16
Februari	0	99	40	0	99	96	96	94	88	30	0	58	51	51	90	100	17	0	32	24	24
Mars	0	100	46	0	99	99	99	97	91	38	0	62	62	62	97	100	59	0	72	66	66
April	0	99	43	0	96	94	94	84	87	41	0	62	61	61	94	99	87	0	83	82	81
Maj	0	53	15	0	51	41	40	18	53	14	0	47	41	39	56	72	46	0	64	57	55
Juni	0	75	11	0	68	45	43	13	82	5	0	73	48	46	83	73	37	0	68	58	55
Juli	0	90	12	0	80	54	52	21	70	5	0	52	28	27	80	78	35	0	68	55	54
Augusti	0	68	7	0	57	35	33	10	61	3	0	46	25	24	67	70	29	0	61	50	49
September	0	88	13	0	84	59	58	24	62	6	0	48	23	22	73	76	26	0	66	49	48

Tabell 5.10 Andelsberäkningar - månadsmedel

Andel av transport som Viscaria ansvarar för. Tabellen visar månadsmedel för normalåret i (%).

Nitrat (%)	Fas 2							Fas 3							Fas 4							
	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	
Oktober	0	0	0	0	0	0	0	26	52	59	0	52	53	51	0	0	0	0	0	0	0	0
November	0	0	0	0	0	0	0	65	79	97	0	78	82	81	0	0	0	0	0	0	0	0
December	0	0	0	0	0	0	0	77	84	87	0	83	84	83	0	0	0	0	0	0	0	0
Januari	0	0	0	0	0	0	0	86	85	96	0	83	87	87	0	0	0	0	0	0	0	0
Februari	0	0	0	0	0	0	0	91	87	93	0	86	88	88	0	0	0	0	0	0	0	0
Mars	0	0	0	0	0	0	0	94	90	97	0	89	92	92	0	0	0	0	0	0	0	0
April	0	0	0	0	0	0	0	82	86	92	0	84	87	87	0	0	0	0	0	0	0	0
Maj	0	0	0	0	0	0	0	21	75	40	0	70	56	54	0	0	0	0	0	0	0	0
Juni	0	0	0	0	0	0	0	12	52	53	0	51	49	47	0	0	0	0	0	0	0	0
Juli	0	0	0	0	0	0	0	17	54	32	0	54	48	46	0	0	0	0	0	0	0	0
Augusti	0	0	0	0	0	0	0	8	31	30	0	31	30	29	0	0	0	0	0	0	0	0
September	0	0	0	0	0	0	0	23	57	52	0	57	55	55	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfat (%)	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	
Oktober	0	40	25	0	42	39	38	20	36	32	0	36	36	35	10	14	7	0	14	12	12	
November	0	75	36	0	80	71	71	57	68	52	0	68	63	62	13	22	5	0	21	13	13	
December	0	86	35	0	92	80	79	72	78	65	0	77	73	73	18	47	6	0	42	19	19	
Januari	0	91	43	0	98	87	87	82	80	83	0	79	80	80	14	85	1	0	41	7	7	
Februari	0	97	44	0	99	93	93	89	84	82	0	83	83	83	24	96	6	0	46	17	17	
Mars	0	100	50	0	99	98	98	93	88	90	0	88	89	89	52	100	26	0	79	47	47	
April	0	98	46	0	97	94	94	82	83	91	0	82	85	85	53	95	62	0	84	69	69	
Maj	0	55	21	0	57	49	48	23	62	30	0	62	55	53	16	45	27	0	44	39	38	
Juni	0	48	23	0	50	45	43	11	44	32	0	45	42	40	23	24	35	0	24	24	23	
Juli	0	63	24	0	66	56	55	19	49	30	0	49	45	44	20	28	17	0	28	26	25	
Augusti	0	30	20	0	32	30	29	9	26	21	0	26	25	25	10	15	11	0	15	15	14	
September	0	59	27	0	63	56	55	20	45	30	0	45	41	41	11	17	9	0	17	16	16	

Tabell 5.11 Andelsberäkningar - månadsmedel

Andel av transport som Viscaria ansvarar för. Tabellen visar månadsmedel för normalåret i (%).

Uran (%)	Fas 2							Fas 3							Fas 4						
	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179
Oktober	0	14	4	0	13	11	11	6	13	5	0	13	11	11	6	14	2	0	14	11	11
November	0	40	6	0	40	28	28	23	29	10	0	28	19	19	10	28	2	0	24	12	12
December	0	58	8	0	57	37	37	38	41	16	0	38	28	27	18	53	2	0	37	14	14
Januari	0	69	10	0	68	46	46	55	42	26	0	38	34	33	21	92	2	0	30	9	9
Februari	0	89	11	0	88	55	55	70	51	30	0	45	40	40	33	99	3	0	31	12	12
Mars	0	100	13	0	99	65	65	82	70	41	0	62	57	57	54	100	9	0	49	26	26
April	0	97	13	0	95	61	61	55	48	49	0	46	47	47	42	93	27	0	56	41	41
Maj	0	37	4	0	35	21	21	6	55	10	0	52	40	39	10	38	5	0	34	24	23
Juni	0	17	3	0	16	12	12	3	28	5	0	28	21	21	8	19	6	0	19	17	16
Juli	0	27	4	0	26	17	17	5	21	6	0	21	16	15	13	27	6	0	27	23	22
Augusti	0	9	3	0	9	7	7	2	10	3	0	10	9	8	6	14	3	0	14	13	12
September	0	25	4	0	25	18	17	6	16	5	0	15	12	12	6	16	2	0	16	13	13
Zink (%)	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179
Oktober	0	50	1	0	36	8	8	17	57	1	0	37	12	11	49	56	3	0	32	14	14
November	0	82	2	0	61	16	16	56	64	2	0	28	6	6	63	67	2	0	19	6	6
December	0	90	3	0	71	23	23	72	76	3	0	30	9	9	72	86	4	0	23	10	10
Januari	0	94	4	0	76	30	30	83	78	5	0	29	11	11	68	98	1	0	8	3	3
Februari	0	98	5	0	83	35	34	89	83	6	0	31	15	15	77	100	3	0	13	8	8
Mars	0	100	6	0	86	41	41	93	87	8	0	34	21	21	94	100	17	0	30	23	23
April	0	98	6	0	76	38	38	86	82	11	0	35	24	24	94	98	39	0	45	42	42
Maj	0	36	2	0	28	11	10	28	64	3	0	48	33	32	64	66	24	0	41	31	29
Juni	0	52	1	0	38	8	8	17	93	1	0	80	34	33	74	73	6	0	54	26	25
Juli	0	73	1	0	44	9	9	15	67	1	0	40	13	12	59	70	7	0	46	26	25
Augusti	0	41	1	0	25	5	5	8	68	1	0	43	12	11	47	57	5	0	37	19	18
September	0	69	1	0	54	10	10	18	59	1	0	34	7	7	50	66	3	0	40	16	16

Tabell 5.12 Andelsberäkningar - månadsmedel

Andel av transport som Viscaria ansvarar för. Tabellen visar månadsmedel för normalåret i (%).

Xantat (%)	Fas 2							Fas 3							Fas 4						
	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179	VVA17	Kanal	AVA01	AVA14	AVA02	AVA18	KVA179
Oktober	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	0	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-
November	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	0	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-
December	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	0	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-
Januari	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	0	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-
Februari	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	0	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-
Mars	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	0	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-
April	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	0	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-
Maj	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	0	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-
Juni	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	0	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-
Juli	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	0	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-
Augusti	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	0	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-
September	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	0	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-

6 Summering och slutsatser

Beräkning av flöden och halter för Pahtajokisystemet har beräknats med en flödes- och vattenkvalitetsmodell. Modellen har sin grund i den modell som utvecklats inom ramen för miljötillståndsansökan för återöppnandet av Viscariagruvan men har sedan ansökan lämnats in utvecklats både vad gäller dess modellområde, metodik och underliggande data.

Framtida scenarier vid rening av gruvvatten upp till 1000 m³/h har simulerats och renat bräddvatten har letts till olika recipienter i de olika scenarierna. De beräknade halterna skiljer sig från vad som redovisats i ansökan. Det är dock inga väsentliga skillnader eller markanta haltökningar som påverkar övergripande slutsatser som presenteras i bilaga B3 till Miljöansökan.

Skillnader i halter beror dels på den höga reningsgraden och den uppdaterade metodiken, dels på grund av att nya platsdata för både yt- och grundvattensystemet tillkommit och använts i kalibreringen av modellen.

7 Referenser

- Aastrup M, Thunholm B, Sundén, G, Dahné J. 2012. Klimatets påverkan på koncentrationer av kemiska ämnen i grundvatten. SGU-rapport 2012, 27.
- Arcement G J, Schneider V R. 1989. Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains. United States Geological Survey Water Supply, Paper 2339.
- Butts M, Loinaz M, Bauer-Gottwein P, Unnasch R, Gross D. 2012. June. Mike She-Ecolab—an integrated catchment-scale eco-hydrological modelling tool. In XIX international conference on water recourses CMWR (pp. 17-22).
- DHI. 2021. MIKE HYDRO River-Comprehensive River network modelling: User Guide. DHI A/S, Horsholm, Denmark.
- DHI. 2022. Integrerad yt- och grundvattenmodellering Viscaria. Bilaga B3 (Reviderad version, September, 2022). Underlagsrapport i Copperstone Resources AB:s ansökan om miljötillstånd Viscariagruvan.
- Eisakhani M, Abdullah Md. P, Karim O A, Malakahmad A. 2012. Validation of MIKE 11 model simulated data for biochemical and chemical oxygen demands transport. American Journal of Applied Sciences, 9 (3), 382–387.
- Fissore C, Dalzell B J, Berhe A A, Voegtle M, Evans M, Wu A. 2017. Influence of topography on soil organic carbon dynamics in a Southern California grassland. CATENA, 149, pp. 140–149. doi: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.09.016>.
- Godsey S E, Kirchner J W, Clow D W. 2009. Concentration–discharge relationships reflect chemostatic characteristics of US catchments. Hydrological Processes, 23: 1844–1864. <https://doi.org/10.1002/hyp.7315>
- Grabs T, Bishop K, Laudon H, Lyon S W, Seibert J. 2012. Riparian zone hydrology and soil water total organic carbon (TOC): implications for spatial variability and upscaling of lateral riparian TOC exports. Biogeosciences, 9(10), pp. 3901–3916. doi: <https://doi.org/10.5194/bg-9-3901-2012>.
- Jutebring Sterte E, Johansson E, Sjöberg Y, Huseby Karlsen R, Laudon . 2018. Groundwater-surface water interactions across scales in a boreal landscape investigated using a numerical modelling approach. Journal of Hydrology, 560, pp. 184-201. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.03.011>
- Jutebring Sterte, E, Lidman F, Balbarini N, Lindborg E, Sjöberg Y, Selroos J O, Laudon H. 2021. Hydrological control of water quality—Modelling base cation weathering and dynamics across heterogeneous boreal catchments. Science of the Total Environment, 799, p.149101.
- Liu W, Liu H, Xu H. 2009. A numerical method of pollution capacities of water function areas of rivers based on Mike 11. Northeast Hydrol. Hydroelec. 27 (8), 69–70.
- Liang J, Yang Q, Sun T, Martin J D, Sun H, Li L. 2015. MIKE 11 model-based water quality model as a tool for the evaluation of water quality management plans. Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA, 64(6), pp.708-718.
- Nielsen, S. A., & Hansen, E. 1973. Numerical simulation of the rainfall-runoff process on a daily basis. Hydrology Research, 4(3), 171–190.
- Madsen H. 2000. Automatic calibration of a conceptual rainfall–runoff model using multiple objectives. Journal of Hydrology 235: 276-288.

Nash, J E, Sutcliffe J V. 1970. River Flow Forecasting through Conceptual Model. Part 1— A Discussion of Principles. *Journal of Hydrology*, 10, 282-290.

[http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6)

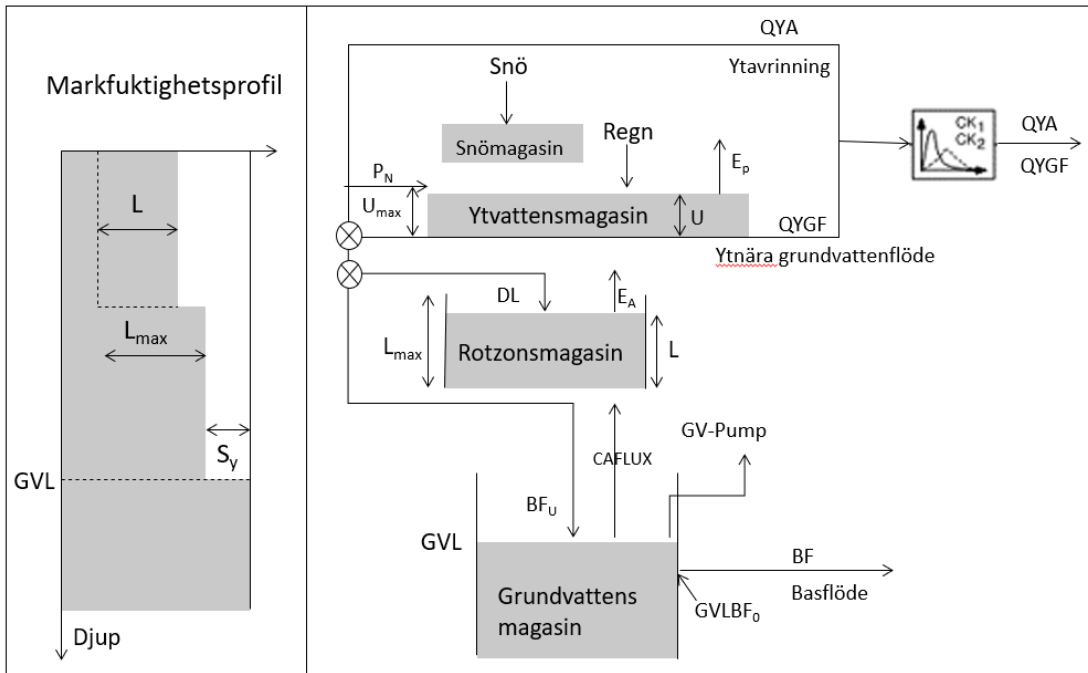
Nguyen P Q A, Gourbesville P, Audra P, Vo N D, Vo D N K. 2020. Methodology for wastewater discharge modeling – application to Danang Bay, Vietnam. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 505, 012047.

