

# PM Grundvatten

Kalibrering och scenarier baserat på nytt dataunderlag till  
och med augusti 2022

Datum 2023-11-09

Förberedd för: Copperstone



Kontaktperson: Peter Wihlborg  
Projektansvarig: Emma Lindborg  
Kvalitetsansvarig: Lars-Göran Gustafsson  
Författare: Emma Lindborg, Linda Randsalu  
Projekt No.: 12804788-02  
Godkänd av: Lars-Göran Gustafsson  
Datum för godkännande: 2023-11-09  
Revision: Final 1.0  
Klassifikation: **Restricted:** This document may be shared within DHI whereas sharing it outside the DHI Group entities is subject to the client's prior approval.  
Filnamn: Grundvatten omkalibrering och scenarier



## PM Grundvatten

Kalibrering och scenarier baserat på nytt dataunderlag till och med augusti 2022

Förberedd för: Copperstone  
Representerad av Peter Wihlborg

Kontaktperson: Peter Wihlborg  
Projektansvarig: Emma Lindborg  
Kvalitetsansvarig: Lars-Göran Gustafsson  
Författare: Emma Lindborg, Linda Randsalu  
Projekt No.: 12804788-02  
Godkänd av: Lars-Göran Gustafsson  
Datum för godkännande: 2023-11-09  
Revision: Final 1.0  
Klassifikation: **Restricted:** This document may be shared within DHI whereas sharing it outside the DHI Group entities is subject to the client's prior approval.  
Filnamn: Grundvatten omkalibrering och scenarier

## **Sammanfattning**

Föreliggande PM sammanfattar de modelluppdateringar som genomförts i den integrerade yt- och grundvattenmodellen för Viscariaområdet efter att ansökan om miljötillstånd lämnades in. Huvudsakliga uppdateringar består i förlängda tidsserier, utökat antal observationspunkter i kalibreringsunderlaget och en uppdaterad lineamentsmodell.

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning, syfte och bakgrund .....</b>	<b>2</b>
1.1	Genomförda simuleringar .....	2
<b>2</b>	<b>Nytt dataunderlag .....</b>	<b>4</b>
2.1	Topografi.....	4
2.2	Tidsserier .....	5
2.3	Hydrogeologiska egenskaper i jord och berg.....	7
2.4	Framtida gruva i Viscaria.....	9
<b>3</b>	<b>Kalibrering och kalibreringsresultat .....</b>	<b>10</b>
3.1	Sammanfattning av huvudsakliga ändringar i indata och metodik sedan förra versionen .....	10
3.2	Huvudsakliga steg och uppdateringar av egenskaper/processbeskrivningar under kalibreringen .....	12
3.3	Resultat från kalibrering.....	13
<b>4</b>	<b>Resultat typår nuläge .....</b>	<b>24</b>
4.1	Vattenbalans och ytavrinning .....	24
4.2	Grundvatten .....	27
<b>5</b>	<b>Scenarier .....</b>	<b>29</b>
5.1	Resultat från scenarier .....	29
5.2	Återmättnad .....	37
<b>6</b>	<b>Summering och slutsatser .....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>41</b>

# 1 Inledning, syfte och bakgrund

Copperstone Viscaria AB har ansökt om miljötillstånd för att återöppna Viscariagruvan. Inom ramen för miljöansökansprojektet har DHI utfört yt- och grundvattenmodellering i syfte att dels beskriva den hydrologiska och hydrogeologiska nulägesituationen, dels hur det kopplade yt- och grundvattensystemet kan komma att påverkas vid framtida ansökt verksamhet. Yt- och grundvattenutredningarna beskrivs i sin helhet i MKB:n Bilaga B3 som baseras på dataunderlag som sträcker sig fram till och med september 2020.

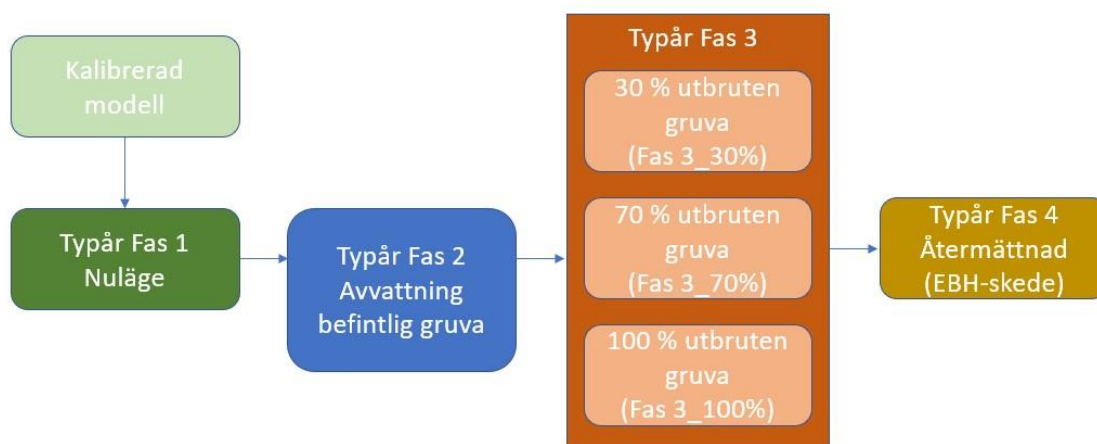
Sedan ansökan lämnades in i mars 2022 har data över yt- och grundvattennivåer kontinuerligt samlats in och nya undersökningar har genomförts som bidragit med ytterligare kunskap om områdets hydrologi och hydrogeologi. Den kopplade yt- och grundvattenmodellen har därför uppdaterats så att data insamlad till och med augusti 2022 inkluderas i modellen. I samband med denna uppdatering har också lärdomar gällande identifierade behov av modelluppdateringar från första kalibreringsomgången tagits i beaktande.

Denna PM beskriver i kapitel 2 vilken information om yt- och grundvatten som tillkommit sedan ansökan lämnades in, dvs det dataunderlag som tillkommit jämfört med vad som redovisas i Bilaga B3. I kapitel 3 redovisas hur denna information har implementerats i modellen. I kapitel 3 finns också en beskrivning av kalibreringsresultaten och hur modellen har kalibrerats. I kapitel 4 presenteras resultat för olika typår för nuläget och i kapitel 5 presenteras resultaten för framtida scenarier för gruvans olika faser. Skillnader mellan resultat från de olika modellversionerna, det vill säga den modellversion som redovisas i Bilaga B3 i ansökan och den uppdaterade modellen, diskuteras i kapitel 6. De resultat som redovisas i denna PM med avseende på kalibrering, yt- och grundvattensituationen för nuläget och de olika simulerade faserna för ansökt verksamhet ersätter de resultat för den kalibrerade modellen som redovisas i Bilaga B3. Bilaga B3 utgör dock fortfarande en viktig del i ansökan då den konceptuella modellen, bakomliggande data, stödjande modeller, modellmetodiken och stegvisa kalibreringsresultat redovisas där.

## 1.1 Genomförda simuleringar

Modellen har precis som i tidigare modellarbete (Bilaga B3) kalibrerats mot den dataperiod för vilken det finns mest omfattande dataunderlag i både yt- och grundvattensystemet. Den kalibrerade modellen utgör sedan grunden för simulering av typår för nuläget och framtida scenarier. Samma faser i gruvans utveckling som simulerades i Bilaga B3 har simulerats med den uppdaterade modellen.

Resultaten i denna PM fokuserar på eventuella skillnader mellan resultat i Bilaga B3 och resultat från den uppdaterade modellen varför resultatpresentationerna i föreliggande PM är delvis mindre omfattande än i Bilaga B3. De scenarier som beräknats och rapporteras i föreliggande PM visas i Figur 1-1.



**Figur 1-1** Beräknade scenarier. För varje fas har ett vått, ett torrt och ett normalår simulerats.

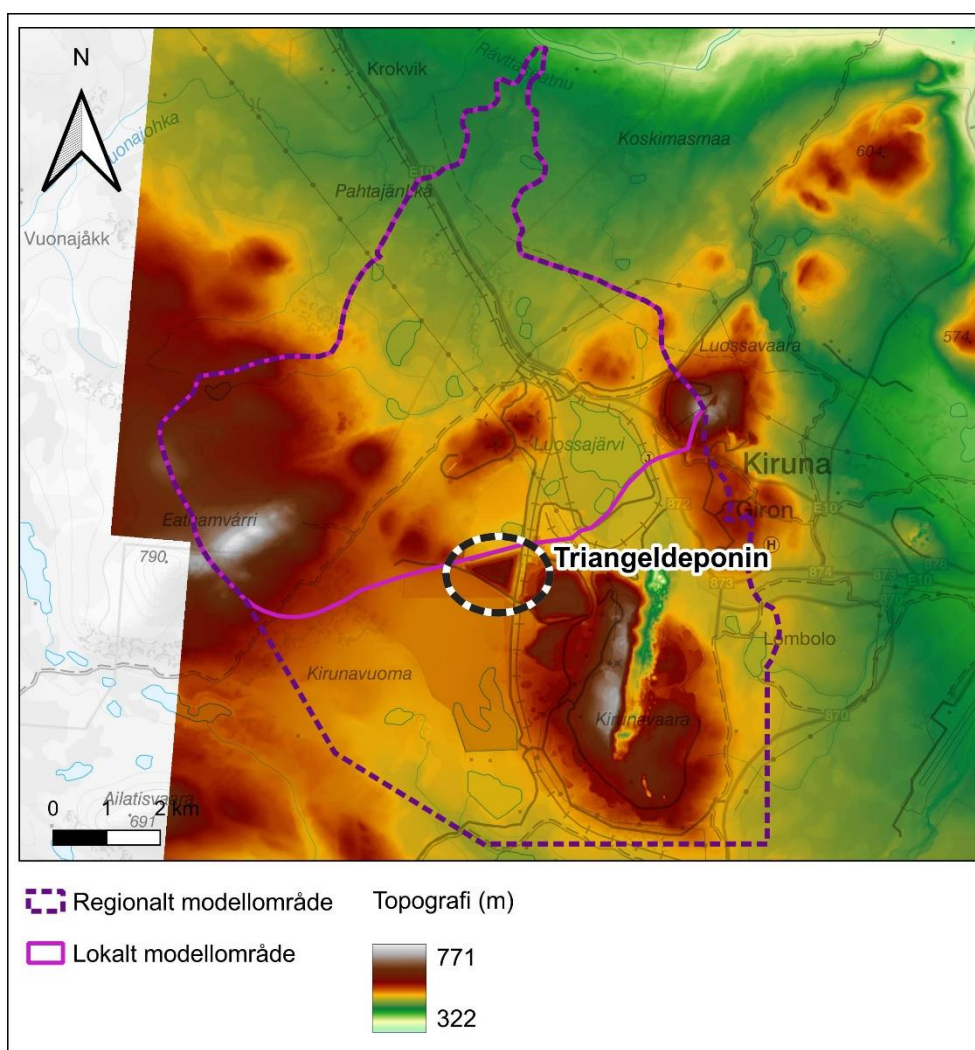


## 2 Nytt dataunderlag

I detta kapitel listas de, för grundvattenmodelleringen, relevanta data över det kopplade yt- och grundvattensystemet som tillkommit sedan ansökan lämnades in.

### 2.1 Topografi

Topografin har uppdaterats i området mellan Viscarias verksamhetsområde och LKAB:s verksamhetsområde för Kirunavaaragruvan. Den så kallade Triangeldeponin, Figur , fanns inte representerad i den höjdmodell som användes i den ursprungliga yt- och grundvattenmodellen men finns nu med i den topografiska beskrivningen av området.



## 2.2 Tidsserier

Modellen som beskrivs i Bilaga B3 har kalibrerats mot yt- och grundvattendata fram till september 2020. I föreliggande arbete har tidsserier fram till slutet på augusti 2022 använts. Även de meteorologiska tidsserierna för nederbörd och temperatur samt potentiell avdunstning har uppdaterats så att de täcker perioden fram till slutet på augusti 2022. Samma väderstationer som redovisas i Bilaga B3 har använts, tidsserierna har endast förlängts och sedan korrigerats enligt samma metoder som i tidigare modelleringsarbete.

I Figur 2-2 visas de ytvattenpunkter som användes i första versionen av modellen och de punkter som tillkommit i den uppdaterade kalibreringen. I första kalibreringsomgången användes observerade data från AVA01, AVA02, AVA14 och AVA15. För AVA14 fanns dock endast data för perioden augusti-september 2020, vilket var en kort period för att utföra en bra kalibrering mot denna mätstation. De andra stationerna AVA01, 02 och 15 hade data från april 2018. I den nya kalibreringen har även data från stationerna AVA17 och AVA18 använts som underlag.