Torres-Bejarano F, Couder-Castañeda C, Ramírez-Léon H, Hernández-Gómez J J, Rodríguez-Cuevas C, Herrera-Díaz I E, Barrios-Piña H. 2019. Numerical modelling of heavy metal dynamics in a river-lagoon system. *Mathematical Problems in Engineering*, ID8485031, <https://doi.org/10.1155/2019/8485031>.

Appendix A NAM-modellen, ingående parametrar och kalibrering

I detta avsnitt redovisas NAM-modellens ingående parametrar som ett komplement till avsnitt 4 NAM-modellen används för beräkning av tillrinning till vattendragsmodellen MIKE HYDRO River. I Figur A-1 visas NAM-modellens olika parametrar. En mer förenklad figur över NAM-modellens uppbyggnad återfinns i avsnitt 4 I NAM-modellen ingår följande parametrar:

- Umax anger storleken på det ytmagasin som styr vilken nederbördsvolym som krävs innan det sker någon reell avrinning.
- Lmax anger rotzonens magasineringsförmåga, vilket i princip kan översättas till effektiv porvolym mellan den s.k. vissningsgränsen och fältkapaciteten.
- CQOF anger hur stor del av avrinningen som sker i ytliga lager med en snabbare respons vid mättade förhållanden. Denna flödeskomponent benämns ytavrinning. Resterande del perkolerar vidare till rotzonen, respektive grundvattenmagasinet. Fördelningen mellan hur mycket vatten som stannar i rotzonen, respektive perkolerar vidare ner till grundvattnet, styrs av innehållet i rotzonsmagasinet.
- CKIF är en linjär tidskontant som anger hur snabbt vatten från ytmagasinet kan avrinna. Flödeskomponenten motsvarar det ytnära grundvattenflödet. Ett lägre värde på CKIF innebär en snabbare avrinning.
- CK1 och CK2 är linjära tidskonstanter för två magasin som såväl det ytnära grundvatten-flödet (QYGF) som ytavrinningen (QYA) passerar. Dessa tidskonstanter har till uppgift att reglera den dämpning och tidsförskjutning som sker i avrinningsförloppet, och en minskning i värdena ger en snabbare avrinning.
- CKBF är en linjär tidskonstant som anger grundvattenflödets respons. Ett mindre värde ger en snabbare höjning av grundvattenflödet och som följd även ett lägre basflöde efter längre torrperiod, d.v.s. vattnet tar slut snabbare.
- CQlow används i de tillfällen då det finns behov av att använda två typer av grundvattenmagasin, där det undre typiskt har en mindre respons och därmed en högre tidskonstant, som här benämns CKlow. CQlow anger fördelningen mellan det övre och det nedre grundvattenmagasinet.
- TOF, TIF och TG är tröskelvärden som relaterar till vatteninnehållet i rotzonsmagasinet (L). Om vatteninnehållet i rotzonen sjunker under tröskelvärdet för en viss typ av avrinning så upphör denna. Avrinningen växer linjärt mellan tröskelvärdet och vattenmättnad ($L=1$).
- Basflöde (BF) och ytnära grundvattenflöde (QYGF) är den del av avrinningen som härstammar från grundvattnet. Det ytliga snabbare grundvattenbidraget sker via det ytnära grundvattenflödet och det djupare långsammare grundvattenbidraget sker via basflödet.



Figur A.1 NAM-modellen

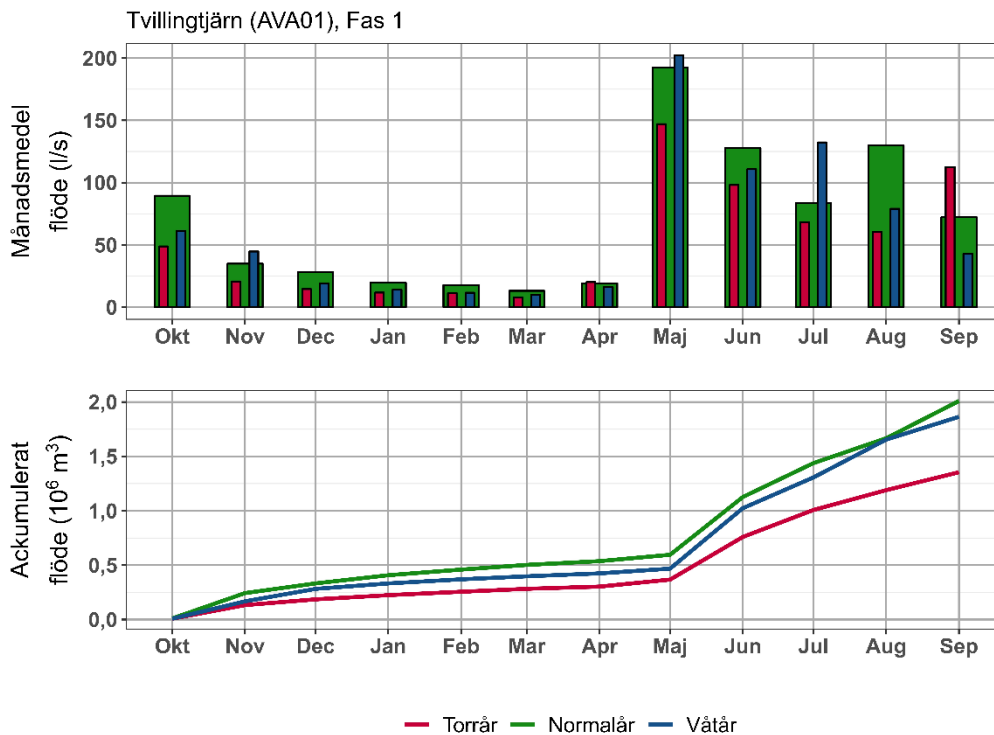
NAM-modellens struktur med olika hydrologiska modellparametrar och vad modellens komponenter representerar i den vertikala markvattenprofilen.

För ytvattenmodellen i denna utredning har två generella parameteruppsättningar använts; en för avrinningsområden som dränerar åt sydost och de som dränerar norrut till Torne älv via Rautasälven (Tabell A-1). Parameteruppsättningarna är desamma med avseende på de hydrologiska lagringarna men skiljer sig åt något med avseende på olika procesströsklar, där de söderut dränerande avrinningsområdena har marginellt snabbare kortsiktiga- och långsammare medel- till långtidsresponser på hydrometeorologiska händelser än de områden som dränerar norrut.

Appendix B Flödesförändringar: Nuläge och Gruvfas

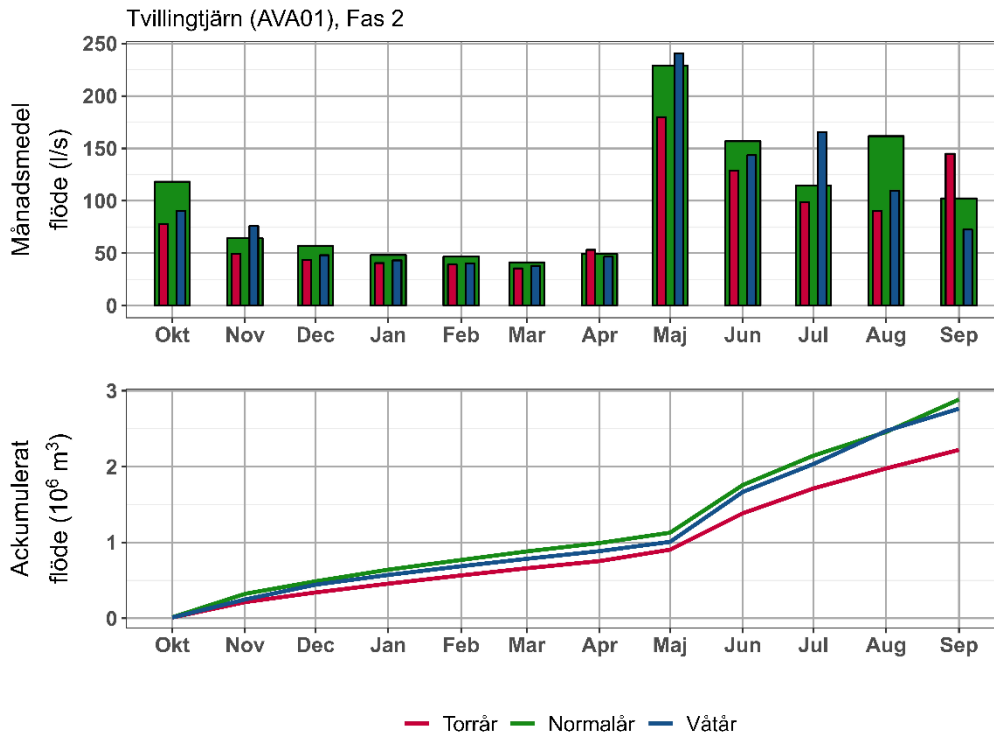
Flödesscenarier för alla punkter och typåren. Dessa tillhör resultaten som presenteras i avsnitt 4.3

Appendix B.1 Flödesförändringar för AVA01



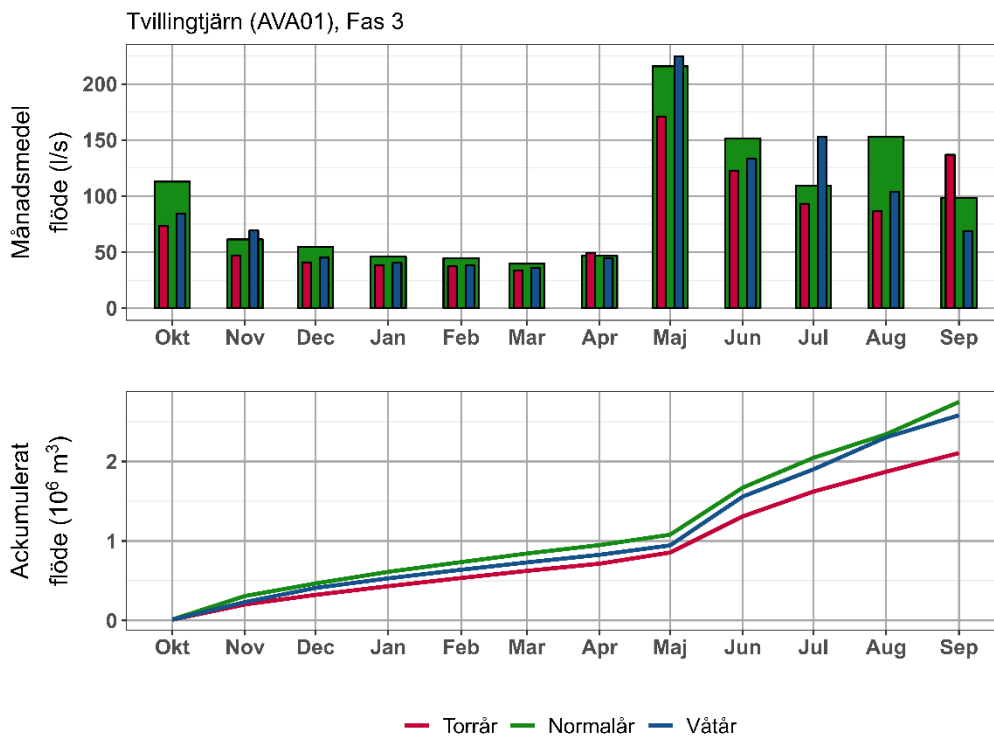
Figur B.1 Flödesscenarier för AVA01 för Fas1

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde (10⁶·m³) för normalåret, torråret och våtåret.