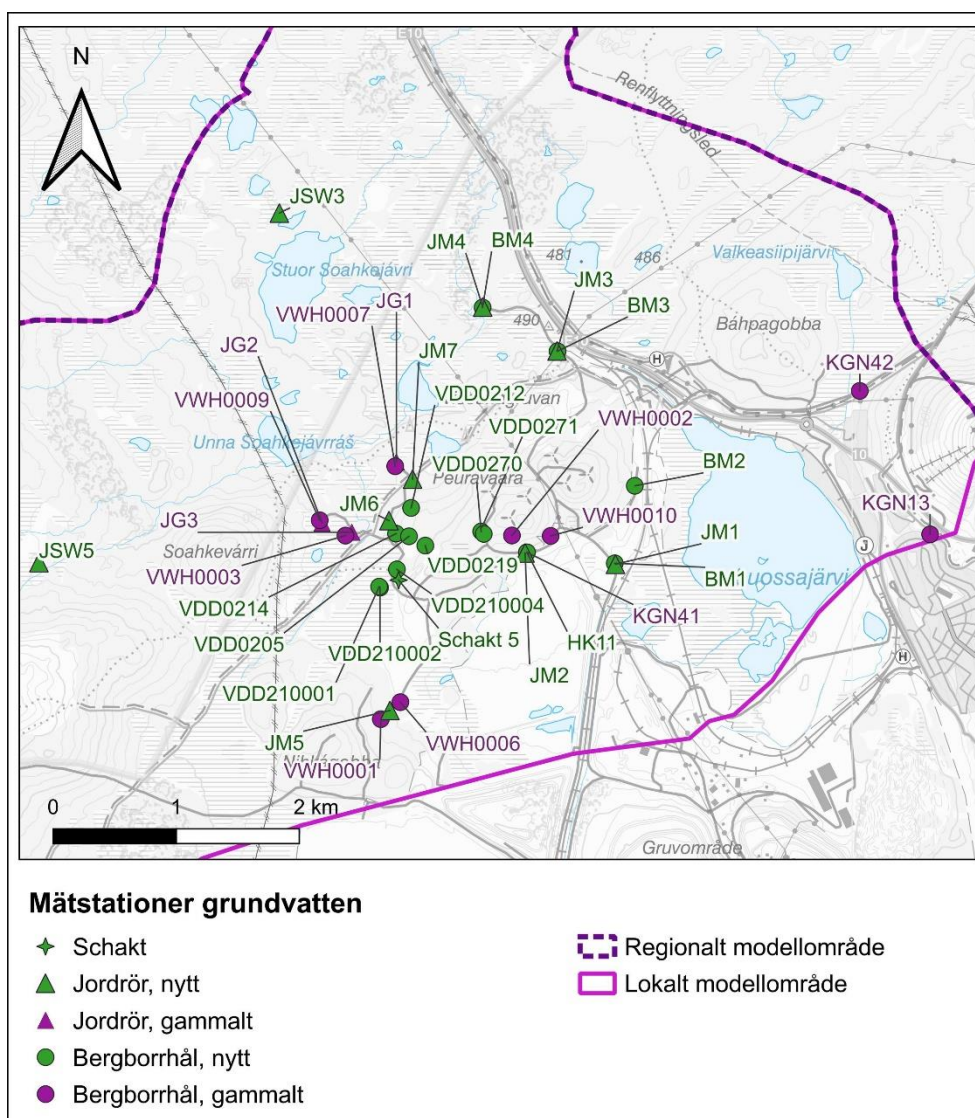
Tidsserier för ytvattenflöden och grundvattennivåer har erhållits av Copperstone. En datasammanställning av grundvattennivåer i jord och berg fram till slutet på augusti 2022 återfinns i Nordqvist (2022). Denna rapport och tillhörande dataserier utgör ett viktigt underlag till den uppdaterade modellen.



**Figur 2-2** Flödesstationer som använts i kalibreringen. Nyttillkomna punkter sen förra kalibreringsomgången är markerade med gröna prickar i figuren.



I Figur 2-3 visas de observationspunkter för grundvattennivåer i jord och berg som använts i kalibreringen. Antalet mätpunkter i både jord och berg har ökat och tidsserierna i de rör som fanns tillgängliga i förra kalibreringsomgången har förlängts. Mätningar av grundvattennivåerna i ett av gruvans schakter har också tillkommit sedan förra kalibreringsomgången.

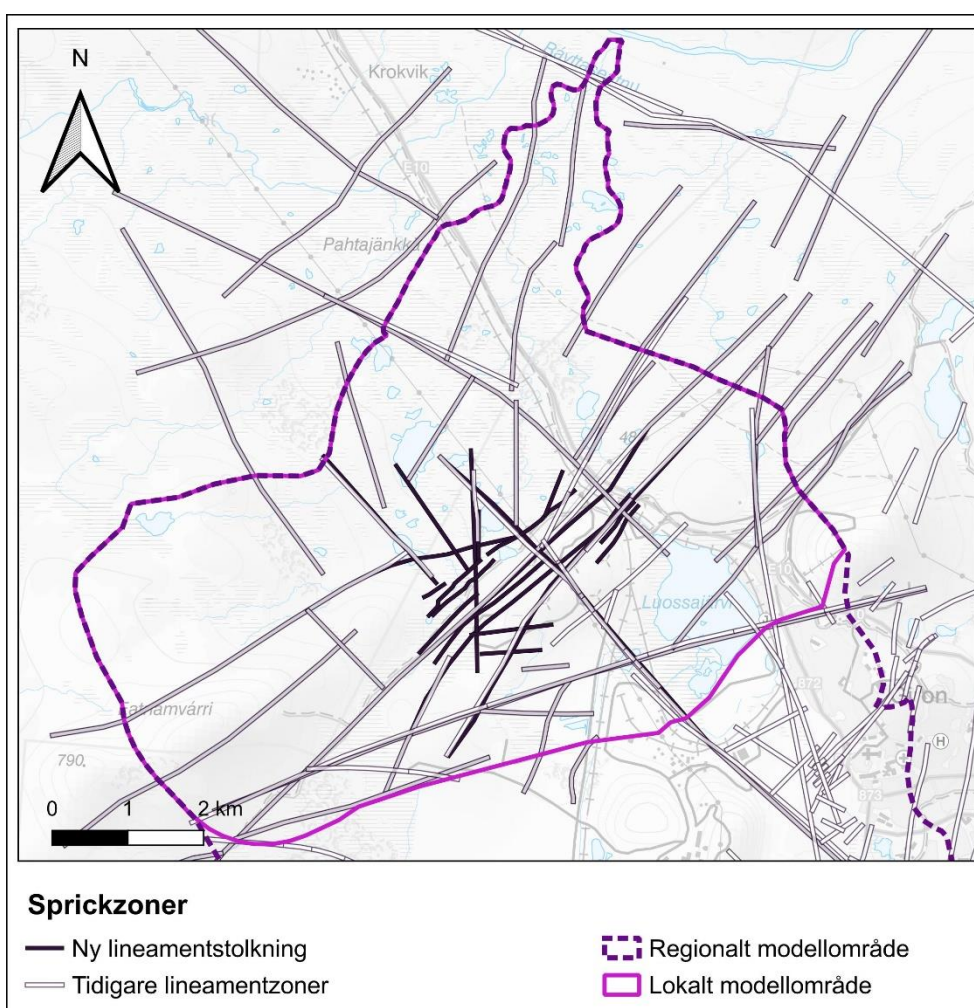


**Figur 2-3** Observationspunkter för grundvattennivåer i jord och berg som använts i kalibreringen. Nyttillkomna punkter sen förra kalibreringsomgången är markerade med grönt i figuren.

## 2.3 Hydrogeologiska egenskaper i jord och berg

### 2.3.1 Egenskaper i berget

Den huvudsakliga uppdateringen vad gäller de hydrogeologiska egenskaperna i modellen har gjorts i berget. En ny lineamentstolkning utfördes under 2022 och baseras på refraktionsseismiska undersökningar. Genomförda undersökningar och tolkning av resultaten redovisas i Mattson (2022). Lineamentsmodellen utgör ett mycket viktigt underlag till den hydrogeologiska modelleringen. Alla tolkade lineament vars existens klassats som säkra har antagits vara vattenförande sprickzoner i berget (se Figur 2-4), medan övrigt berg klassas som "bakgrundsberg" med ett djupavtagande enligt samma metodik som redovisas i Bilaga B3.



**Figur 2-4** Tolkade lineament inom området som beskrivs som sprickzoner i modellen. De zoner som fanns med i förra kalibreringsomgången är markerade i figuren med vitt och de nya zonerna med svart, grå zoner är därmed med i bägge tolkningar.

I syfte att kartlägga bergets egenskaper har sondning, pumptester, inmätning av borrhål och flödesloggning utförts i flertalet borrhål i Viscariaområdet. Dessa undersökningar redovisas i tekniska fältrapporter (Grap 21084, Grap 21407 och Grap 21577). Data från dessa rapporter tillsammans med lineamentstolkningen har gått igenom för att undersöka om den hydrologiska/hydrogeologiska konceptuella modellen över området behövde uppdateras. Resultaten från genomgången visade inte på ett behov av en uppdatering av den konceptuella modellen. Tidigare antagande om ett djupavtagande berg och en relativt låg kontakt mellan jord och berg kvarstår, och den konceptuella modellen som redovisas i kapitel 5 i Bilaga B3 antas fortfarande gälla.

### 2.3.2 Egenskaper i jorden

Flera nya jordrör har tillkommit sedan den första kalibreringen av modellen utfördes (se Figur 2-3). Utöver data från nivåövervakning i dessa rör så har jordlagerföljder och bedömd hydraulisk konduktivitet på materialet vid dessa jordrör tagits i beaktande vid kalibreringen. Installation av nya rör, hydrauliska egenskaper på jordlagren och bedömt jorddjup vid de olika rören i området redovisas i Sweco (2022) "Fältrapport Geoteknik" samt i "Slutrapport grundvattenrör 1-7". För detaljer kring dessa 7 rapporter se referenslistan i kapitel 7.

I området för framtida sandmagasin har slugtest genomförts i 8 jordrör (AFRY 2022). Resultaten från testerna har ingått i underlaget för modellen.

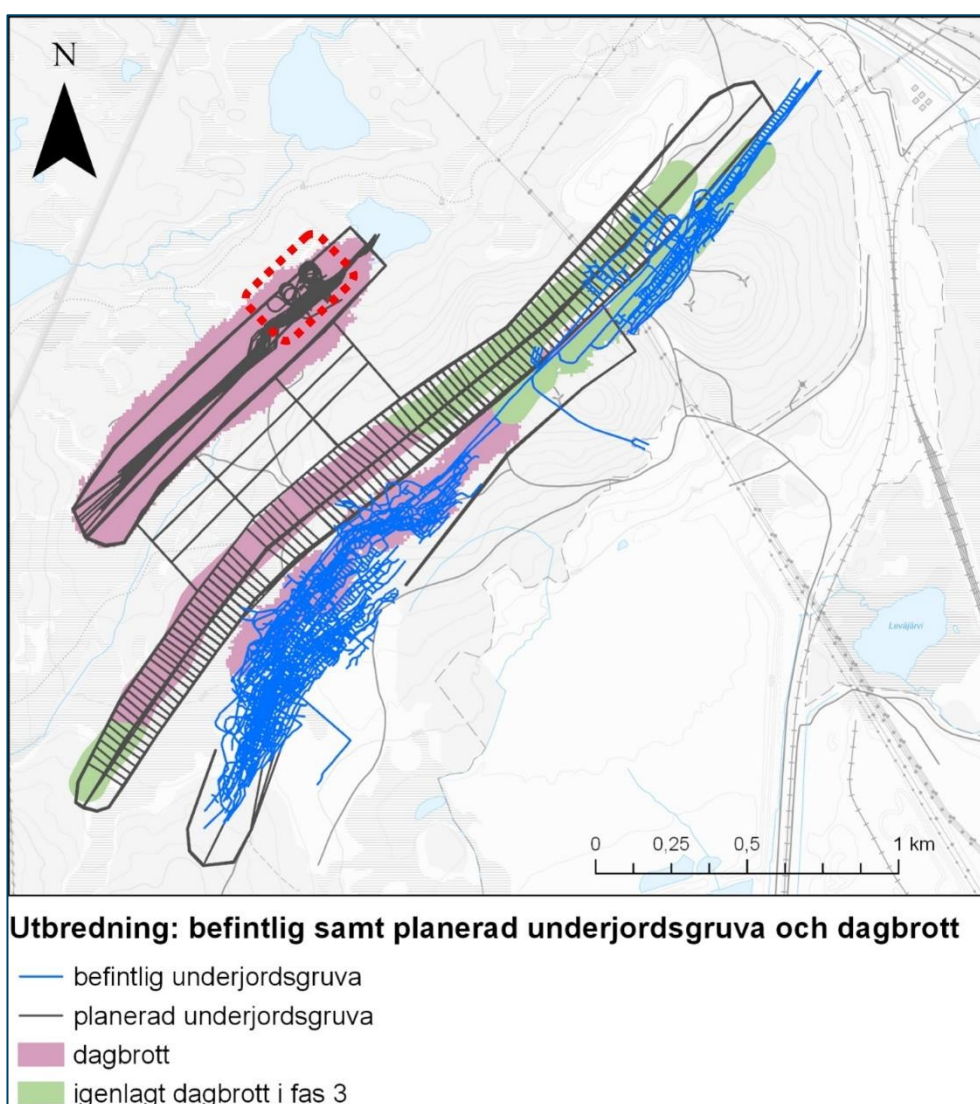
Generellt sett så bekräftar de nya undersökningarna den bild av områdets egenskaper som redovisas i den konceptuella modellen i Bilaga B3 och som implementerats i den första versionen av modellen. Lokala avvikelser med något högre eller lägre konduktivitet i morän har noterats vid de nya undersökningarna, och tester för att se om dessa lokala skillnader har påverkan på modellresultaten eller inte har genomförts som en del av kalibreringen, se kapitel 3.



## 2.4 Framtida gruva i Viscaria

Den layout över framtida gruva som beskrivs i Bilaga B3 har tillämpats även i denna omgång av modelleringen. Endast små revideringar av den numeriska gruvmodellen har gjorts och dessa ändringar återfinns i underjordsgruvan i D-zonen (Figur 2-5). I den version som tillämpades i ansökan fanns en ramp ner från markytan i underjordsgruvans nordvästra del, denna ramp har tagits bort eftersom underjordsgruvan i D-zonen planeras att anslutas via underjordsgruvan i AB-zonen (se röd streckad linje i Figur 2-5).

Gruvans utbredning vid 30% och 70% utbruten gruva är den samma som i Bilaga B3 och den beskrivning som återges där har tillämpats även i de scenarier som redovisas i denna PM.



**Figur 2-5** Område där ändringar i framtida gruvlayout jämfört med tidigare modellversion gjorts, markerad med röd streckad linje.

## 3 Kalibrering och kalibreringsresultat

I detta kapitel redovisas de uppdateringar som gjorts i modellen dels beroende på nytillkomna data, dels på grund av den ökade kunskap om modellen som vuxit fram sedan underlaget till Bilaga B3 i ansökan låstes vid förra kalibreringsomgången.

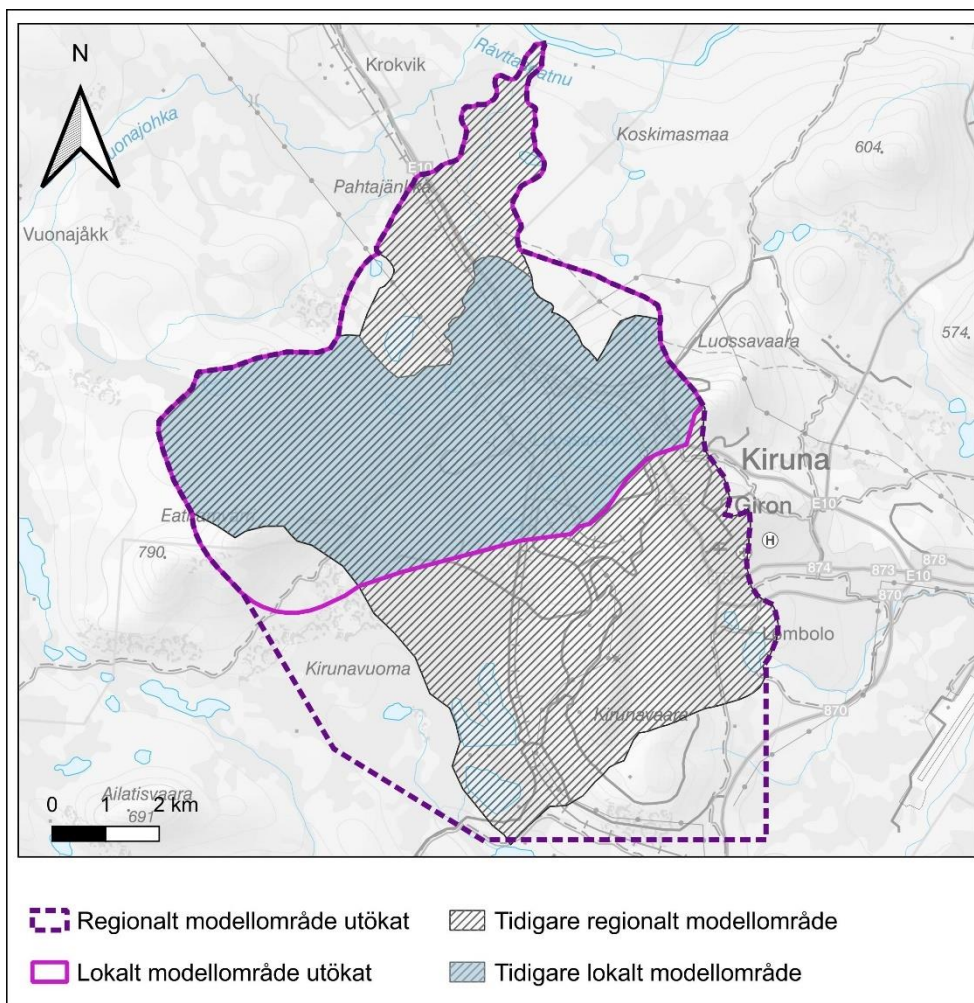
### 3.1 Sammanfattning av huvudsakliga ändringar i indata och metodik sedan förra versionen

#### 3.1.1 Modellområde och indelning av numeriska lager

Arbetet med den integrerade yt- och grundvattenmodellen utgår från två modellområden, ett lokalt och ett regionalt. I Bilaga B3 framgår att det relativt sent i modelleringsprocessen framkom att det fanns behov av en utökning av det lokala modellområdet. Denna utökning gjordes i samband med scenarioräkningarna, men alla känslighetsanalyser och beräkningar inom ramen för kalibreringen hade inte det utökade lokala modellområdet implementerat. En översyn av både det lokala och regionala modellområdet gjordes därför i inledningen av den nya kalibreringsrundan. De uppdaterade modellområdena samt de som tillämpades i förra kalibreringen visas i Figur 3-1.

Det lokala och regionala modellområdet har utökats så att hela Pahtajokis avrinningsområde ner till mynningen i Rautasälven nu inkluderas. Eftersom avsänkning vid fullt utbruten gruva vid förra kalibreringen indikerade att modellområdet nordöst och sydväst om gruvan eventuellt var för litet för att undvika randeffekter så har en utökning skett även i dessa områden. Det regionala modellområdet kring LKAB:s verksamhetsområde har också utökats för att ta bättre hänsyn till hur modellområdet förhåller sig till de tolkade lineamenten.

I förra kalibreringsomgången så ansattes en konstant lagertjocklek på beräkningslagren i de delarna av modellområdet som utökades i ett sent skede i modelleringsprocessen. Vanligtvis följer underkanterna de geologiska lagren i området men eftersom utökningen av modellområdet skedde sent i processen fanns inte tid att göra en grundlig analys av hur geologin i de nytillkomna områdena såg ut. I den uppdaterade modellen så har lagertjocklekarna från början anpassats efter de uppdaterade modellområdena och deras geologi, vilket minskar risken för numeriska instabiliteter och onaturligt stora kontraster i lagrens egenskaper.



**Figur 3-1 Tidigare regionalt- respektive lokalt modellområde jämfört med nuvarande utökade modellområden.**

### 3.1.2 Iterationer mellan regional och lokal modell

I förra kalibreringsomgången etablerades och kalibrerades först den regionala modellen. Randvillkor från denna modell ansattes sedan på ränderna till den lokala modellen. Däremot implementerades aldrig lärdomar och uppdateringar som utfördes i den lokala modellen tillbaka till den regionala skalan. Det vill säga: det skedde inga iterationer mellan lokal och regional modell under kalibreringsskedet i den första modelleringsomgången.

I den uppdaterade modellen så har alla kalibrerade egenskaper från den lokala modellen från den första modelleringsomgången (som redovisas i Bilaga B3) som ett första steg implementerats i den regionala modellen. Vidare har genomförda ändringar i lokalmodellen kontinuerligt förts över till regionalmodellen under kalibreringens gång, samtidigt som randvillkoren har uppdaterats ett antal gånger under kalibreringsprocessen. Detta medför att eventuella randeffekter från en icke uppdaterad regionalmodell försvinner.

Alla genomförda scenarier har räknats på både regional och lokal skala för att undvika randeffekter från den regionala modellen på den lokala modellen. Denna iteration genomfördes inte i förra kalibreringsomgången.



### 3.1.3 Egenskaper i sandmagasinet

I den förra modelleringprocessen kom det relativt sent fram information om egenskaperna i det efterbehandlade sandmagasinet. I Karlsson (2021) framgår att de nedre jordlagren i magasinet är mycket täta och att delvis omättade förhållanden återfinns i torv och morän under magasinet. Den övre metern innehåller mer grovkornigt material och vattenmättnad uppstår över hela magasinet på cirka en meters djup. En uppdatering av egenskaperna hos sanden i det efterbehandlade sandmagasinet har därför utförts. Ett högt  $K_h$  och lågt  $K_v$  ansattes för att beskriva de egenskaper som beskrivs i Karlsson (2021). Detta resulterar i att den beräknade avrinningen från området, som mäts i AVA18, samt grundvattennivåerna runt området har förbättrats väsentligt sedan denna uppdatering genomfördes.

### 3.1.4 Beskrivning av berget i MIKE SHE-modellen

Hela den del av modellvolymen i MIKE SHE som utgörs av berg har uppdaterats. Med utgångspunkt i den uppdaterade lineamentsmodellen (Mattson 2022) har en uppdaterad beskrivning av sprickzoner och bakgrundsberg lagts in i modellen. Lineamentens djup och bredd har beskrivits enligt vad som framgår i Mattson (2022). Samma djupavtagande vattengenomsläpplighet i bakgrundsberget som redovisas i Bilaga B3 har tillämpats i den uppdaterade modellen.

Då det vid framtida gruvdrift kan uppstå stora avsänkningar i berget måste även beskrivningen av berget i den omättade zonen omfatta en djupavtagande vattengenomsläpplighet. Detta fanns inte med i den förra versionen av modellen vilket kan ha orsakat överskattade vertikala flöden. I den uppdaterade modellen är samma djupavtagande  $K$ -värden ansatta i både den mättade och omättade zonen.

Den befintliga och idag vattenfyllda gruvan beskrivs på samma sätt i den uppdaterade modellen som i den föregående versionen av modellen (Bilaga B3).

## 3.2 Huvudsakliga steg och uppdateringar av egenskaper/processbeskrivningar under kalibreringen

Efter att ha utfört initiala simuleringar med det nya modellområdet och de uppdaterade egenskaperna och förlängda tidsserierna på uppmätt avrinning upptäcktes att den beräknade ytavrinningen var betydligt lägre än den observerade, särskilt under snösmältningen. På grund av förlängda tidsserier över ytvattenflöden i området var det lättare att dra slutsatser kring modellens brister med avseende på avrinning än i tidigare kalibreringsomgång. För att åtgärda detta, och för att undersöka modellens känslighet med den nya parametreringen, genomfördes cirka sjuttio olika kalibrerings- och känslighetsfall med fokus på snösmältning och evapotranspiration samt genomsläpplighet i sprickzoner, berg och morän. Resultatet av dessa körningar ledde till en uppdaterad kalibrerad modell med följande slutgiltiga ändringar:

- Graddagarskoefficienten, som styr intensiteten på snösmältningen, ändrades från ett konstant värde på 2 mm/°C/dag till en tidsvarierande serie som ger en mer intensiv snösmältning vid högre temperaturer under sommarhalvåret.
- Den potentiella evapotranspirationen (PET) minskades med 30%, vilket dels överensstämde med beräkningar utförda med SMHI:s modell HYPE, dels gav en avrinning som stämde väl överens med observerade data. Dessutom reducerades PET ytterligare till 10% av detta värde när dygnsmedeltemperaturen är under 2°C

för att minska avdunstning direkt från snön. Denna åtgärd ansågs motiverad eftersom andelen tillgängligt vatten vid snösmältning var för liten och det noterades att det under senvintern avgick stora mängder vatten från snömagasinet i form av avdunstning (sublimering) i stället för att vatten smälter av och bildar avrinning.