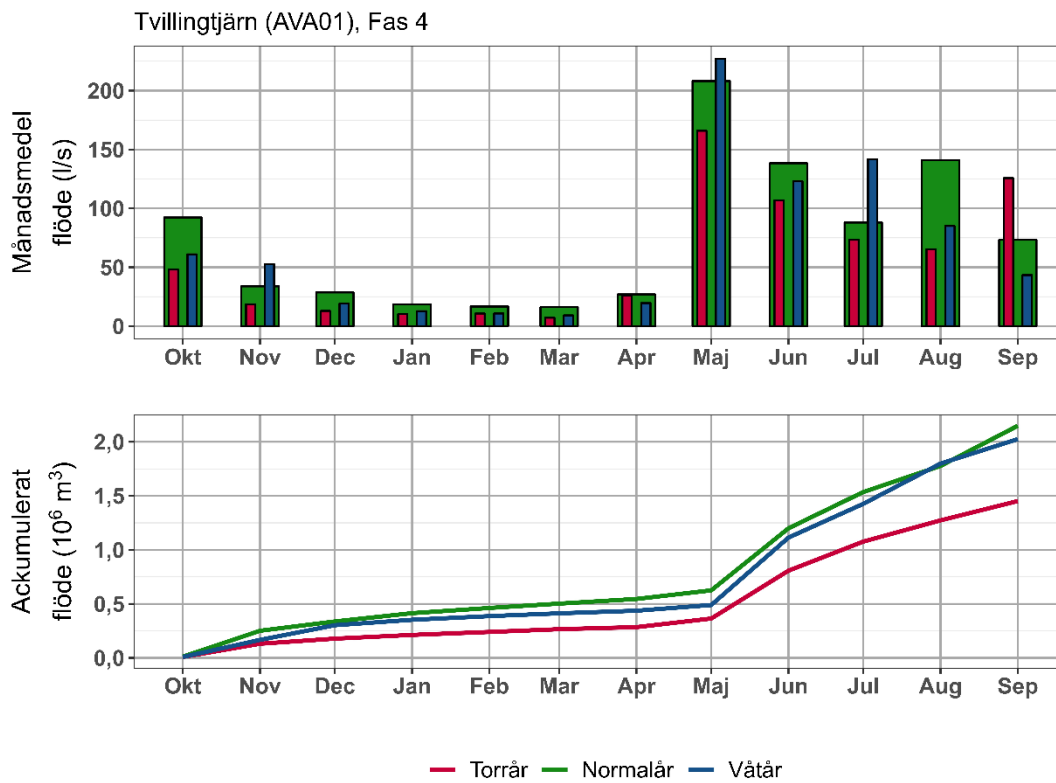
Figur B.2 Flödesscenarier för AVA01 för Fas 2

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde (10⁶·m³) för normalåret, torråret och våtåret.



Figur B.3 Flödesscenarier för AVA01 för Fas 3

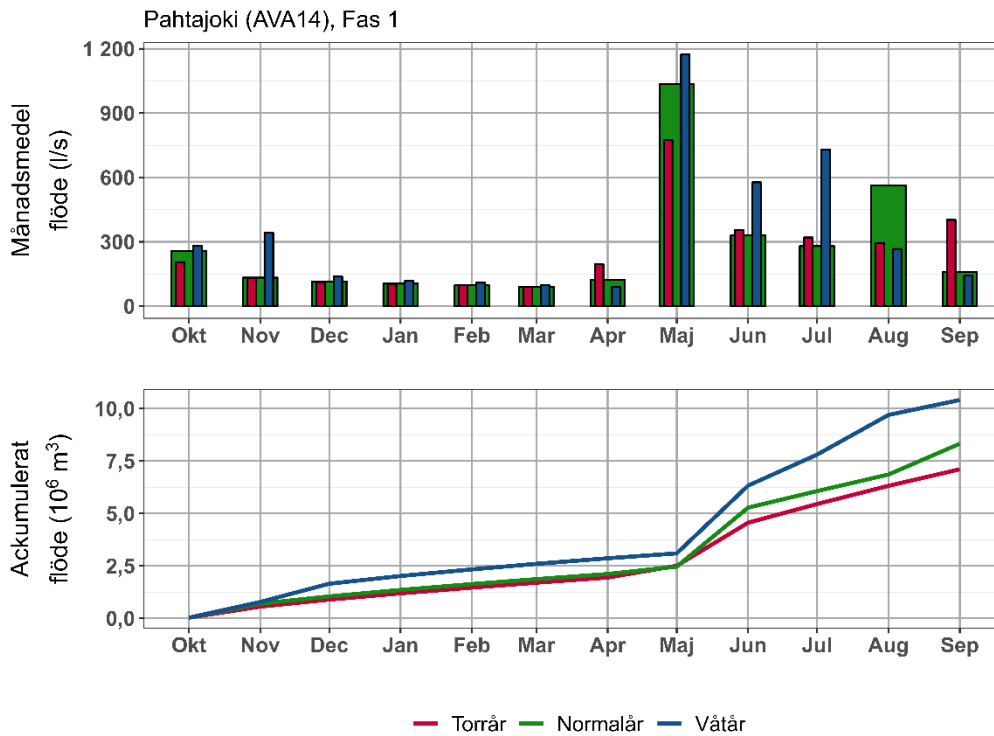
Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde (10⁶·m³) för normalåret, torråret och våtåret.



Figur B.4 Flödesscenarier för AVA01 för Fas 4

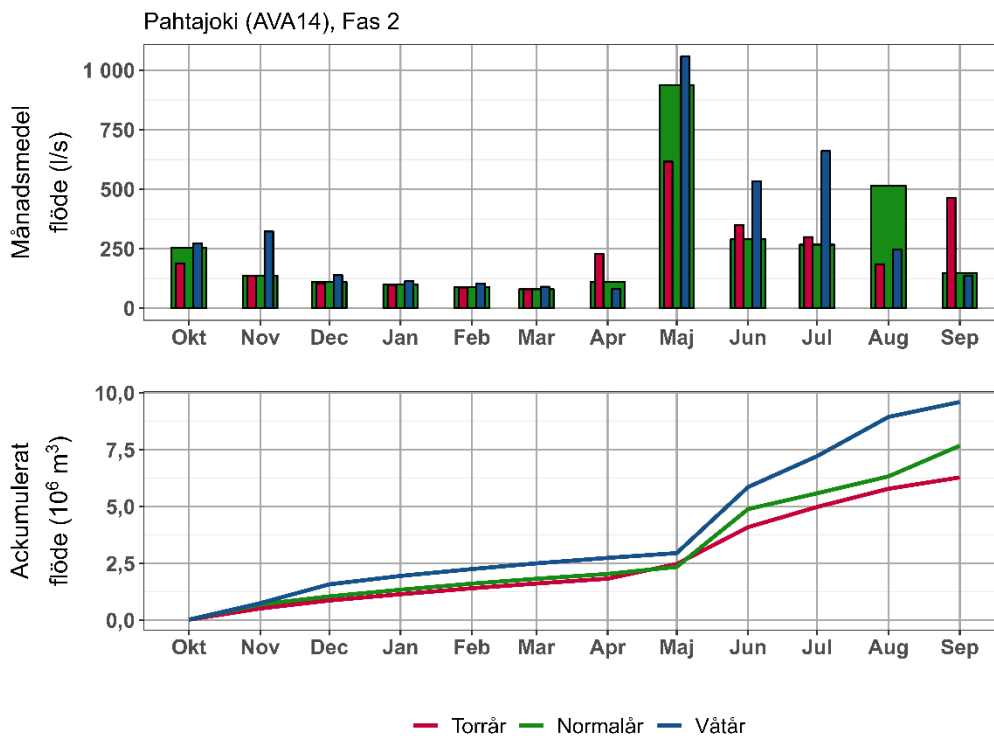
Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde (10⁶·m³) för normalåret, torråret och våtåret.

Appendix B.2 Flödesförändringar för AVA14



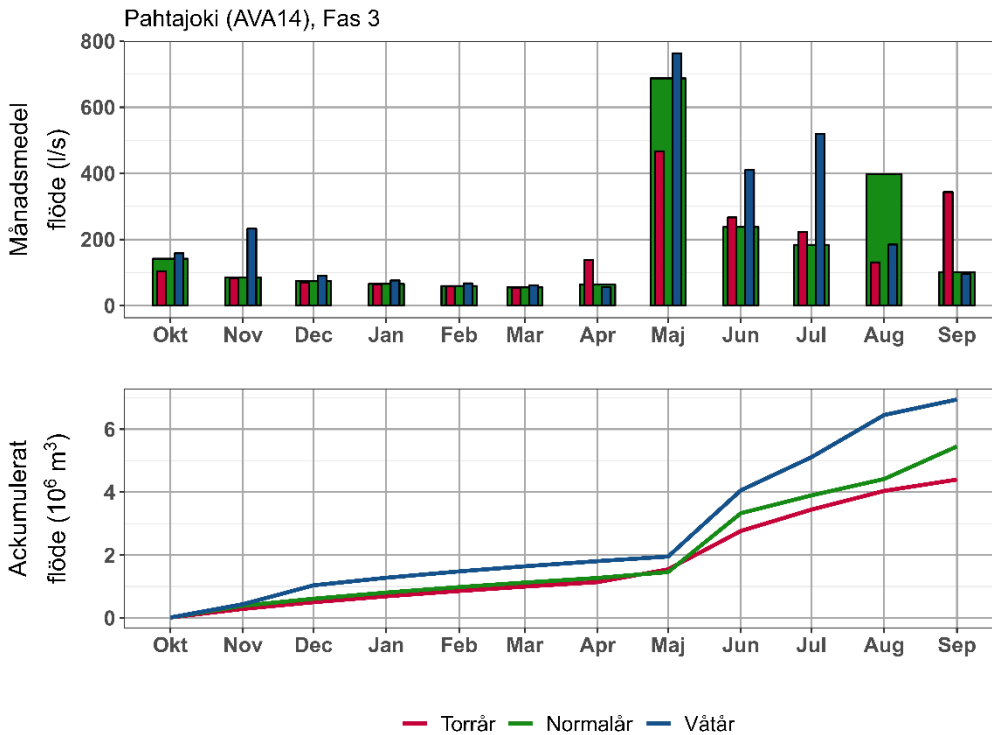
Figur B.9 Flödesscenarier för AVA14 för Fas 1

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde ($10^6 \cdot m^3$) för normalåret, torråret och våtåret.



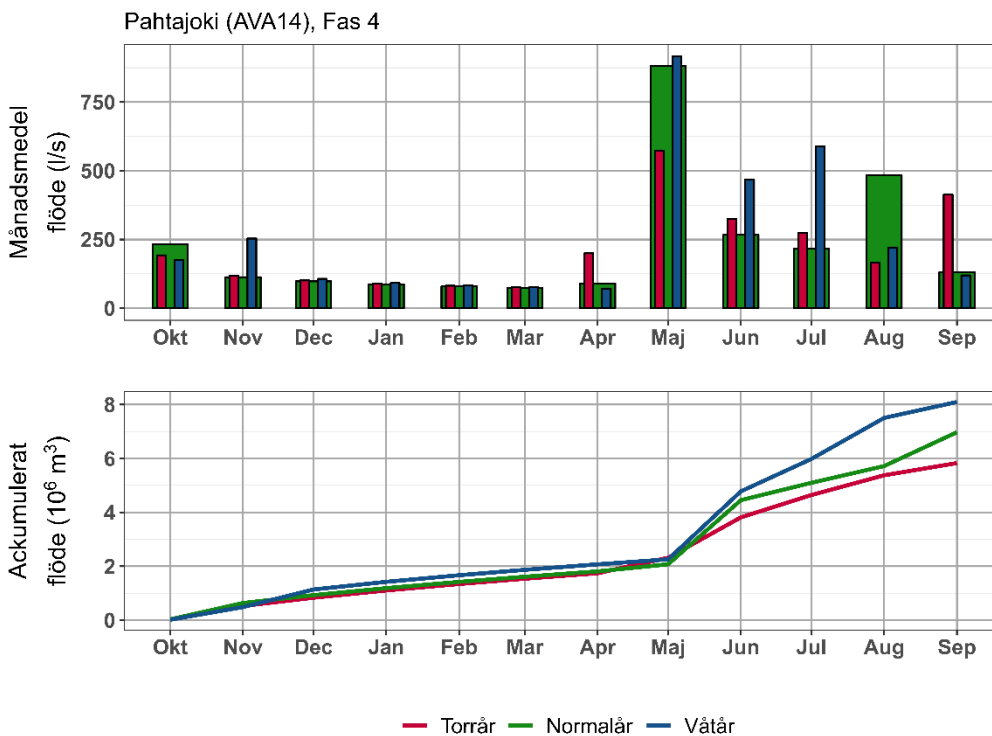
Figur B.10 Flödesscenarier för AVA14 för Fas 2

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde ($10^6 \cdot m^3$) för normalåret, torråret och våtåret.



Figur B.11 Flödesscenarier för AVA14 för Fas 3

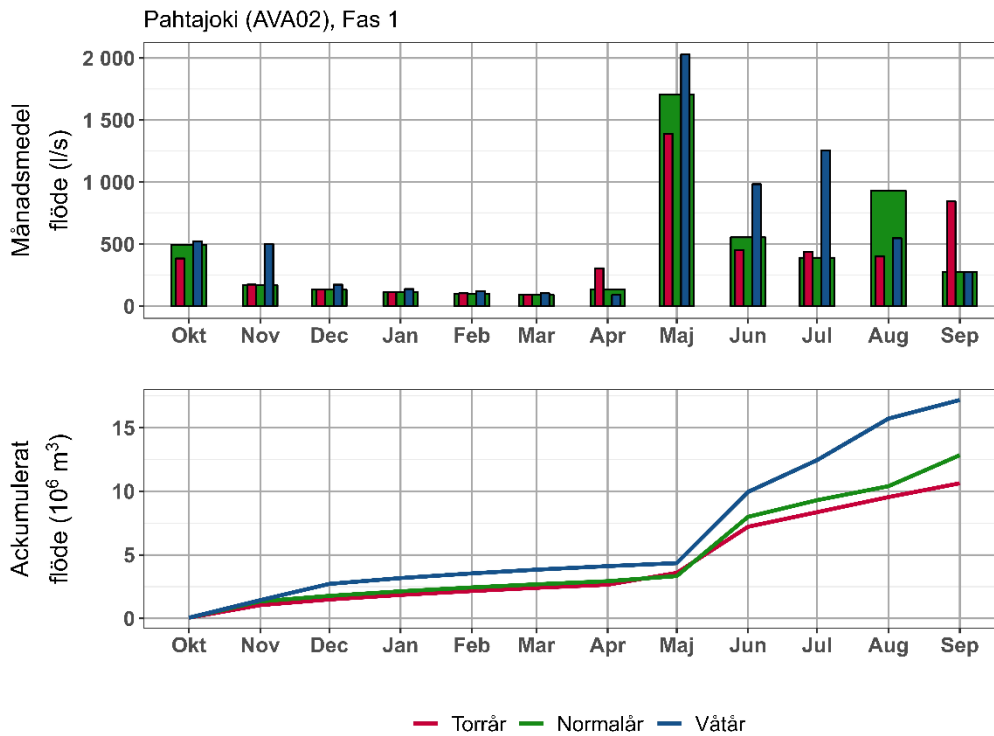
Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde ($10^6 \cdot \text{m}^3$) för normalåret, torråret och våtåret.