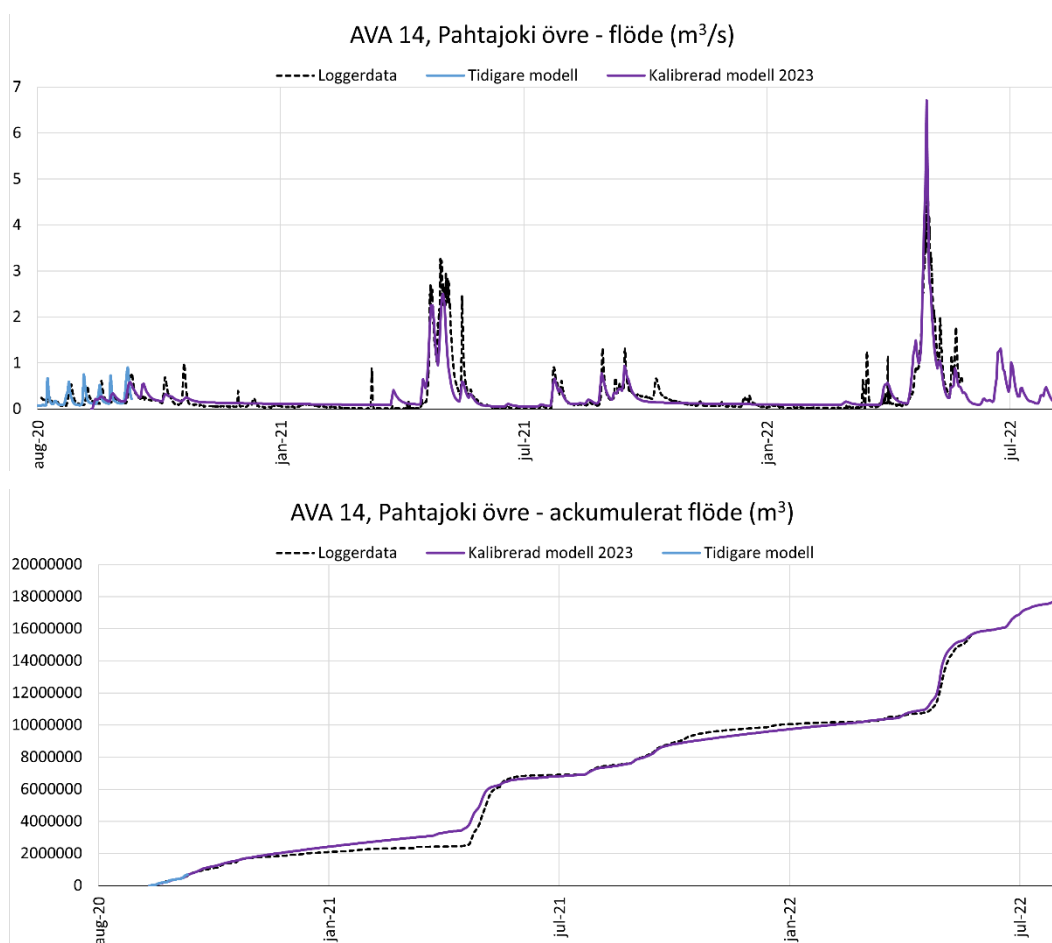
- Smältpunkten för snö justerades från 0 till 1°C.
- Områden som tidigare var täckta av lövskog i modellen ändrades till fjällbjörkskog med lägre bladtyteindex (maximal LAI på 2 i stället för 3,21) och mindre rot djup (450 mm i stället för 600 mm). Dessutom förkortades vegetationsperioden med en månad i början och en månad i slutet för få en bättre anpassning till lokala förhållanden i nordligaste Sverige.
- Lokala topografiska förhållanden, som kan ha en påverkan på hur riktningen på ytlig grundvattenavrinning och avrinning på markytan styrs, återspeglas inte på den 50\*50 grid som tillämpas i modellen. För att ta hänsyn till detta aktiverades en så kallad dräneringsfunktion i modellen så att vattnet i modellen följer de observerade ytvattendelarna. Vid större vägar och utmed järnvägen ansattes ett dräneringsdjup på 2 m och en relativt effektiv dränering ansattes i dessa områden.
- En dräneringsfunktion implementerades också i den vattenfyllda gruvan med en fast nivå på 510 m i norra delen och 512 m i södra delen. Syftet var att reglera grundvattennivåerna i gruvan och kunna hantera utflödet genom bäckar och språng som inte fångas upp med den befintliga modellupplösningen.
- Egenskaperna för omättad strömning justerades så att ett djupavtagande i den hydrauliska konduktiviteten ansattes även i den omättade zonen. I tidigare modellversion så har ett djupavtagande i berget endast ansatts i den mättade zonen. Vid stora avsänkningar i berg, som uppstår lokalt kring gruvan, kan de vertikala flödena överskattas om djupavtagandet inte ansätts i både den mättade och omättade zonen.
- Lokala ändringar i berget i närheten av de inrasade områdena i gruvans nordostliga del utfördes så att berget blev mer genomsläppligt. Lokala ändringar gjordes även runt schaktet i södra delen av den nuvarande gruvan eftersom inledande simuleringar visade på alldeles för höga grundvattennivåer i denna del av gruvan.

### 3.3 Resultat från kalibrering

#### 3.3.1 Ytvatten

I den nya kalibreringen har observerade data använts dels från de stationer som beskrivs i Bilaga B3, dels från två nya stationer, AVA 17 och AVA18, för perioden september 2020 till slutet på augusti 2022. I AVA14 fanns i förra omgången enbart data för augusti och september 2020 varför denna även jämfördes mot NAM-beräknade flöden för en historisk period (Bilaga 3, avsnitt 8.1, 9.1 och 10.2.3.2). Nu har beräknade flöden i AVA14 kunnat kalibreras mot samma tidsperiod som övriga stationer och en mycket bra överensstämmelse mellan uppmätta och modellerade flöden i denna station uppnås (Figur 3-2).

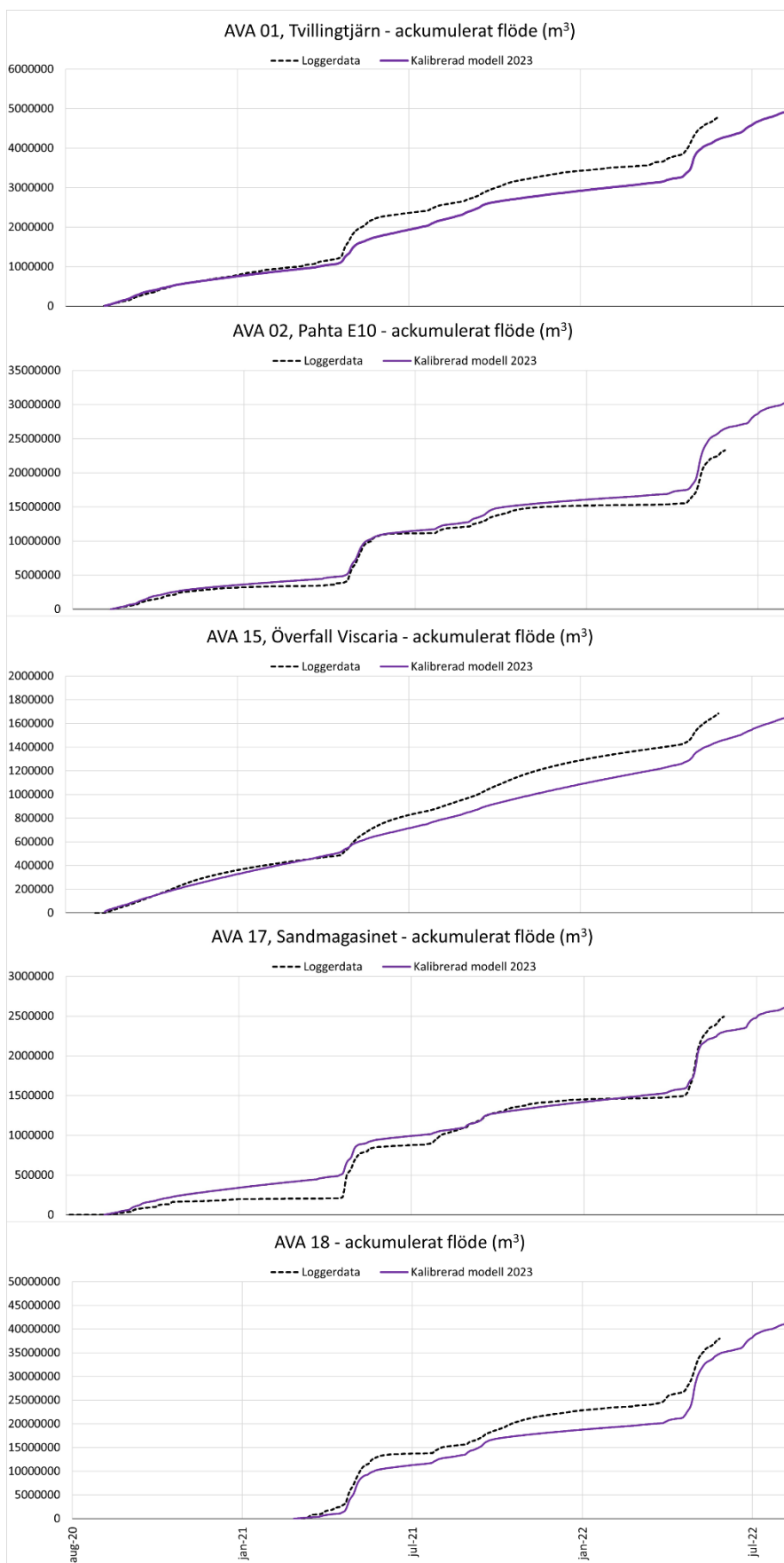
För övriga mätstationer som även fanns med i förra kalibreringsomgången, ger den nya kalibrerade modellen resultat som stämmer bättre överens med uppmätta flöden (Tabell 3-1). Alla stationer, såväl nya som gamla stationer, uppfyller det satta målet om maximalt 20% skillnad mellan modellerade och uppmätta värden (Figur 3-3).



**Figur 3-2** Modellerad och uppmätt flödesdata från mätpunkt AVA14.

**Tabell 3-1** Skillnad i ackumulerade uppmätta och modellerade flöden. Värt att notera är att i tidigare modell jämfördes perioden 2018–2020 medan ny modell kalibreras över perioden 2020–2022.

Mätpunkt	Skillnad i ackumulerat flöde, tidigare modell	Skillnad i ackumulerat flöde, kalibrerad modell 2023
AVA01	-18%	-12%
AVA02	-18%	13,5%
AVA14	12%	-0,3%
AVA15	-36%	-14%
AVA17	-	-8%
AVA18	-	-9%



**Figur 3-3** Modellerad och uppmätt flödesdata från AVA01, AVA02, AVA15, AVA17 och AVA18.

### 3.3.2 Vattenbalans

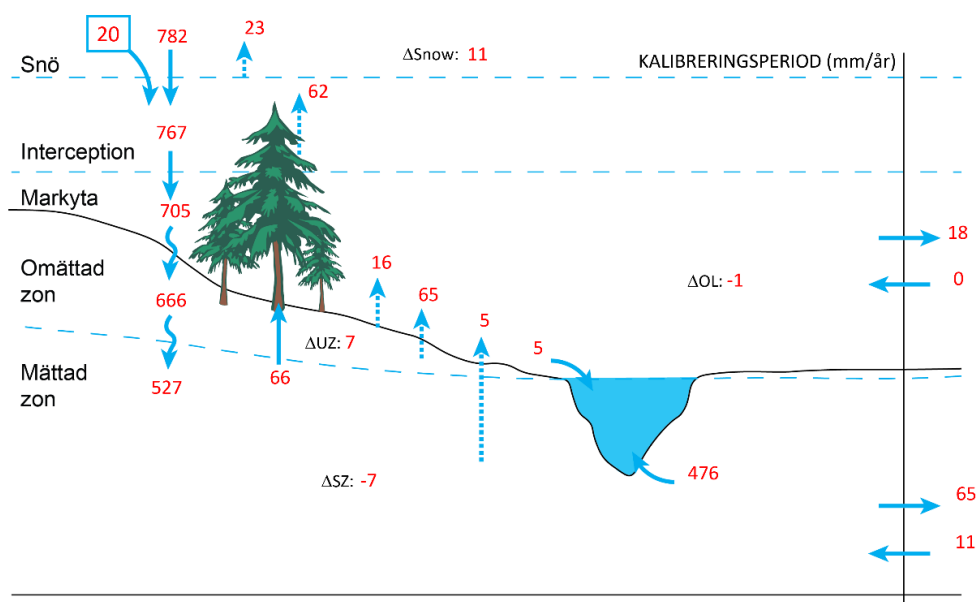
Figur 3-4 visar en vattenbalans i mm/år, baserat på hela det lokala modellområdet beräknat som årsmedelvärden normaliserat över området area för kalibreringsperioden som sträcker sig från september 2020 till slutet på augusti 2022.

Den nya kalibreringsperioden (2020–2022) har en högre nederbörd än tidigare (2018–2020); den genomsnittliga årsnederbörden för nuvarande kalibreringsperiod är 782 mm medan den för den tidigare var 695 mm. Utöver den naturliga nederbörden adderas en extra nederbörd i området mellan Luossajärvi och Tvilling sjöarna till modellen. Denna extra nederbörd adderas i en cell och normaliserat över hela modellområdet motsvarar det 20 mm/år. Vattnet får infiltrera och sprida sig på såväl markytan som i grundvattnet ner mot Tvillingtjärnarna. Det extra vattnet representerar det läckage av vatten som sker mellan utloppskanalen och Tvillingtjärnarnas avrinningsområde, se bilaga B3 för en mer detaljerad beskrivning av detta flöde.

Den totala evapotranspirationen är 237 mm/år eller 30% av nederbörden vilket är 20 procentenheter lägre än i föregående modell. Ytavrinningen har ökat från 37% till 62% av nederbörden vilket stämmer bättre med observationer och SMHI:s HYPE-modell (se kapitel 3.2). Grundvattenbildningen till jordlagren är i medeltal cirka 527 mm/år.

Precis som i föregående modelleringsrunda sker ett grundvattenutflöde över randen på lokalommodellen. Detta flöde är i medeltal 54 mm/år och sker troligen i huvudsak i sydostlig riktning mot Kirunavaaragruvan.

Eftersom två på varande följande år med olika nederbörd och potentiell avdunstning simuleras under kalibreringsperioden uppstår en magasinsförändring: grundvattenmagasinet minskar med 7 mm/år och den omättade zonen vatteninnehåll samt snömagasinet ökar med 7 respektive 11 mm/år.



**Figur 3-4** Vattenbalans i mm/år över kalibreringsperioden. För förklaring av ingående poster se Bilaga 3, Figur 10-13.

### 3.3.3 Grundvatten

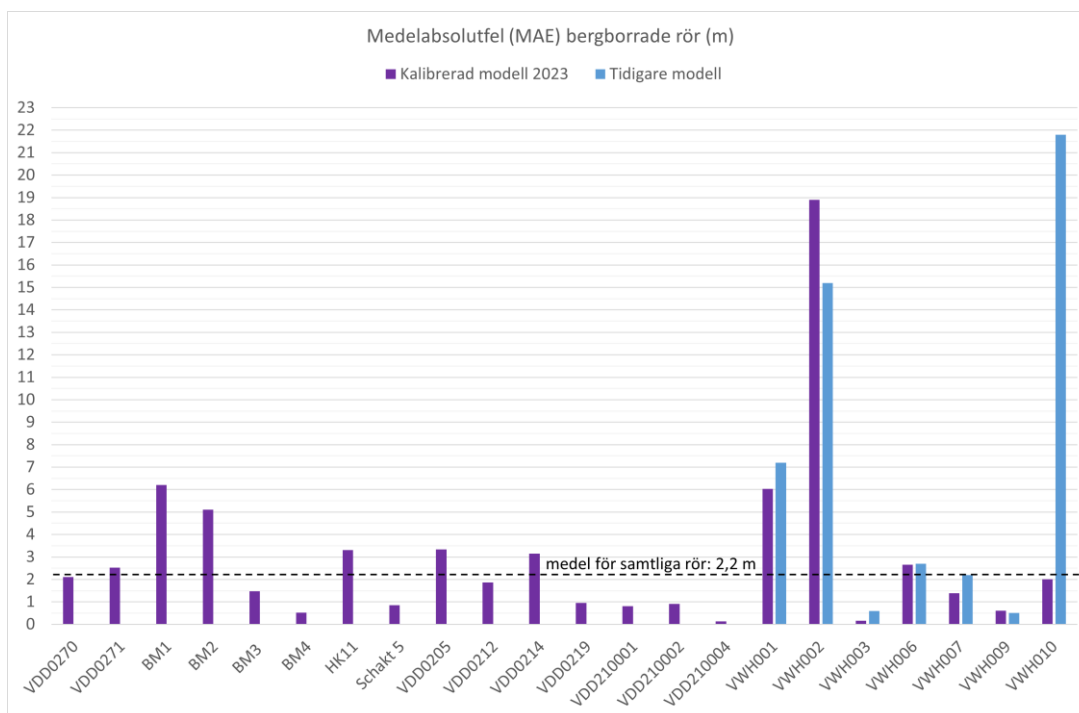
Underlaget för den nya kalibreringen har varit mer omfattande än under föregående kalibreringsomgång och beräknade grundvattennivåer har jämförts mot nya observationer. Tillkommande nivåobservationspunkter visas som gröna punkter i Figur 2-3. Medelfel samt absolut medelfel för beräknade grundvattennivåer har utvärderats enligt beskrivningen i Bilaga 3. Medelfelet för alla bergborrade rör, förutom VWH0002 som ligger rakt ovanför den vattenfyllda gruvan i AB-zonen, är 2,2 meter (Figur 3-5). Som nämnts i Bilaga 3 är det svårt att göra direkta jämförelser mellan observerade nivåer i öppna borrhål i berg och modellberäknade nivåer. Ett medelfel på 2,2 m, som uppnåts i majoriteten av rören, bedöms vara ett acceptabelt resultat när det gäller grundvattennivåer i enskilda punkter i modellen, givet att det finns två gruvor i området som utgör en markant störning av det naturliga grundvattensystemet i berget.

I förra kalibreringsrundan fanns enbart tre jordrör med ett fåtal mätningar från vintern 2020/2021 att tillgå och det modellerade medelfelet för dessa var 0,5 m. I denna runda har 12 jordrör inkluderats och det modellerade medelfelet för samtliga rör uppgår till 1,5 m. Majoriteten av rören har dock ett medelfel under en meter vilket medför att kalibreringen uppnått ett acceptabelt resultat givet de stora gradienter som finns inom området (Figur 3-6). Beräknade grundvattennivåer i rör JM1, JM5 och JM6 har relativt stora medelfel som trots omfattande känslighetsanalyser inte minskar. Lokala kalibreringsåtgärder kring rören kan medföra att felet reduceras markant, men resultaten i helhet i modellen sätts då ur spel varför det inte ansett motiverat att kalibrera modellen till bra överensstämmelse lokalt kring dessa rör.

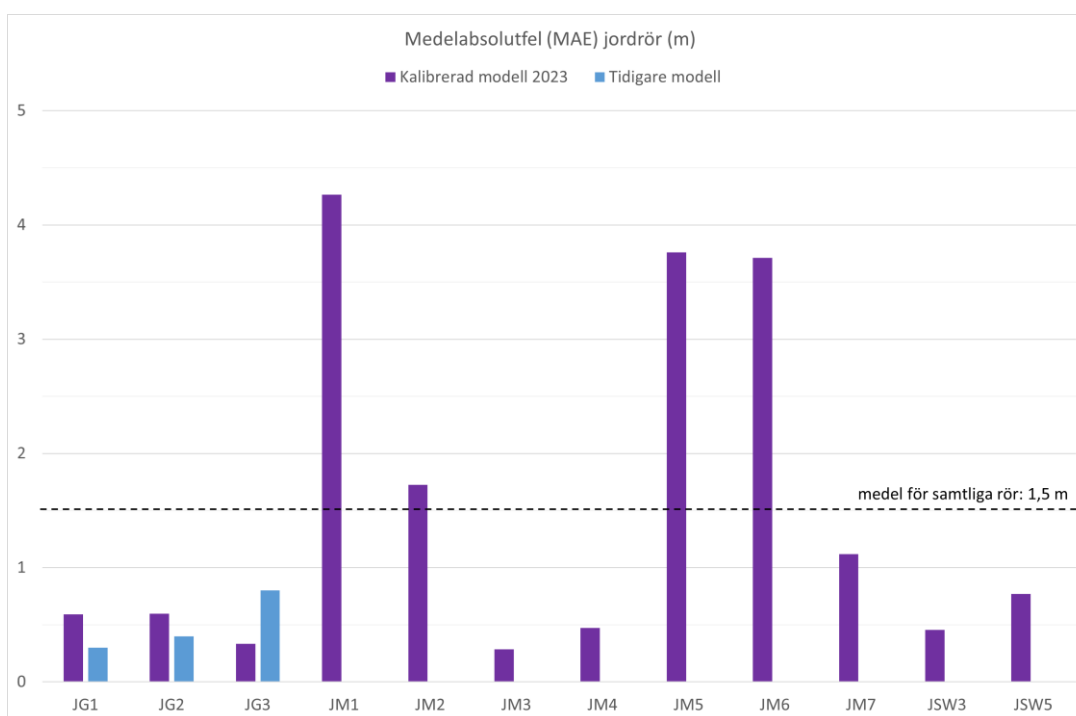
Sammanfattningsvis är grundvattennivån i modellen för hög, vilket är i enlighet med föregående kalibreringsomgång. Dock har felet sett över alla rör minskat efter den uppdaterade kalibreringen. Rör VWH0002, som tidigare låg i genomsnitt 15 meter för lågt ligger i nuvarande modell 19 meter för högt. Detta rör, tillsammans med VWH0010 som ligger strax öster om den vattenfyllda gruvan, är de enda rör där skillnaden mellan tidigare och nuvarande kalibrering är större än en dryg meter.

Modellerad och uppmätt grundvattennivå för ett urval av de rör som ingått i båda kalibreringsrundorna visas i Figur 3-7 samt Figur 3-8.