Figur B.12 Flödesscenarier för AVA14 för Fas 4

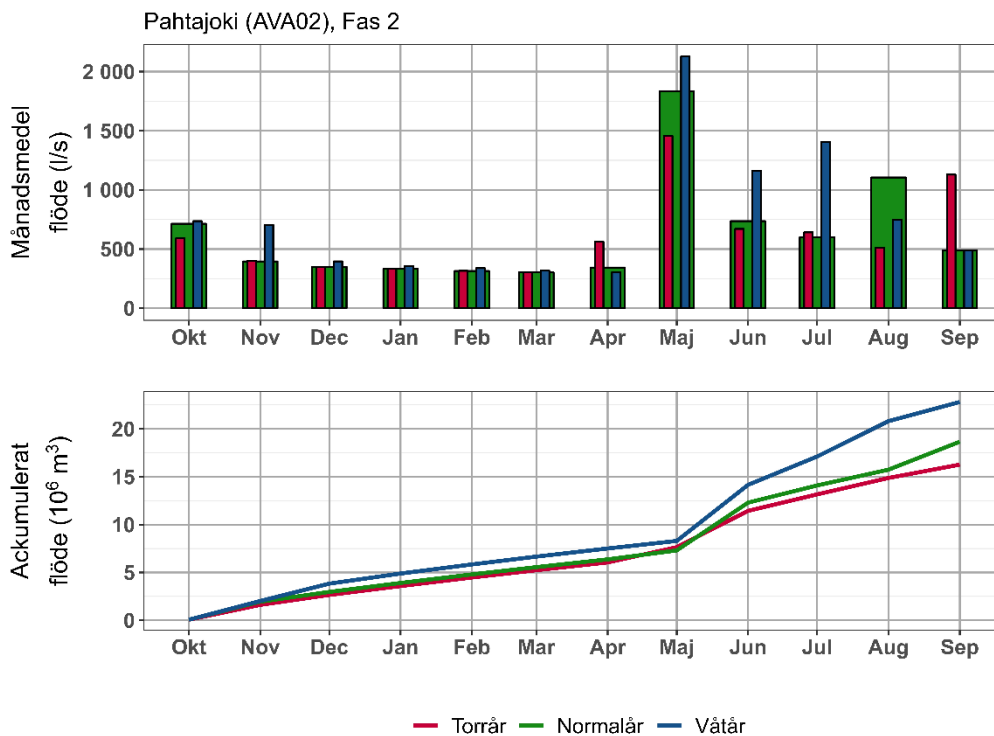
Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde ($10^6 \cdot \text{m}^3$) för normalåret, torråret och våtåret.

Appendix B.3 Flödesförändringar för AVA02



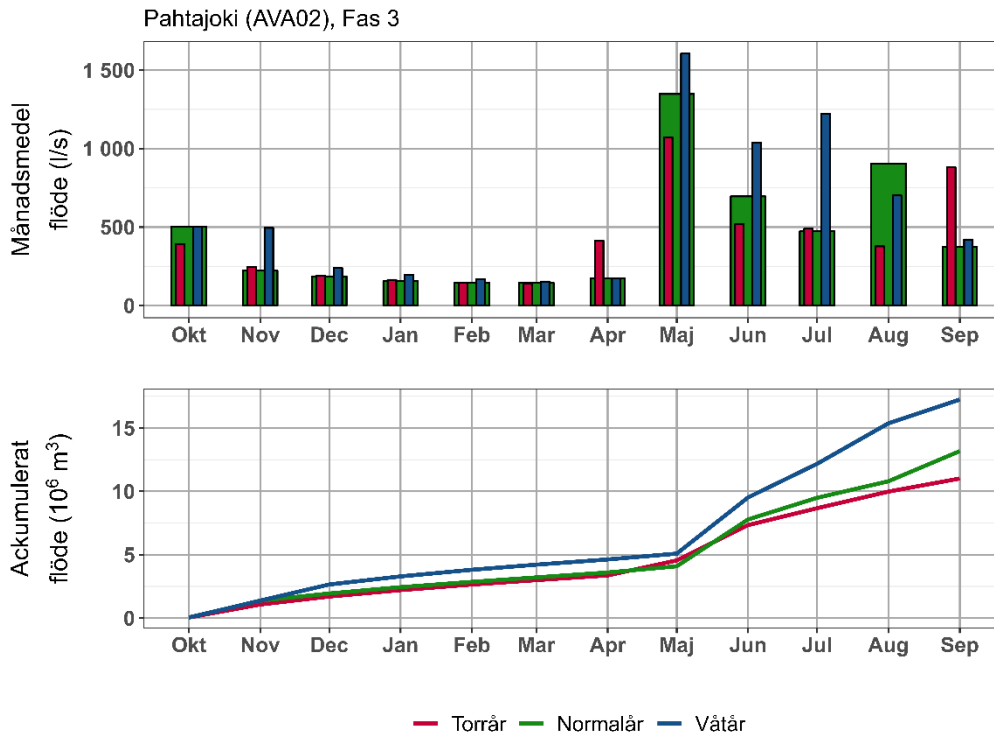
Figur B.5 Flödesscenarier för AVA02 för Fas 1

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde ($10^6 \cdot \text{m}^3$) för normalåret, torråret och våtåret.



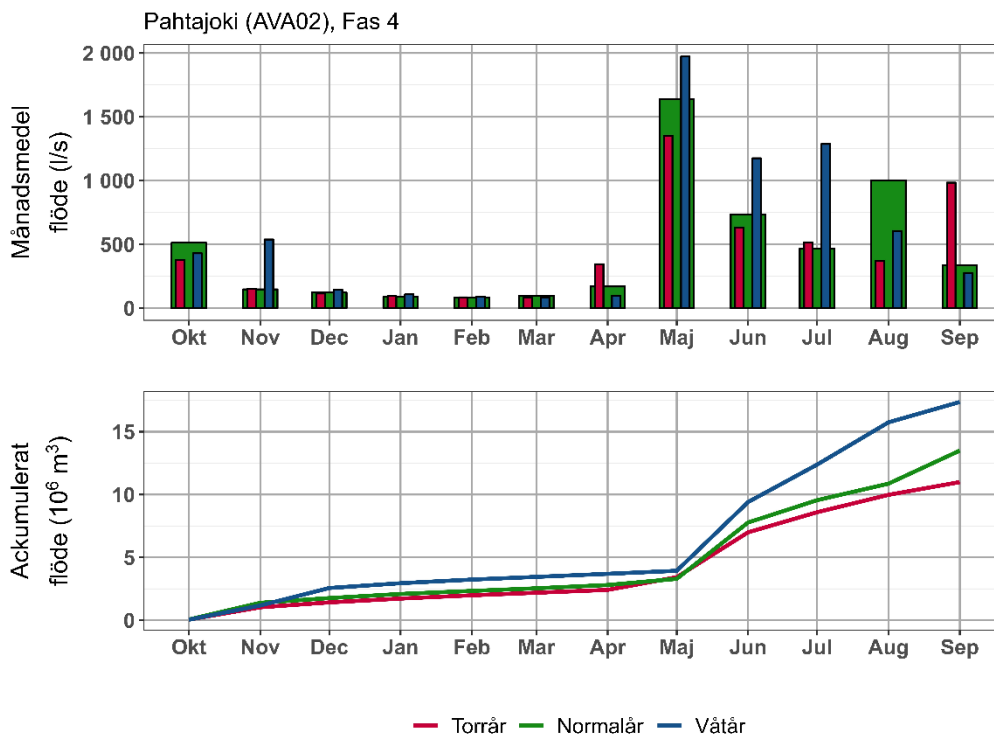
Figur B.6 Flödesscenarier för AVA02 för Fas 2

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde ($10^6 \cdot \text{m}^3$) för normalåret, torråret och våtåret.



Figur B.7 Flödesscenarier för AVA02 för Fas 3

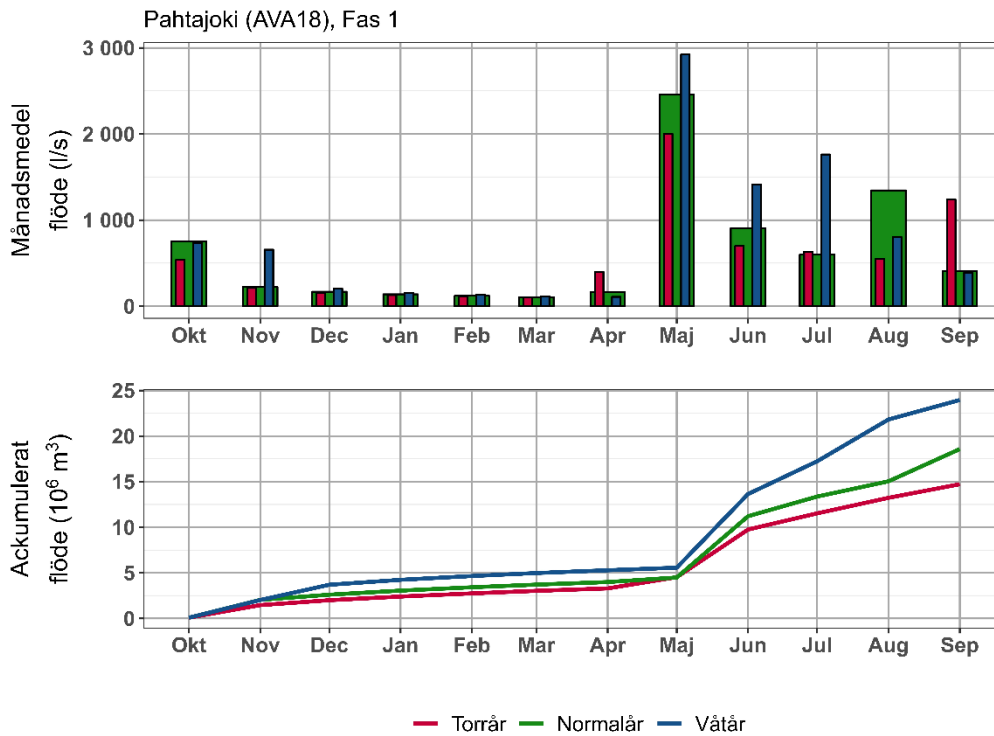
Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde (10⁶·m³) för normalåret, torråret och våtåret.



Figur B.8 Flödesscenarier för AVA02 för Fas 4

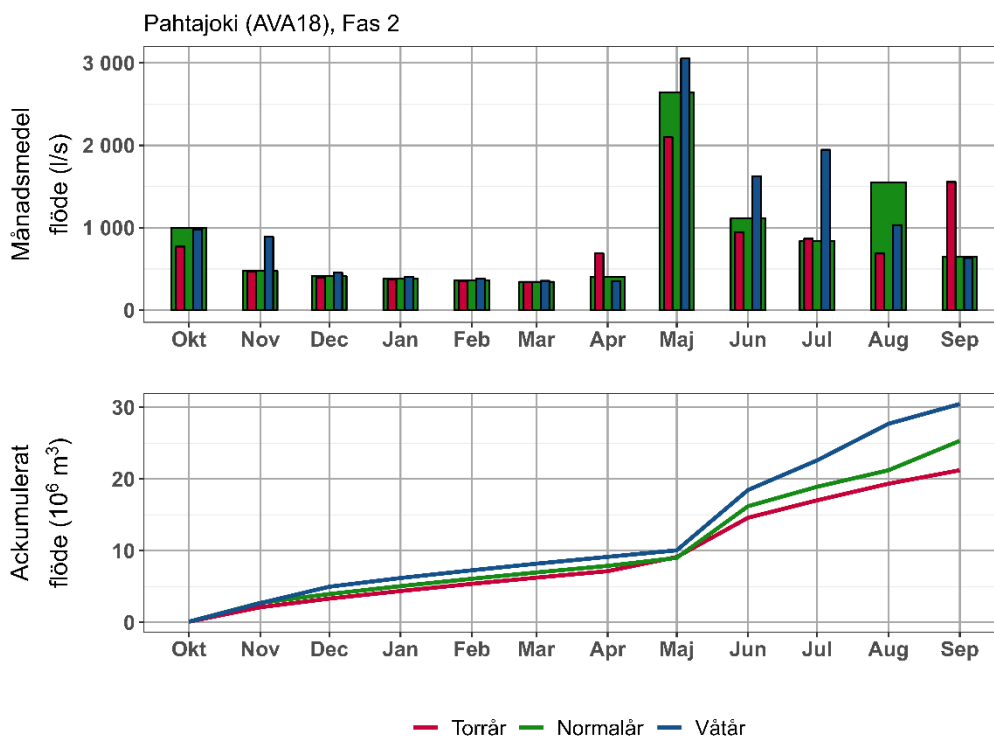
Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde (10⁶·m³) för normalåret, torråret och våtåret.