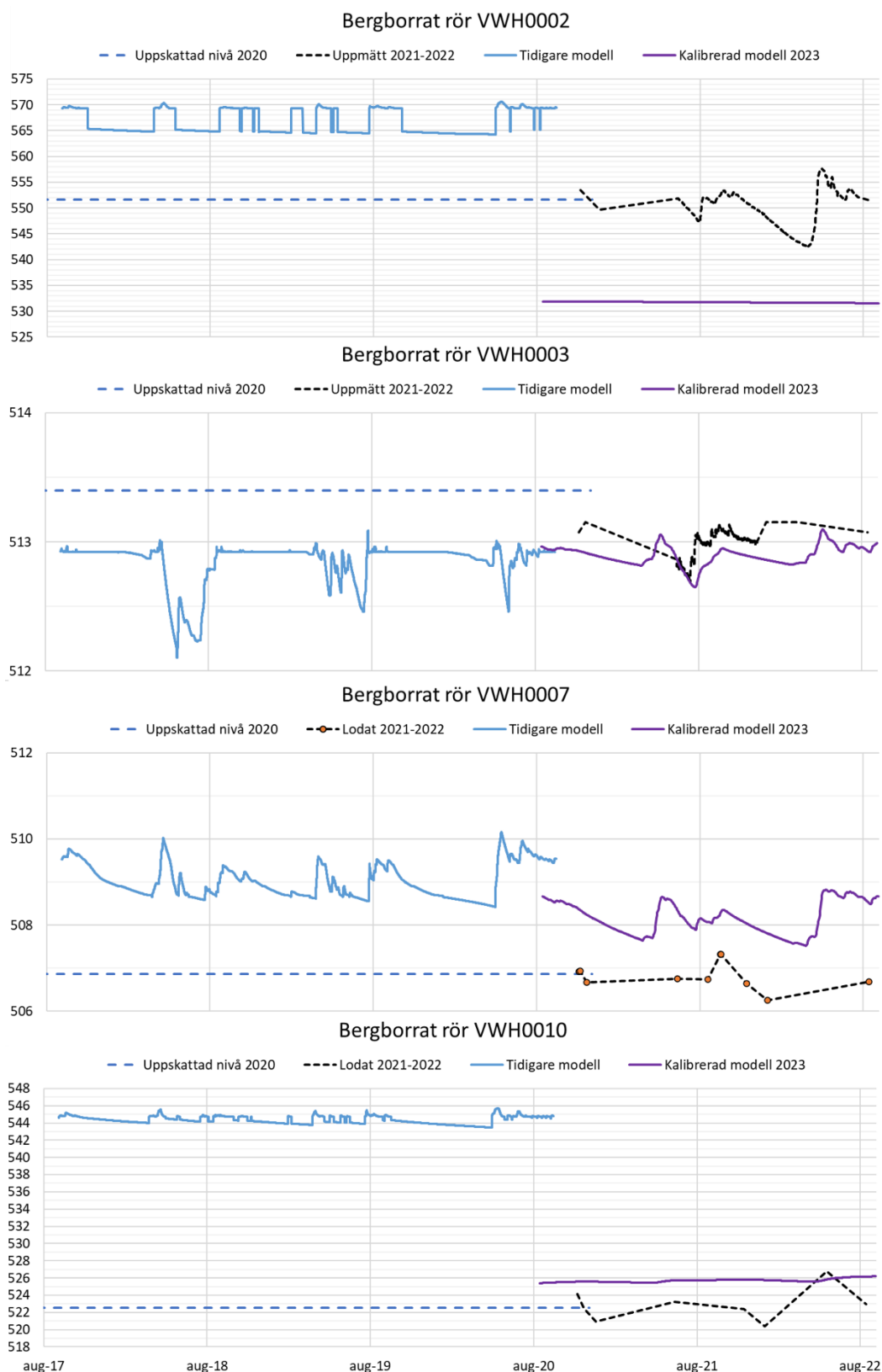




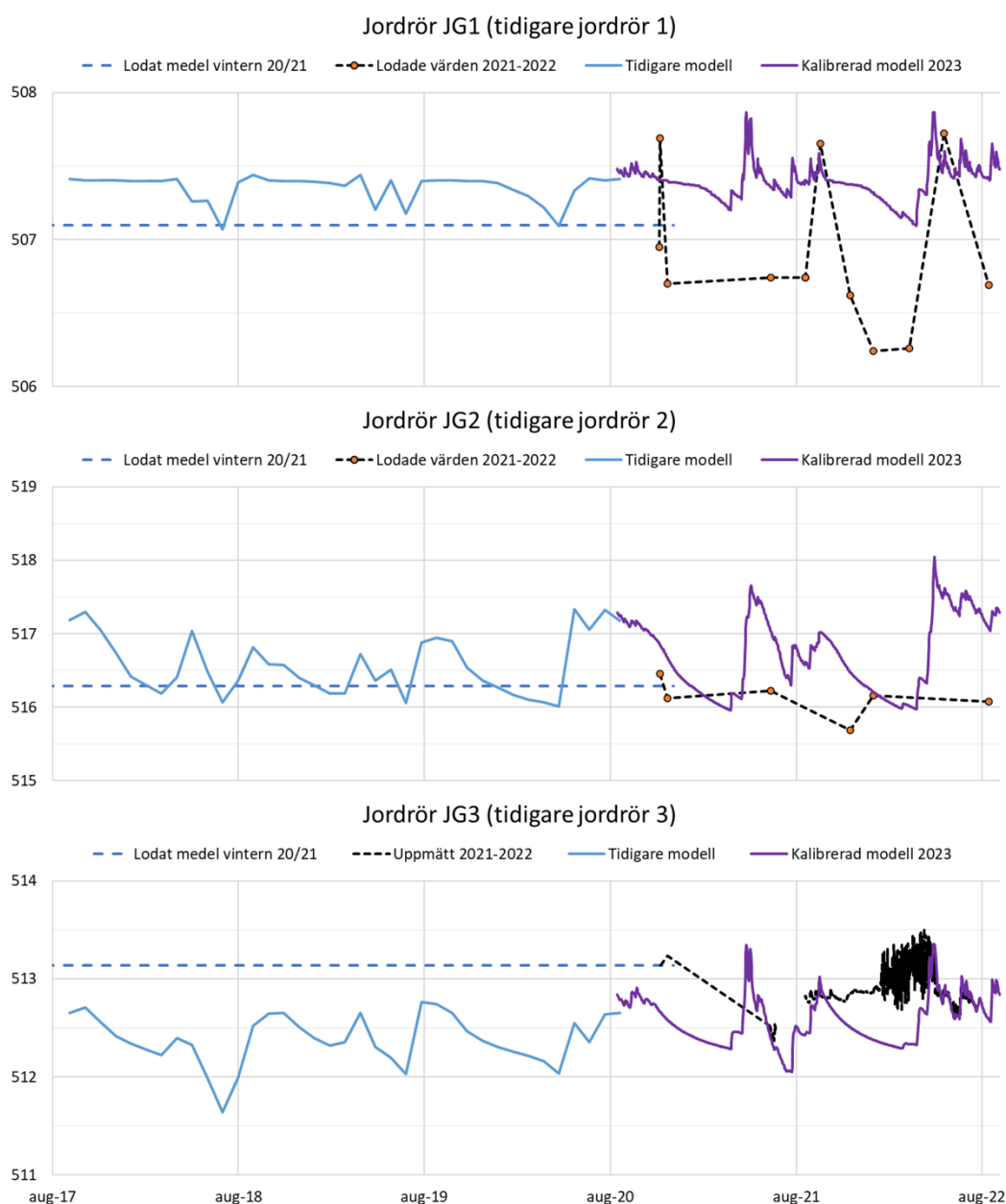
**Figur 3-5 Medelabsolutfel för samtliga bergborrade rör som ingick i kalibreringen**



**Figur 3-6 Medelabsolutfel för samtliga jordrör som ingick i kalibreringen**



**Figur 3-7** Modellerade och uppmätta grundvattennivåer för ett urval av de bergborrade rör som använts i bägge kalibreringsomgångarna. Tidigare kalibreringsperiod var 2017-2020 medan den nya kalibreringen gjordes mot nya mätningar från perioden 2020-2022.



**Figur 3-8 Modellerade och uppmätta grundvattennivåer för de jordrör som ingick i föregående validering samt nuvarande kalibrering. Jordrören användes i valideringsfasen (2019-2020) av föregående modellering och har nu kalibrerats mot mätdata från perioden 2020-2022.**

Sprickzonernas lägen och egenskaper har stor inverkan på inflödet till gruvan och det finns osäkerheter kopplade till detta eftersom grunden för sprickzonernas lägen i modellen helt utgår från de observerade lineamenten. Alla lineament vars existens som bedömts som säkra utgör vattenförande zoner i modellen (se kapitel 3 samt Mattson 2022). Den konceptuella förståelsen av området utifrån de undersökningar som utförts i området är att berget har en avtagande vattengenomsläpplighet med djupet. I tidigare modelleringsomgång ansattes ett djupavtagande för bakgrundsberget mellan sprickzonerna, men inte för zonerna. I grundmodellen och i föregående modelleringsomgång hade alla zoner en hydraulisk konduktivitet på  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s. Det är ett relativt högt K-värde och därmed ett konservativt antagande. I första modelleringsomgången, då dataunderlaget var mer begränsat än vid den uppdaterade kalibreringen som redovisas här, valdes dock detta antagande i syfte att inte underskatta

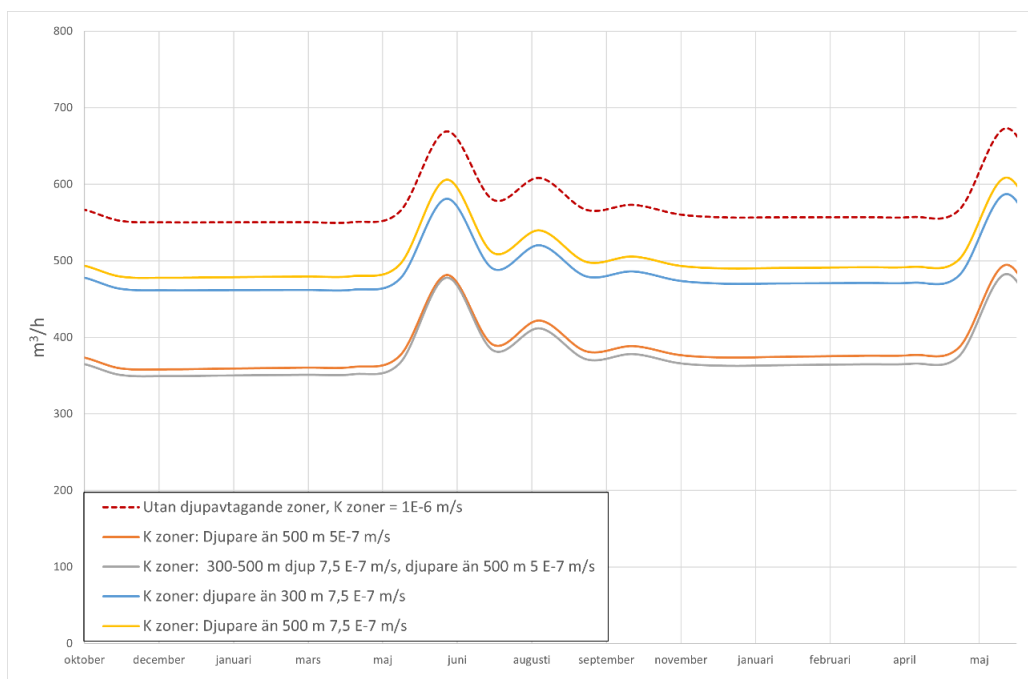
grundvattenpåverkan. Med hjälp av nya undersökningar finns det dock underlag för att anta att ett djupavtagande K-värde även bör ansättas för zonerna.

För att undersöka modellens känslighet för ett djupavtagande i zonerna, genomfördes en känslighetsanalys. I analysen inkluderades hela den framtida gruvan (Fas3:100%) med länshållning och olika djupavtaganden ansattes för att analysera hur inflödet påverkades av olika ansatta egenskaper på sprickzonerna. Bakgrundsberget i modellen under 300 m djup har ca 5 ggr lägre K-värde än i det överliggande berget, för att representera ett djupavtagande K-värde. Fyra olika känslighetsfall med tätare sprickor, dvs lägre K-värden, under 300 m djup samt under 500 m djup testades i modellen. För att behålla ett konservativt tänkande och inte underskatta grundvattenpåverkan minskades vattengenomsläppligheten endast med en faktor 2 respektive 1,3. Inflödet till gruvan vid de olika känslighetsfallen visas i Figur 3-9, som visar att inflödet till gruvan är känsligt för det ansatta värdet på zonernas vattengenomsläpplighet. Utan avtagande vattengenomsläpplighet i zonerna hamnar inflödet på ca 550 m<sup>3</sup>/h med ett maxvärde under snösmältningen på ca 570 m<sup>3</sup>/h. Om alla zoners vattengenomsläpplighet, mellan 300–500 m djup, sänks med en faktor 1,3 och genomsläppligheten för zoner under 500 m sänks med en faktor 2, så sjunker inflödet till gruvan till ca 360 m<sup>3</sup>/h med ett maxvärde på ca 480 m<sup>3</sup>/h. Om endast zonerna under 300 meters djup sänks med en faktor 1,3 sjunker inflödet till ca 475 m<sup>3</sup>/h med ett maxvärde på ca 590 m<sup>3</sup>/h.

När befintlig gruva dränerades i modellen utan avtagande vattengenomsläpplighet, uppgick inflödet till befintlig gruva till i medeltal 250 m<sup>3</sup>/h, vilket alltså är högre än de observerade 150–200 m<sup>3</sup>/h som uppmättes då gruvan var i drift (Lindqvist 1993). Detta indikerar att ett visst djupavtagande i sprickornas vattengenomsläpplighet är motiverat.

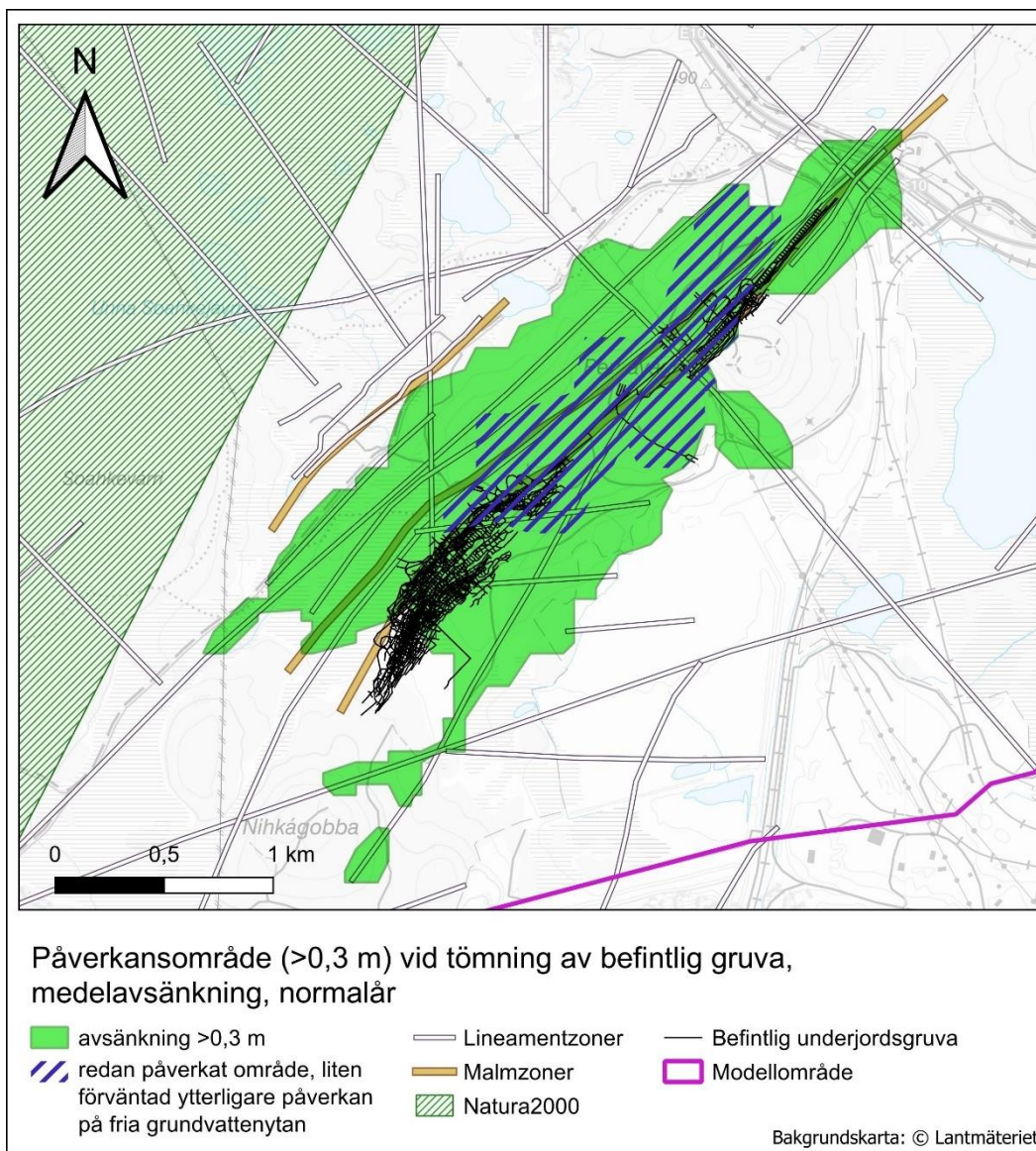
För att undvika en underskattning av inflödet och därmed grundvattenpåverkan, och samtidigt ta hänsyn till den djupavtagande trend i K-värde som noterats i undersökningarna beslutades att fortsätta beräkningar med modellen som har ett svagt avtagande i zonernas K-värde under 300 m. Det vill säga, K-värdet minskades med en faktor 1,3 från  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s till  $7,5 \cdot 10^{-7}$  m/s för sprickzoner i modellen under 300 m djup. Det svaga djupavtagandet i zonerna jämfört med omgivande berg innebär en konservativ ansats i syfte att inte underskatta inflöde och grundvattenpåverkan, det är inte osannolikt att djupavtagandet i området zoner är större.

Resultaterande inflöden i fullt utbruten gruva med det ansatta djupavtagandet är i samma storleksordning som redovisades i Bilaga B3. I den uppdaterade modellen hamnar totala inflödet i medeltal på 475 m<sup>3</sup>/h jämfört med tidigare rapporterade 481 m<sup>3</sup>/h.



**Figur 3-9** Inflöde till gruvan i AB och D-zonen inklusive dagbrott vid olika antaganden om zonernas djupavtagande vattengenomsläpplighet.

Utbredningen på grundvattenavsänkningen som uppstår när befintlig gruva dräneras i modellen är något mindre i den uppdaterade modellen än vad som rapporterades i Bilaga B3. De mer perifera områdena av påverkansområdet som redovisas i Figur 10-23 i Bilaga B3 återfinns inte i den uppdaterade modellen. Detta beror framför allt på att hanteringen av den omätta zonen och att modellområdet har reviderats, vilket medför att de vertikala flödena ner mot djupet i områden med berg i dagen har reducerats samt att problem med randeffekter har försvunnit. Den uppdaterade lineamentsmodellen (Mattson, 2022) medför också att avsänkingsmönstret förändrats något. Ett tätare spricknätverk lokalt kring gruvområdet medför att avsänkingsområdet blir mer samlat kring gruvan än i tidigare version av modellen. I Figur 3-10 visas det område inom vilket grundvattenytan sänks av mer än 30 cm (som ett årsmedelvärde) när hela den befintliga gruvan länshålls i modellen. Påverkansområdet centralt kring gruvan har ett liknande mönster som i den tidigare modellen och stämmer bra överens med beskrivningen av avsänkningen från när gruvan var i drift (Lindqvist 1993). Lindqvist rapporterar att avsänkningar upp mot 80 m i gruvans närområde observerats och att avsänkningen avtog helt på ett avstånd ca 300 m från gruvan. I figuren markeras även det område som i nuläget har en sänkt grundvattenyta på grund av att gruvans dräneringsnivå ligger på ca 510 m.



**Figur 3-10 Påverkansområde vid dränering av den idag vattenfyllda gruvan, alla lineament i figuren antas vara vattenförande zoner.**



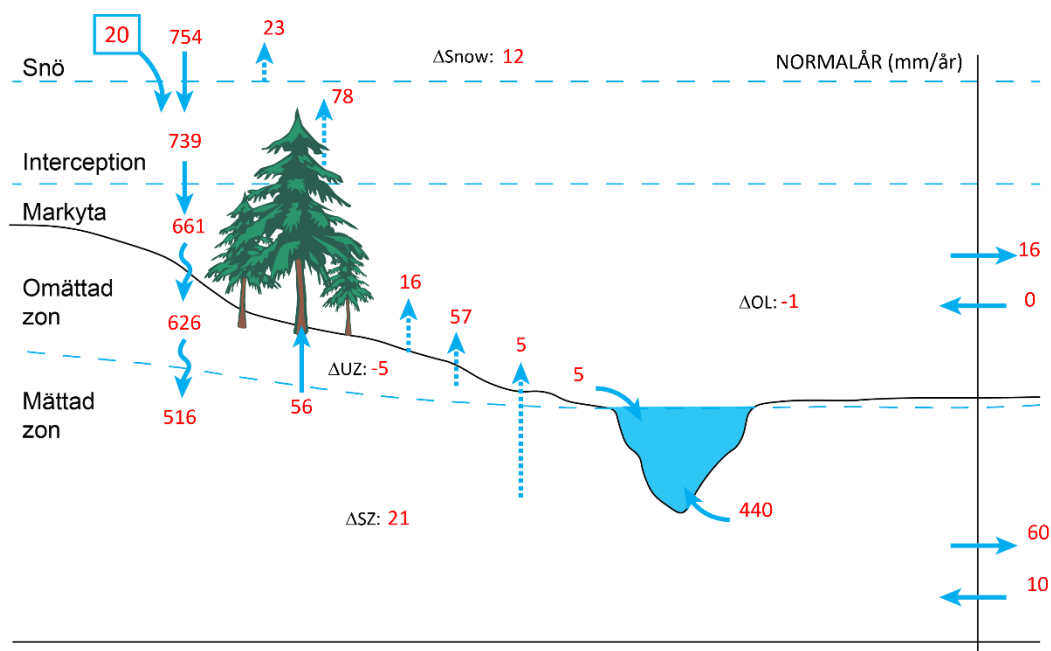
## 4 Resultat typår nuläge

I följande avsnitt presenteras resultaten för nulägesmodellen för olika typår: ett normalår, ett våtår och ett torrår. Samma typår som i Bilaga B3 har tillämpats.

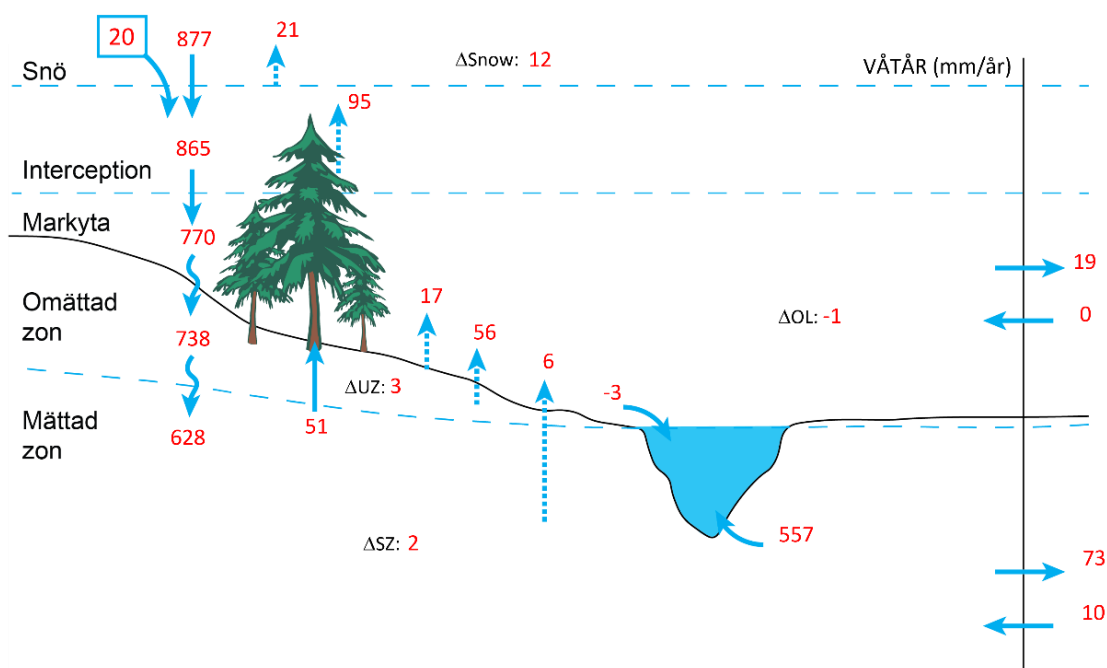
### 4.1 Vattenbalans och ytavrinning

Eftersom samma typår har tillämpats som användes i Bilaga B3 är den genomsnittliga årsmedelnederbörden den samma som tidigare (med några mm skillnad beroende på exakt vilken tidsperiod vattenbalansen räknats ut för). Under normalåret är nederbörden 754 mm, under våtåret 16% högre (877 mm) och under torråret aningen lägre (751 mm). Då den totala potentiella evapotranspirationen har sänkts under den nya kalibreringsprocessen (kapitel 3.2), och dessutom relaterats till temperaturen är variationen i den faktiska beräknade evapotranspirationen mellan typår aningen större (under normalår 235 mm, under våtår 246 mm eller 5% större och under torrår 250 mm eller 6% större). R/P-kvoten, som tidigare var 0,57 för normalår, 0,68 för våtår och 0,54 för torrår är även den större: 0,68 för normalår, 0,73 för våtår och 0,64 för torrår. Detta innebär att en större del av nederbörden, cirka 70%, bildar yt- och grundvattenavrinning.

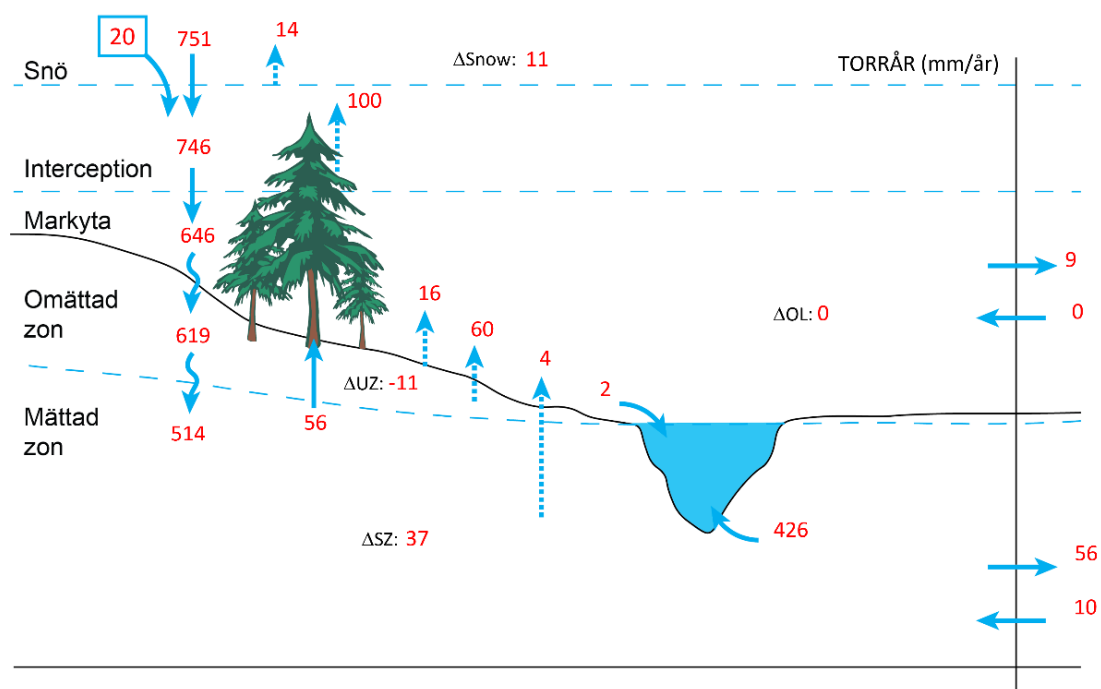
Precis som i föregående modelleringsrunda är grundvattenbildningen som högst under våtåret och uppgår till 628 mm medan den under normal- och torrår är 516 respektive 514 mm. Större delen av denna grundvattenbildning rör sig i de ytligaste marklagren och bildar ytavrinning. Den ökade grundvattenbildningen under våtåret resulterar i en ökad ytavrinning: under normalår uppgår denna till 461 mm medan den under våtår är 573 mm, en ökning med 24%. Under torrår minskar ytavrinningen med 5% (jämfört med normalåret) till 437 mm.



Figur 4-1 Vattenbalans i mm/år över modellerat normalår.