Appendix B.4 Flödesförändringar för AVA18



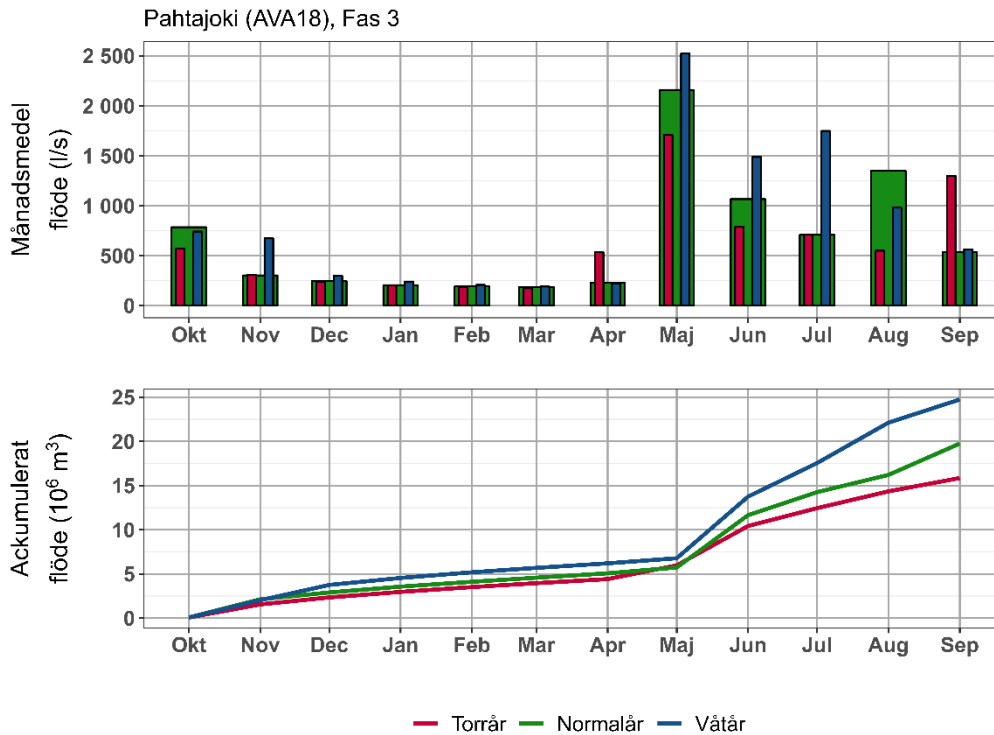
Figur B.13 Flödesscenarier för AVA18 för Fas 1

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde ($10^6 \cdot \text{m}^3$) för normalåret, torråret och våtåret.



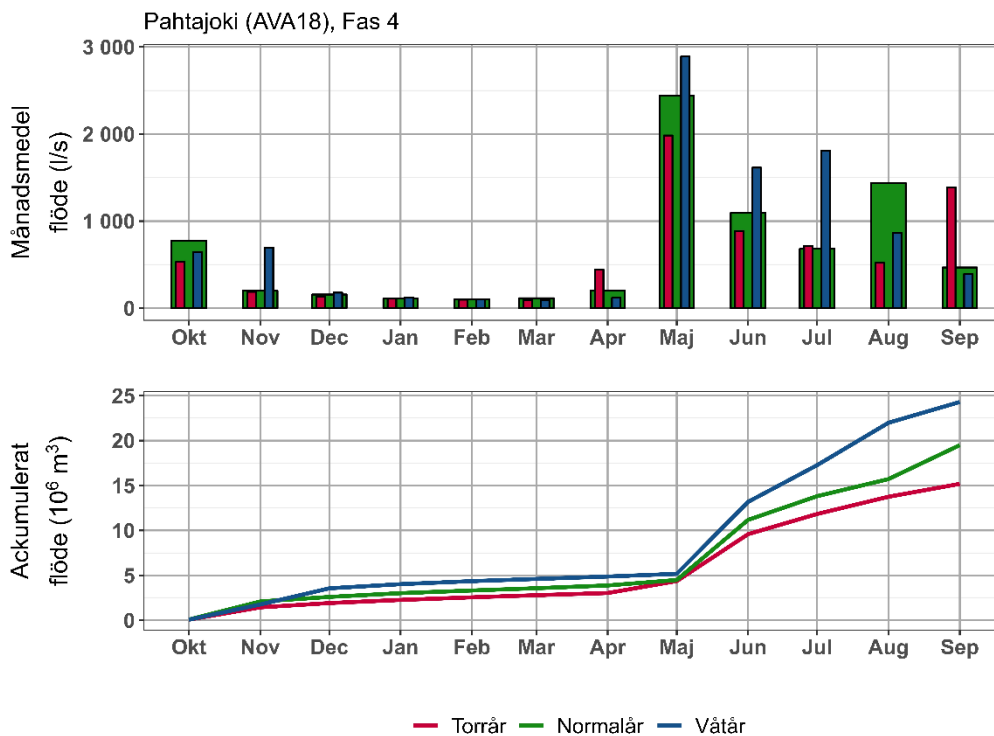
Figur B.14 Flödesscenarier för AVA18 för Fas 2

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde ($10^6 \cdot \text{m}^3$) för normalåret, torråret och våtåret.



Figur B.15 Flödesscenarier för AVA18 för Fas 3

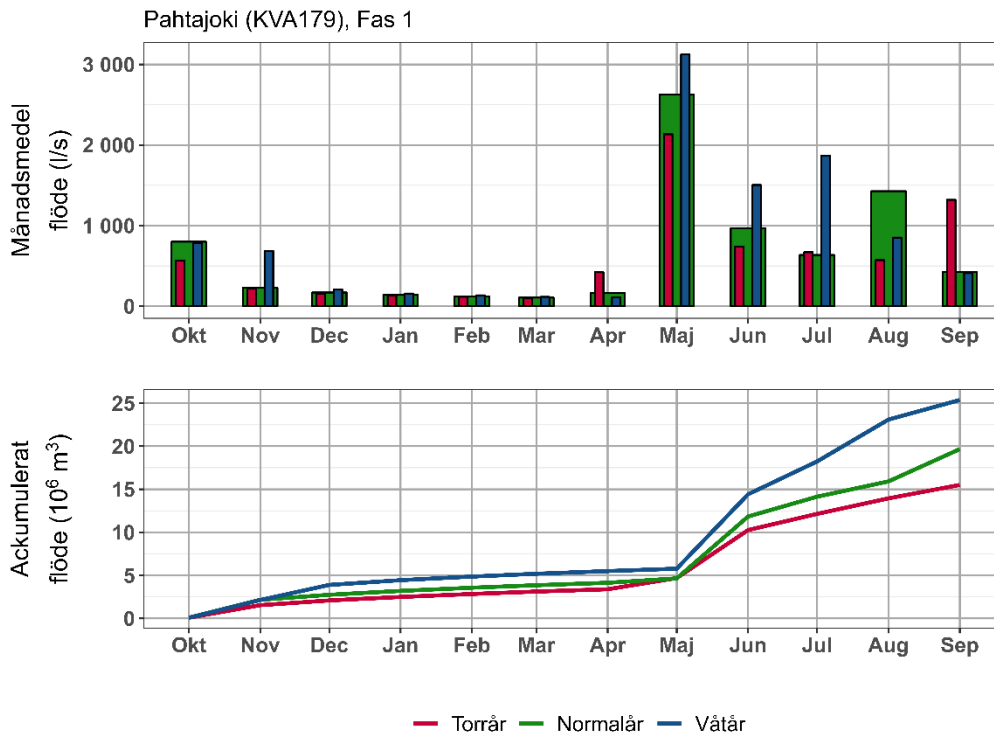
Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde (10⁶·m³) för normalåret, torråret och våtåret.



Figur B.17 Flödesscenarier för AVA18 för Fas 4

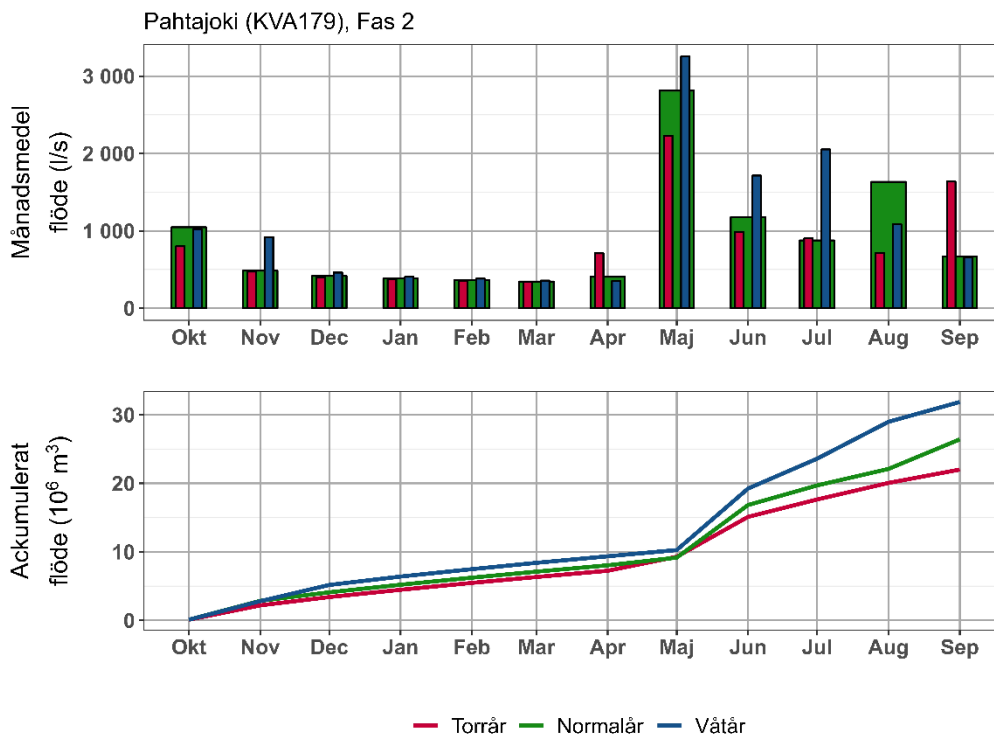
Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde (10⁶·m³) för normalåret, torråret och våtåret.

Appendix B.5 Flödesförändringar för KVA179



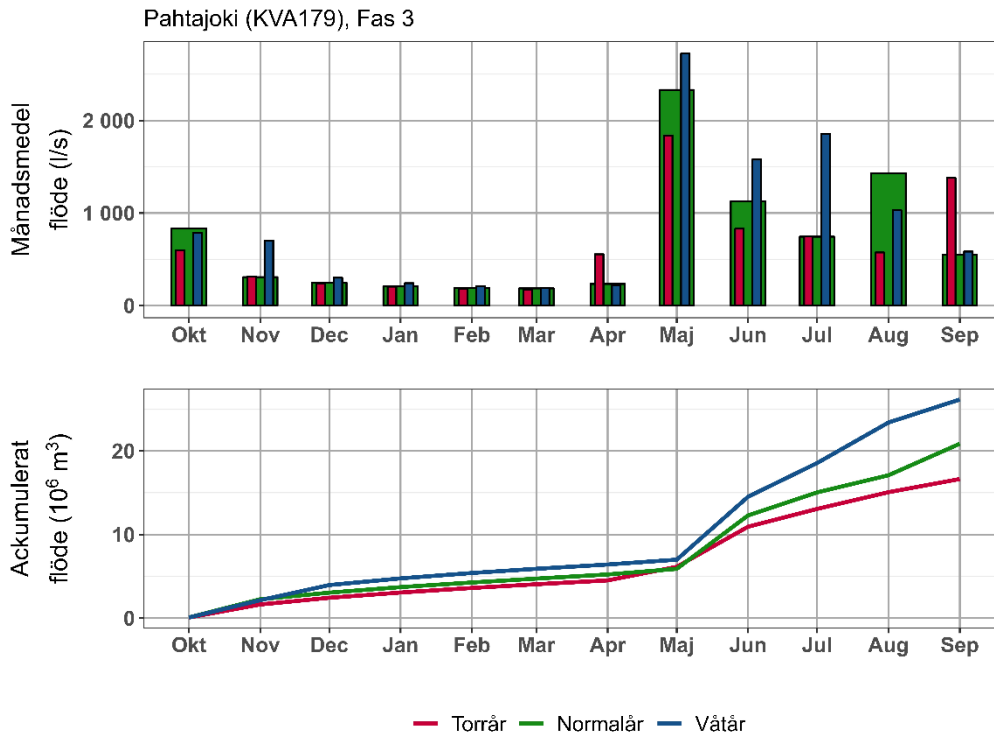
Figur B.18 Flödesscenarier för KVA179 för Fas 1

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Akkumulerat flöde ($10^6 \cdot \text{m}^3$) för normalåret, torråret och våtåret.



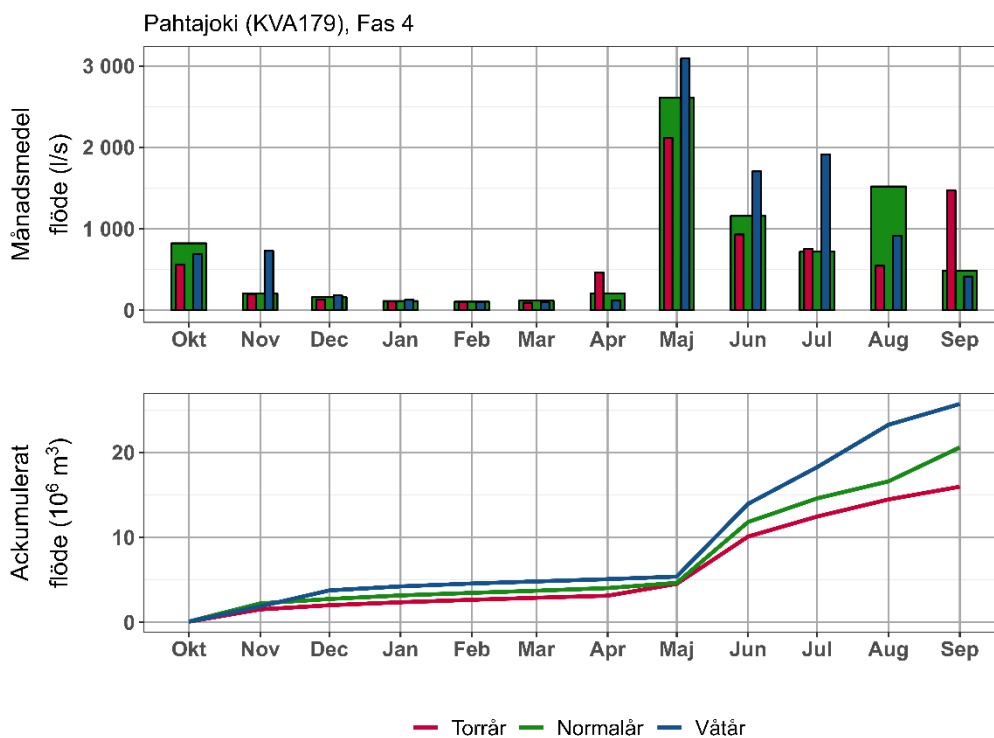
Figur B.19 Flödesscenarier för KVA179 för Fas 2

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Akkumulerat flöde ($10^6 \cdot \text{m}^3$) för normalåret, torråret och våtåret.



Figur B.20 Flödesscenarier för KVA179 för Fas 3

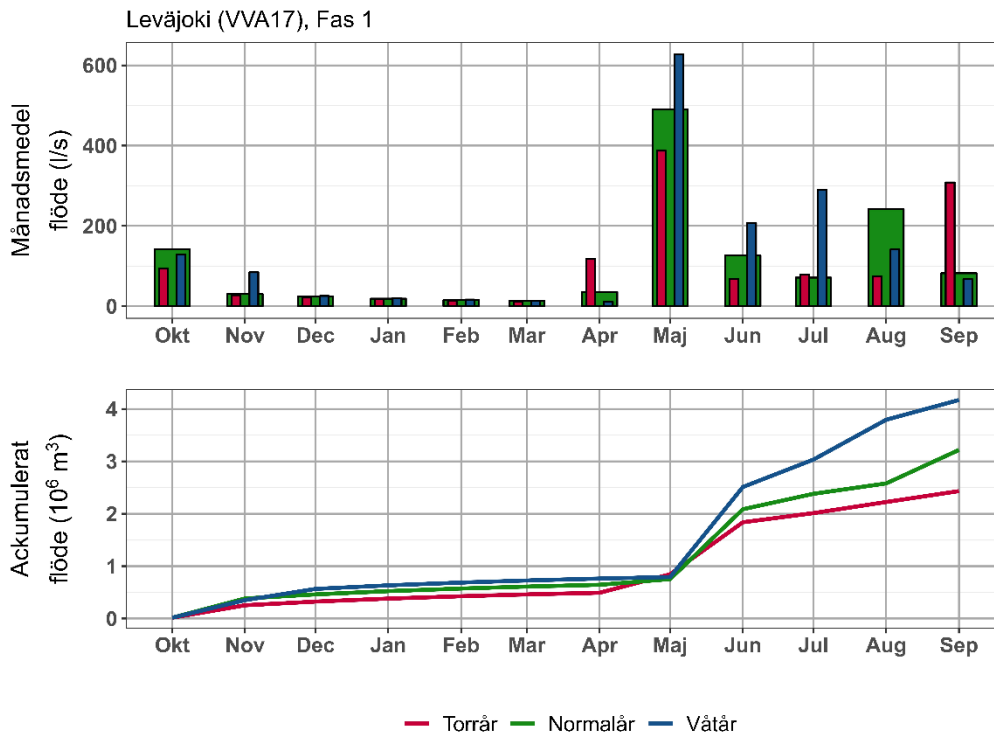
Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde (10⁶·m³) för normalåret, torråret och våtåret.



Figur B.21 Flödesscenarier för KVA179 för Fas 4

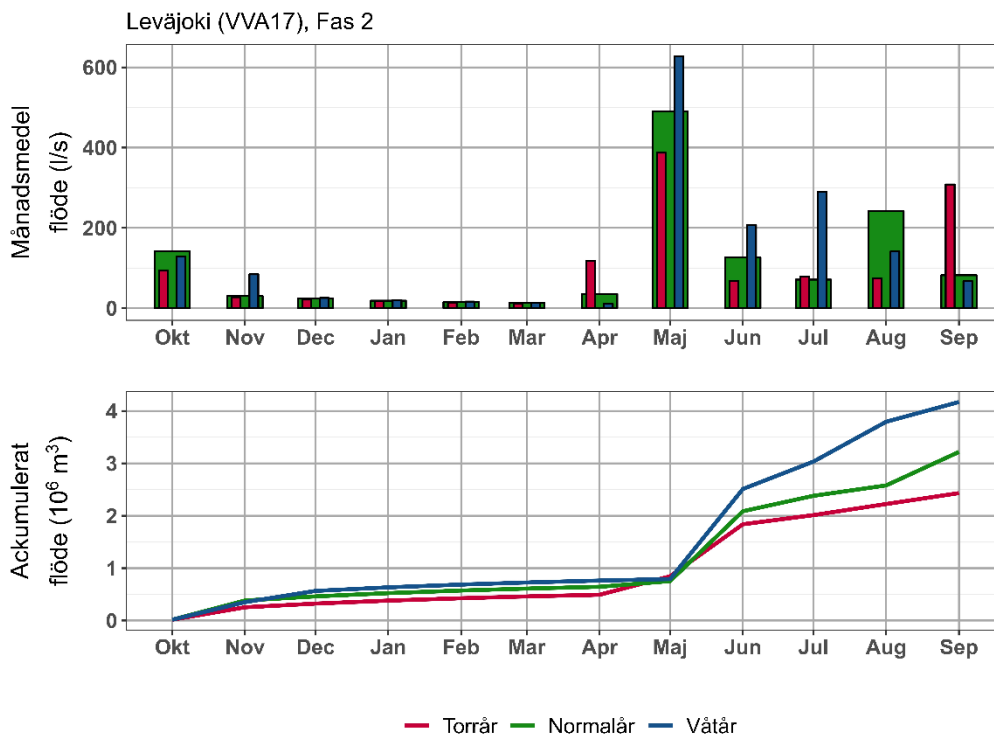
Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde (10⁶·m³) för normalåret, torråret och våtåret.

Appendix B.6 Flödesförändringar för VVA17



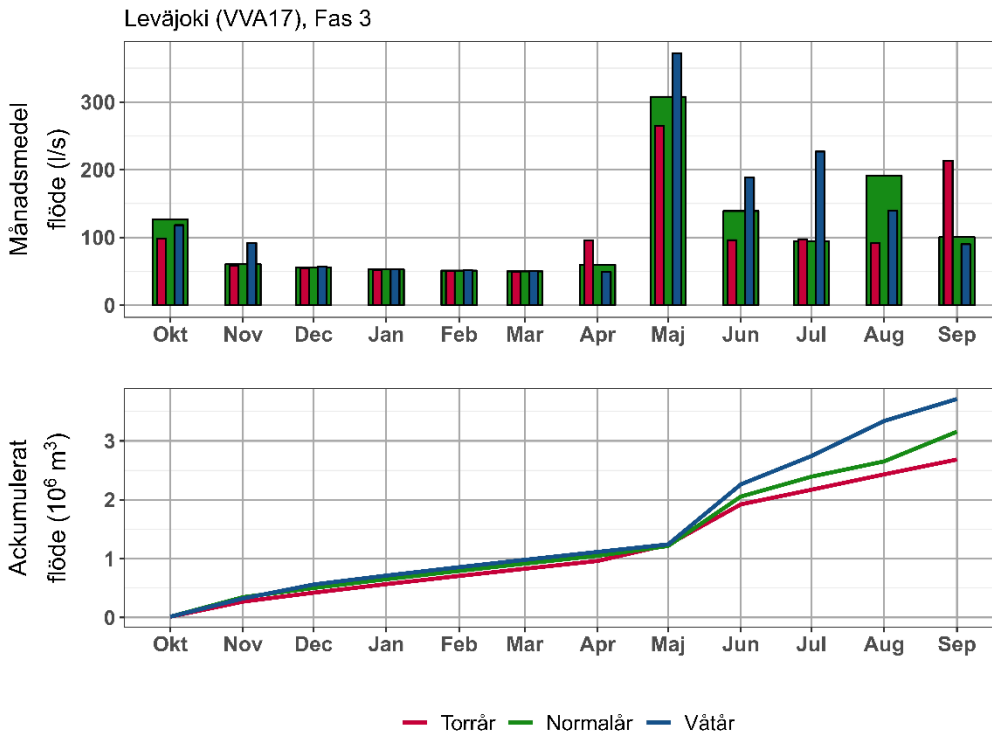
Figur B.18 Flödesscenarier för VVA17 för Fas 1

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde ($10^6 \cdot m^3$) för normalåret, torråret och våtåret.



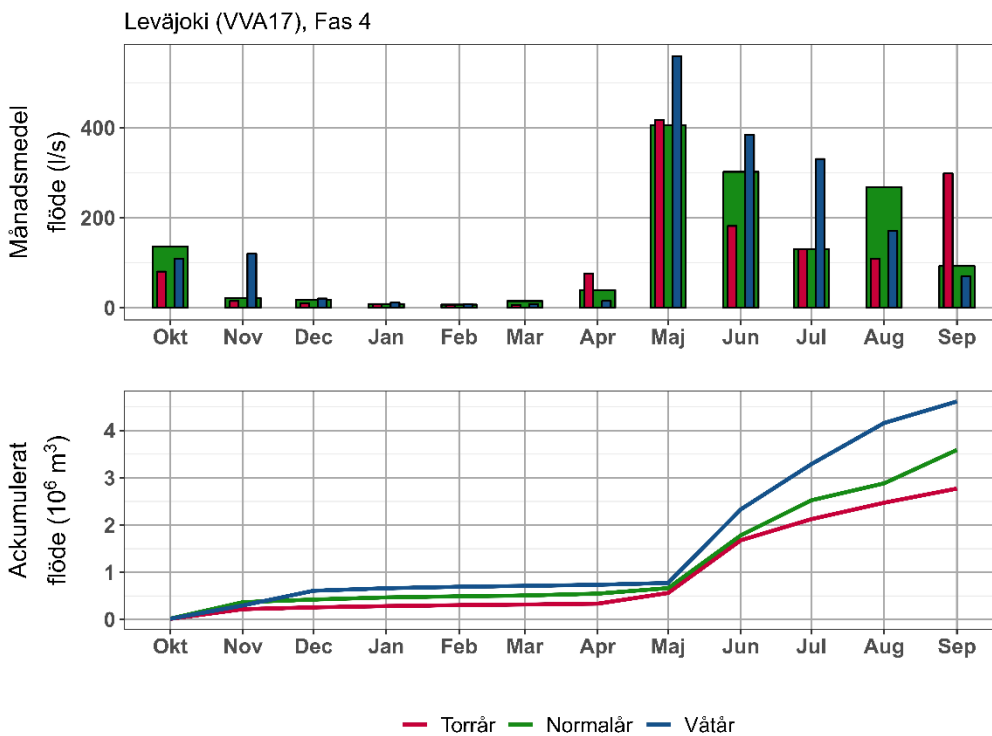
Figur B.19 Flödesscenarier för VVA17 för Fas 2

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde ($10^6 \cdot m^3$) för normalåret, torråret och våtåret.



Figur B.20 Flödesscenarier för VVA17 för Fas 3

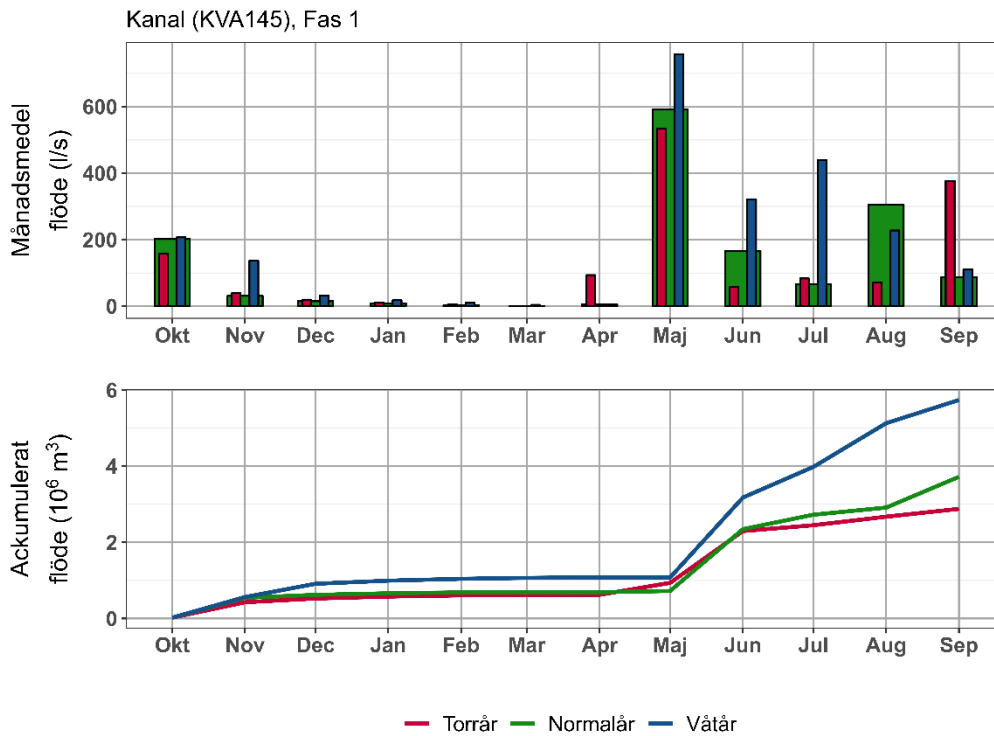
Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde ($10^6 \cdot m^3$) för normalåret, torråret och våtåret.



Figur B.21 Flödesscenarier för VVA17 för Fas 4

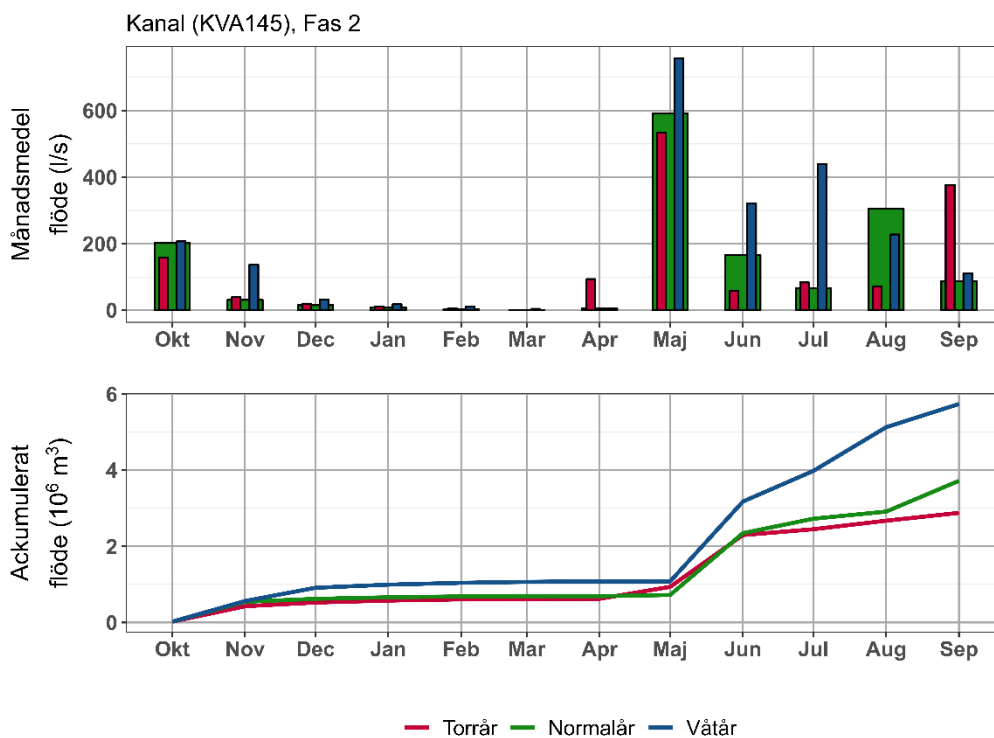
Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde ($10^6 \cdot m^3$) för normalåret, torråret och våtåret.

Appendix B.7 Flödesförändringar för KVA145



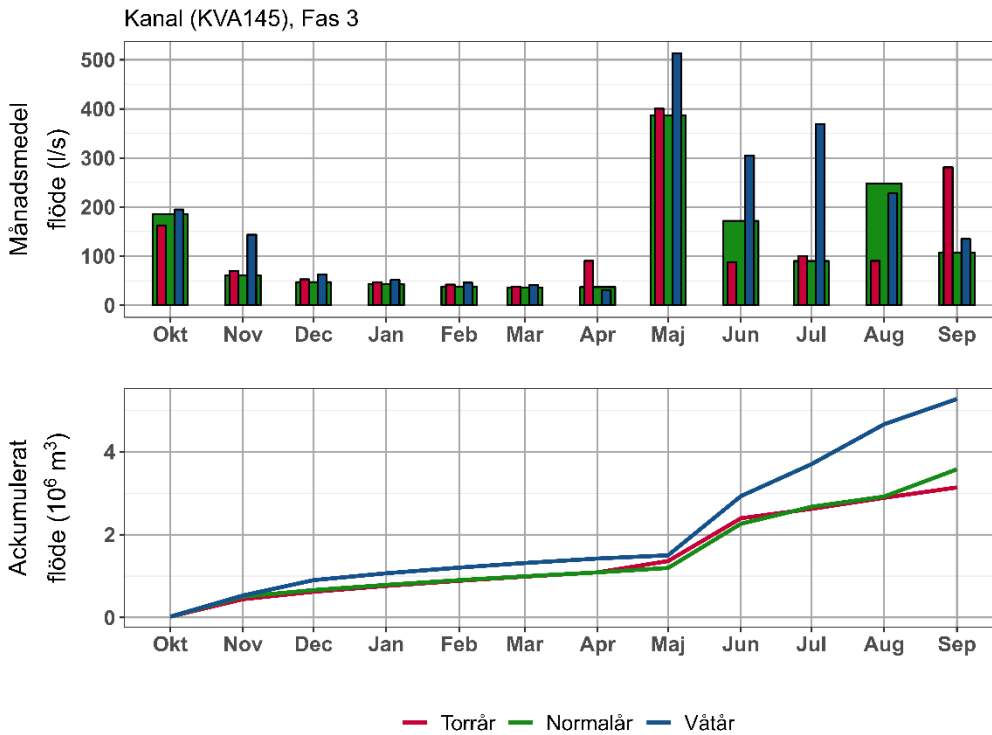
Figur B.18 Flödesscenarier för KVA145 för Fas 1

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde (10⁶·m³) för normalåret, torråret och våtåret.



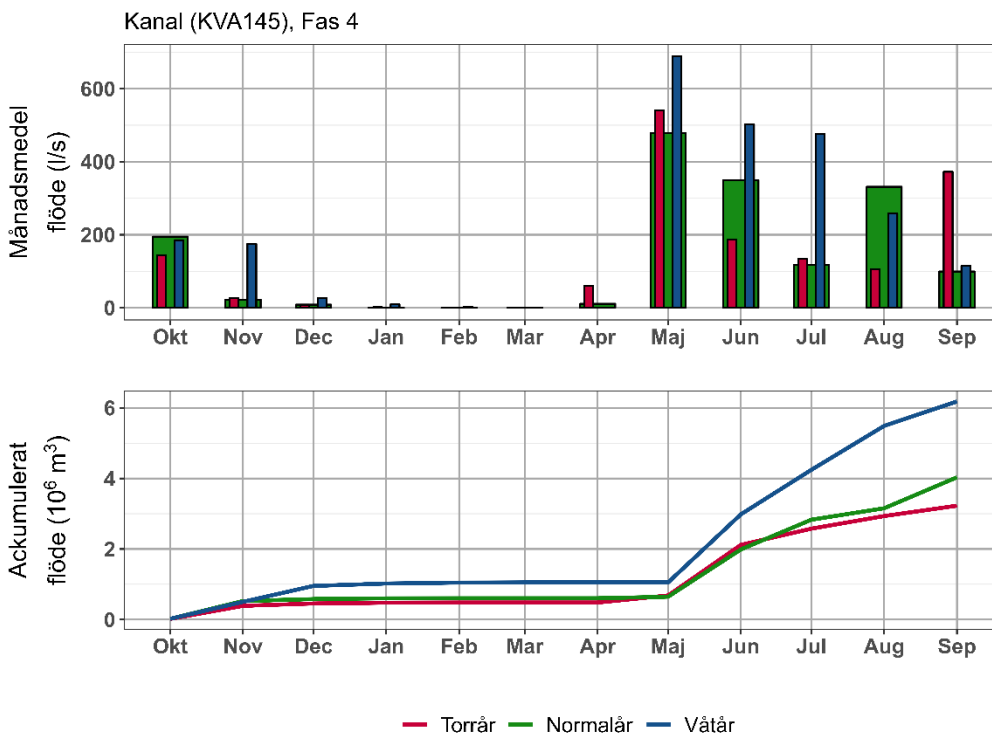
Figur B.19 Flödesscenarier för KVA145 för Fas 2

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde (10⁶·m³) för normalåret, torråret och våtåret.



Figur B.20 Flödesscenarier för KVA145 för Fas 3

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde (10⁶·m³) för normalåret, torråret och våtåret.



Figur B.21 Flödesscenarier för KVA145 för Fas 4

Övre: Månadsmedelflöde (l/s) för normalåret (grönt), torråret (rött) och våtåret (blått). Nedre: Ackumulerat flöde (10⁶·m³) för normalåret, torråret och våtåret.

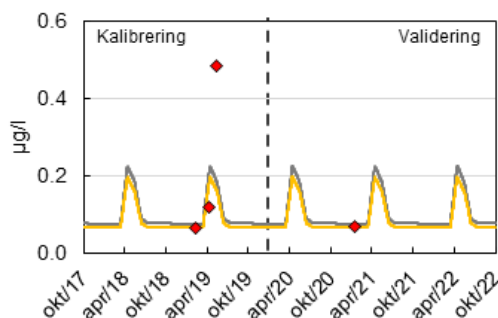
Appendix C Vattenkvalitet kalibrering och validering

Kalibrering och valideringsfigurer för nitrat, sulfat, uran och zink. Dessa tillhör resultaten som presenteras i avsnitt 5.1.

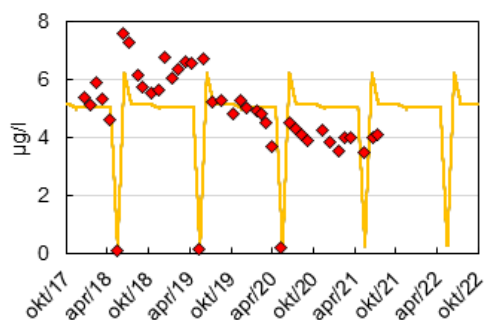
(a) KVA11: Tuollujoki

Inga observationer

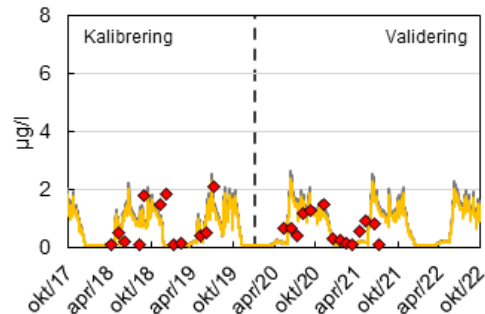
(b) AVA14: Pahtajoki



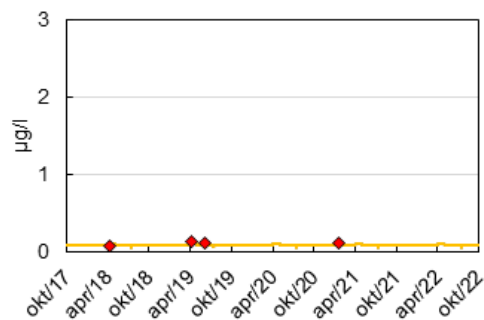
(c) KVA145: Pahtajoki, utlopp Luossajärvi



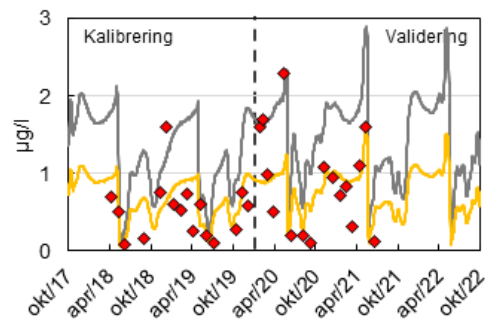
(d) AVA02: Pahtajoki, nedströms Luossajärvi



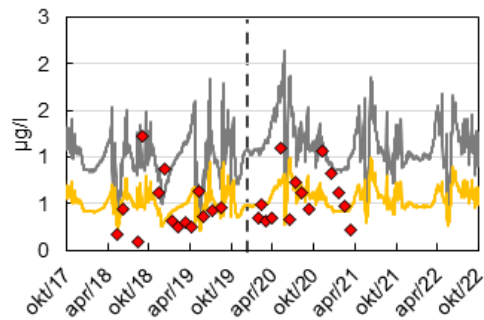
(e) AVA15: uppströms Tvillingtjärn



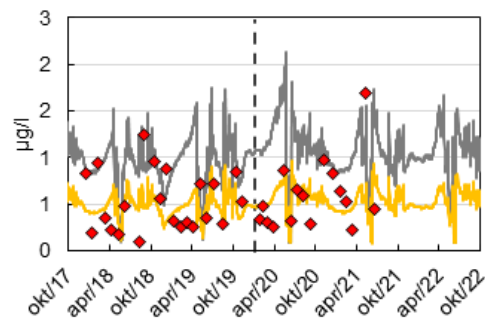
(f) AVA01: nedströms Tvillingtjärn



(g) AVA18: Pahtajoki



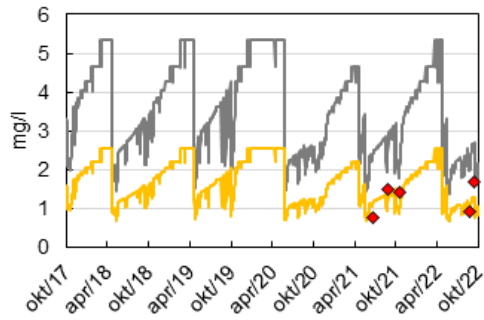
(h) KVA179: Pahtajoki, utlopp till Rautasälven



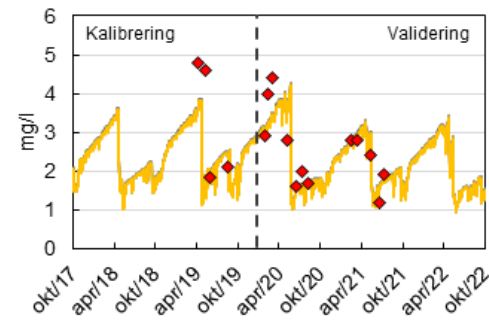
— Okalibrerad — Kalibrerad ◆ Observerat

Figur C.1 Kalibrering- och valideringsresultat för nitrat (NO₃)

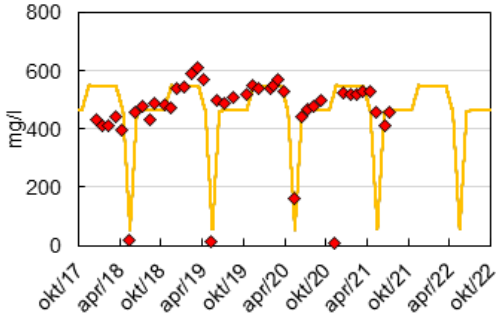
(a) KVA11: Tuollujoki



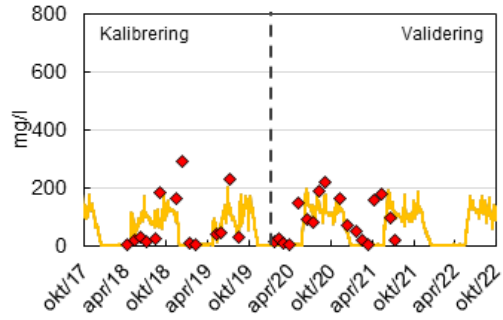
(b) AVA14: Pahtajoki



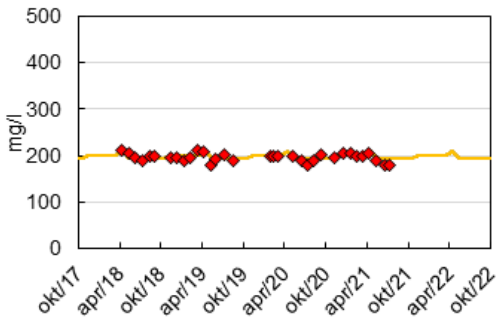
(c) KVA145: Pahtajoki, utlopp Luossajärvi



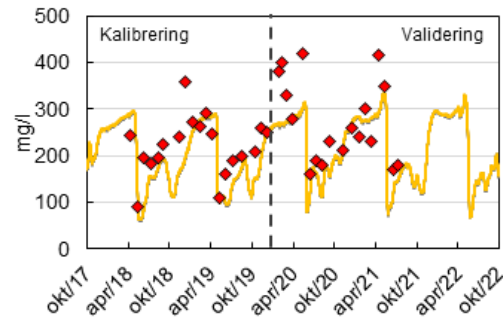
(d) AVA02: Pahtajoki, nedströms Luossajärvi



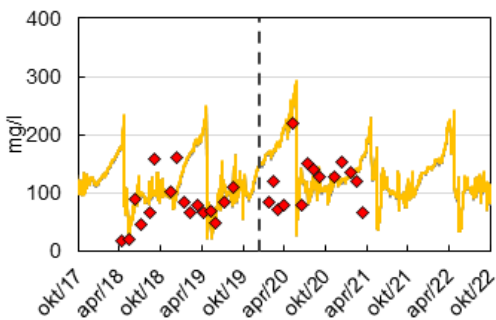
(e) AVA15: uppströms Tvillingtjärn



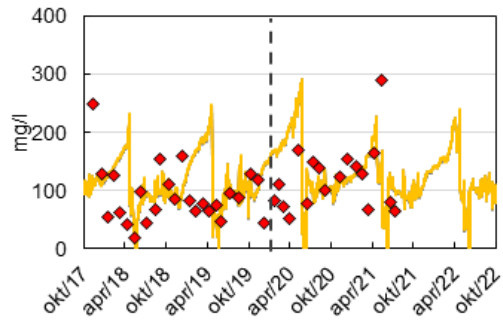
(f) AVA01: nedströms Tvillingtjärn



(g) AVA18: Pahtajoki

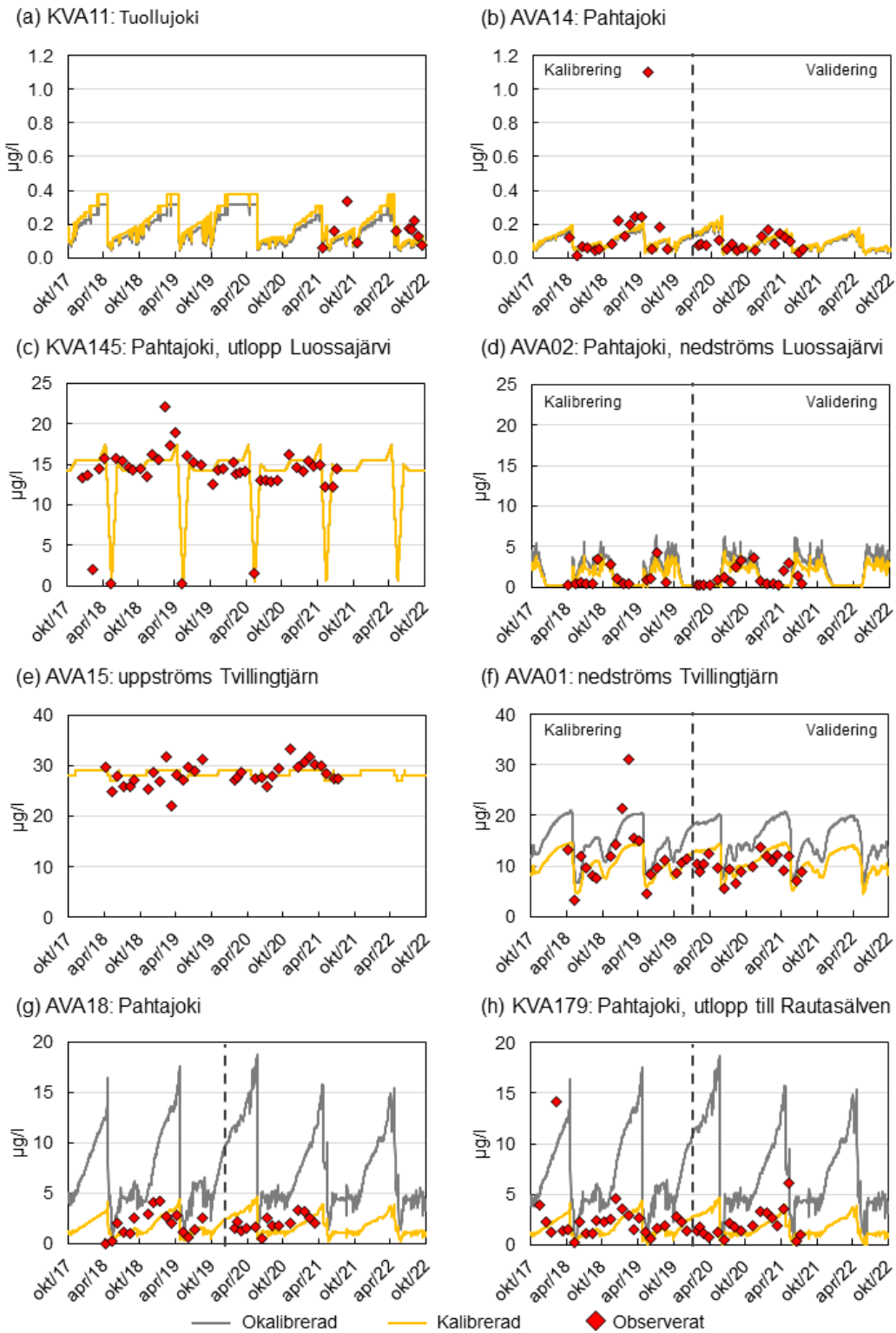


(h) KVA179: Pahtajoki, utlopp till Rautasälven

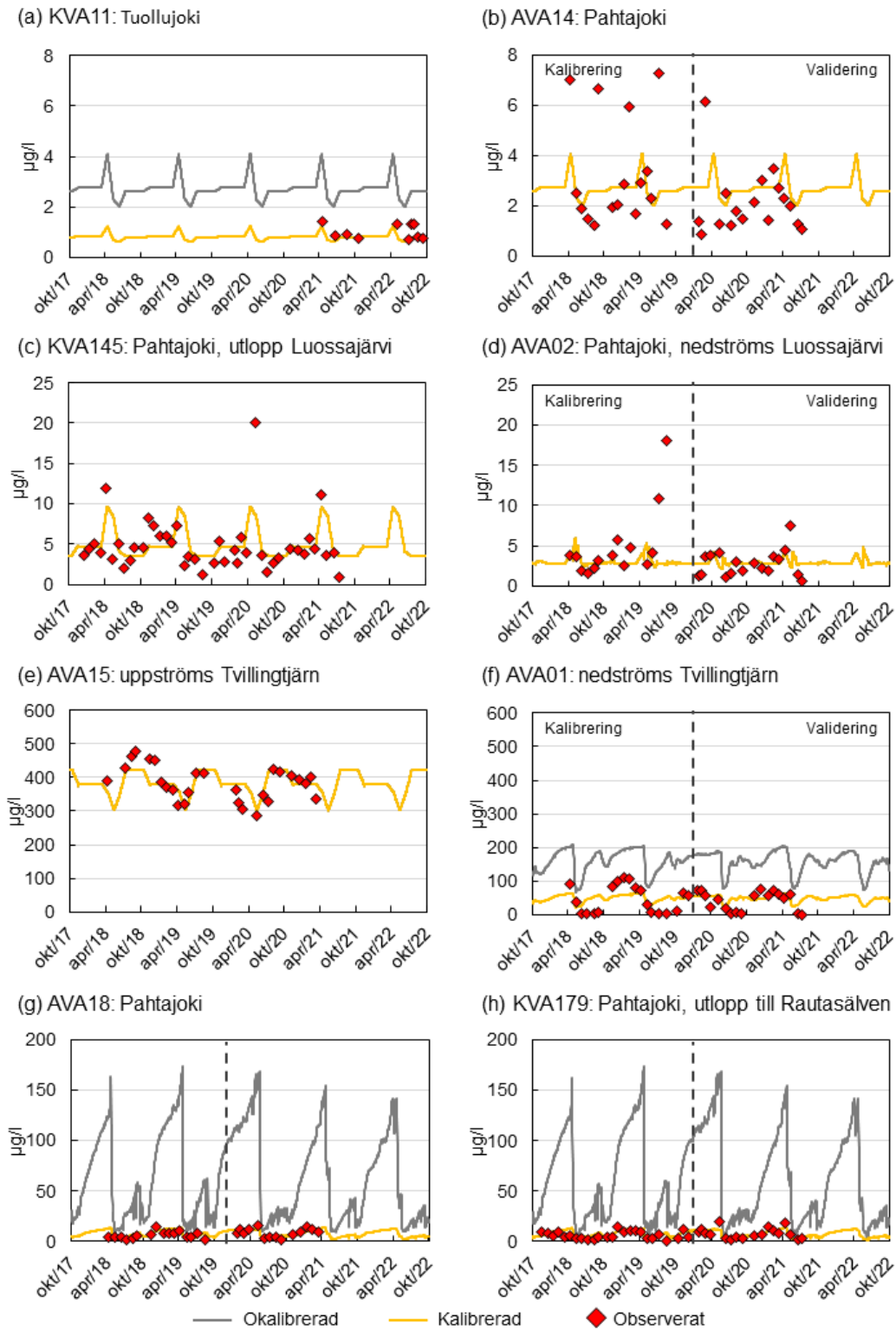


— Okalibrerad — Kalibrerad ◆ Observerad

Figur C.2 Kalibrering- och valideringsresultat för sulfat (SO₄)



Figur C.3 Kalibrering- och valideringsresultat för uran (U)



Figur C.4 Kalibrering- och valideringsresultat för zink (Zn)