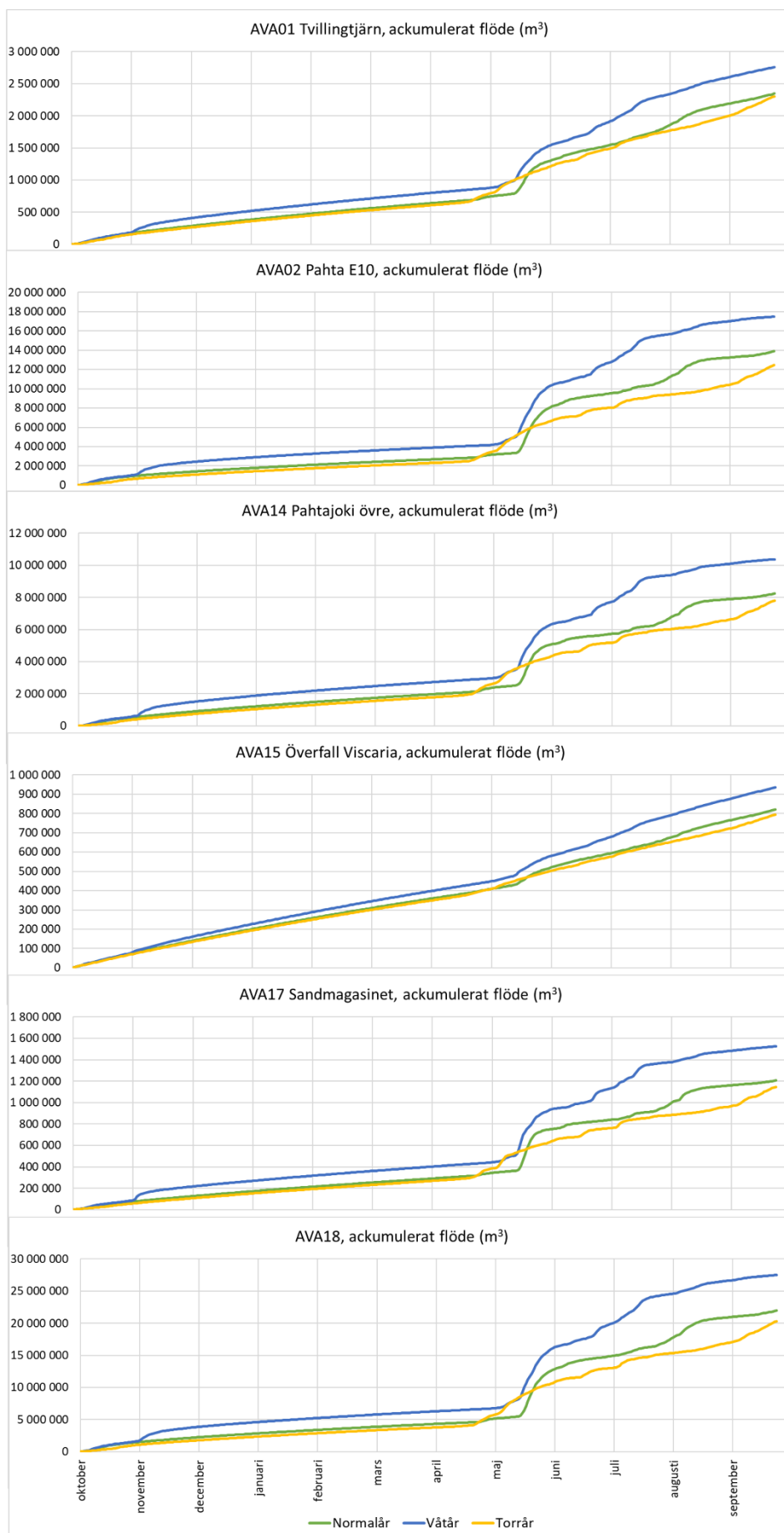


**Figur 4-2 Vattenbalans i mm/år över modellerat våtår.**



**Figur 4-3 Vattenbalans i mm/år över modellerat torrår.**

Den ökade ytavrinningen under våtåret återspeglas i de modellerade flödena: jämfört med ett normalår så ökar det totala ackumulerade flödet med 25% i Pahtajokisystemet (AVA02, AVA14 och AVA18) och i den nya mätpunkten vid sandmagasinet (AVA17), samt med 22% i AVA01 nedströms Tvillingtjärnarna. Under torrår minskar flödet med mellan 6 och 11% förutom i Tvillingsjösystemet (AVA01) där minskningen är nästintill obefintlig (Figur 4-4). Precis som under kalibreringsperioden är flödet större i alla observationspunkter i nuvarande modell tack vare minskad potentiell evapotranspiration (PET) (kapitel 3.2) (Tabell 4-1).



**Figur 4-4 Ackumulerade flöden under modellerade normal-, våt- och torrår.**

**Tabell 4-1 Ackumulerat flöde (miljoner m<sup>3</sup>) vid de olika mätpunkterna för normal-, våt- och torrår för tidigare modellversion samt nuvarande modell**

Mät punkt	Ackumulerat flöde (Mm <sup>3</sup> ), tidigare modell			Ackumulerat flöde (Mm <sup>3</sup> ), modell 2023		
	Normalår	Våtår	Torrår	Normalår	Våtår	Torrår
AVA01	1,5	1,8	1,5	2,3	2,8	2,3
AVA02	7,4	9,5	7,0	13,9	17,5	12,4
AVA14	6,6	8,5	6,3	8,3	10,4	7,8
AVA15	0,1	0,1	0,1	0,8	0,9	0,8
AVA17				1,2	1,5	1,1
AVA18				22,0	27,5	20,3

## 4.2 Grundvatten

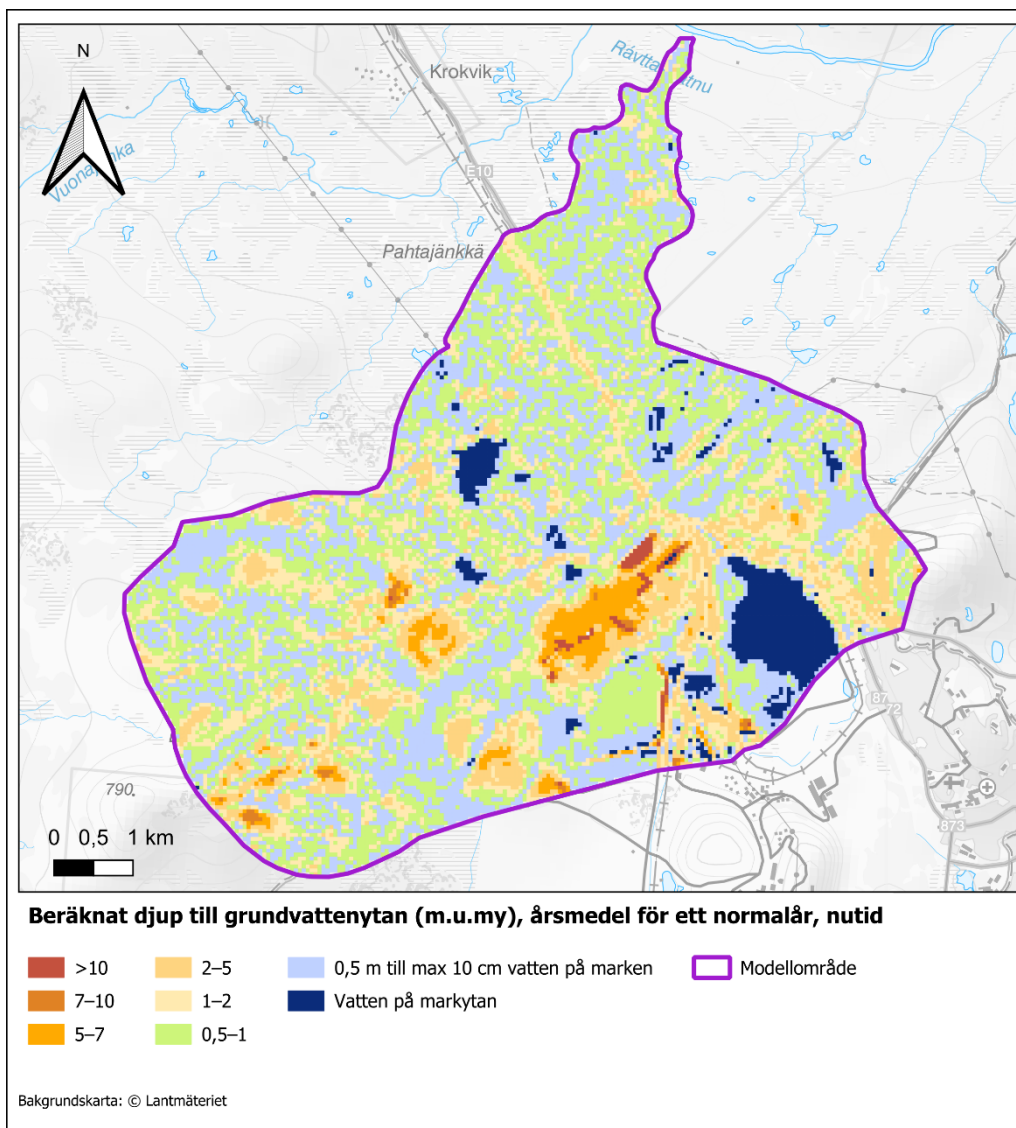
Den modellerade grundvattenytan för normalåret som visas i Figur 4-5 har stora likheter med den beräknade grundvattenytan för normalåret som presenterades i Bilaga B3. Områden med berg i dagen och områden med större djup till grundvattenytan än 2 m är likvärdiga de som i Bilaga B3 förutom att ett tydligt stråk med djupare grundvattenyta syns utmed järnvägen i Figur 4-5. Detta är kopplat till den dränering som aktiverats runt vägar och järnvägar i den uppdaterade versionen av modellen.

De områden som har en grundvattenyta ytligare än 0,5 m har ökat i omfattning i den nya versionen av modellen, ljusblå områden i Figur 4-5. Detta beror dels på det minskade avdunstningstrycket och de förändrade egenskaperna på fjällbjörkskogen, dels att dräneringsfunktionen helt tagits bort i områdets våtmarker, vilket medför att mer vatten finns tillgängligt i det ytligaste grundvattensystemet.

Området i det efterbehandlade sandmagasinet har en ytligare grundvattenyta i den uppdaterade modellen. Detta beror på ändrade egenskaper i magasinets anrikningssand som reducerar perkolationen av grundvatten ner i undergrunden; vatten rinner i stället av via vattendragen som leder till AVA 17.

De nedre delarna av Pahtajokis avrinningsområde ner till mynningen i Rautasälven, som inte inkluderats i modellen tidigare, har generellt sett en ytnära grundvattenyta. Området karakteriseras av våtmarker och topografin är relativt flack varför beräknade grundvattennivåer är enligt förväntan.

Skillnaderna mellan typåren är mycket liten: medeldjupet till grundvattenytan för normalåret är 1,1 m. För torråret är medeldjupet 1,2 m och för våtåret 1,0 m. Då djupet till grundvattenytan har ett liknande mönster mellan typåren visas endast normalåret i Figur 4-5.



**Figur 4-5 Modellerad grundvattenyta för normalåret.**

## 5 Scenarier

I detta kapitel redovisas resultat från de olika beräknade scenarierna (Figur 1-1). Samma faser i gruvans utveckling som simulerades i Bilaga B3 har simulerats med den uppdaterade modellen. Kommande kapitel fokuserar på eventuella skillnader mellan resultat i Bilaga B3 och resultat från den uppdaterade modellen.

### 5.1 Resultat från scenarier

#### 5.1.1 Påverkan på ytvattenflöde till följd av minskat grundvattenbidrag

I kommande avsnitt visas resultat över hur flödet i områdets vattendrag påverkas av framtida gruvdrift. Simuleringarna har genomförts utan att vatten återförs till vattendragen genom bräddning, dvs de resultat som visas återspeglar effekten av en grundvattenpåverkan i vattendragen. I Bilaga B3 och kompletterande PM för ytvatten (DHI 2023) redovisas flödespåverkan när hänsyn tas till återföring av vatten via bräddning från den ansökta verksamheten.

I Bilaga B3 kapitel 11 redovisades endast resultat för AVA01 och AVA02 eftersom det i övriga flödesstationer fanns begränsat med dataunderlag. I Tabell 5-1 redovisas skillnad i årlig avrinning i varje station som ingått i kalibreringen för alla typår och varje fas. I Figur 5-1 visas den beräknade avrinningen i stationerna AVA14, AVA01, AVA02 och AVA18 i relation till nuläget för de olika faserna för normalåret.

Den största förändringen i beräknad påverkan jämfört med vad som redovisas i Bilaga B3 är påverkan i AVA14 och AVA01. Den beräknade påverkan för alla beräknade scenarier i dessa stationer är större än tidigare beräknad påverkan. Det finns två huvudsakliga anledningar till detta:

- I den uppdaterade modellen återfinns fler lineament inom tillrinningsområdena för de två flödesstationerna i den uppdaterade lineamentsmodellen (Mattson 2022) vilket ökar vattengenomsläppligheten i berget, eftersom alla lineament antas vara vattenförande zoner, och därmed ökar även grundvattenpåverkan i vattendragen lokalt i detta område.
- Den uppdaterade versionen av modellen fångar generellt sett bättre den avrinning som sker från området. I föregående version av modellen fångades inte bräddningen från gruvan av modellen utan volymsfelet i AVA15 uppgick till hela -36% vilket medförde ett stort volymsfel även i AVA01 där felet uppgick till -18%. I nuvarande version av modellen är volymsfelet i den kalibrerade modellen -14% i AVA15 och -12% i AVA01. I nuvarande version av modellen så finns det helt enkelt mer vatten i vattendragen och den relativa påverkan vid framtida gruvdrift mellan nuläget och framtida scenarier blir då större eftersom det finns mer vatten tillgängligt i vattendragen från början i den ostörda nulägesmodellen.

Den stora påverkan i AVA01 har också sin förklaring i att bräddningen från gruvan som sker idag, och som representerar ca 70% av det vatten som rinner av i AVA15, helt upphör när dagens gruva töms på vatten. I Fas 2 och Fas 3 kommer dock vatten att återföras till ytvattensystemet via bräddning så den faktiska flödespåverkan i vattendragen blir väsentligt mindre, se PM Ytvatten (DHI 2023).

Påverkan i AVA02 är något mindre än vad som redovisades i Bilaga B3. Tidigare beräknad påverkan vid fullt utbruten gruva uppgick till dryga 30%, vilket i nuvarande version av modellen sjunkit till 25% för normalåret. Den minskade påverkan kan härledas till att avrinningen från delavrinningsområdet för AVA02 generellt sett ökat medan påverkan från



gruvan i detta område är i samma storleksordning som tidigare vilket medför en mindre relativ påverkan än vad som rapporterades i Bilaga B3.

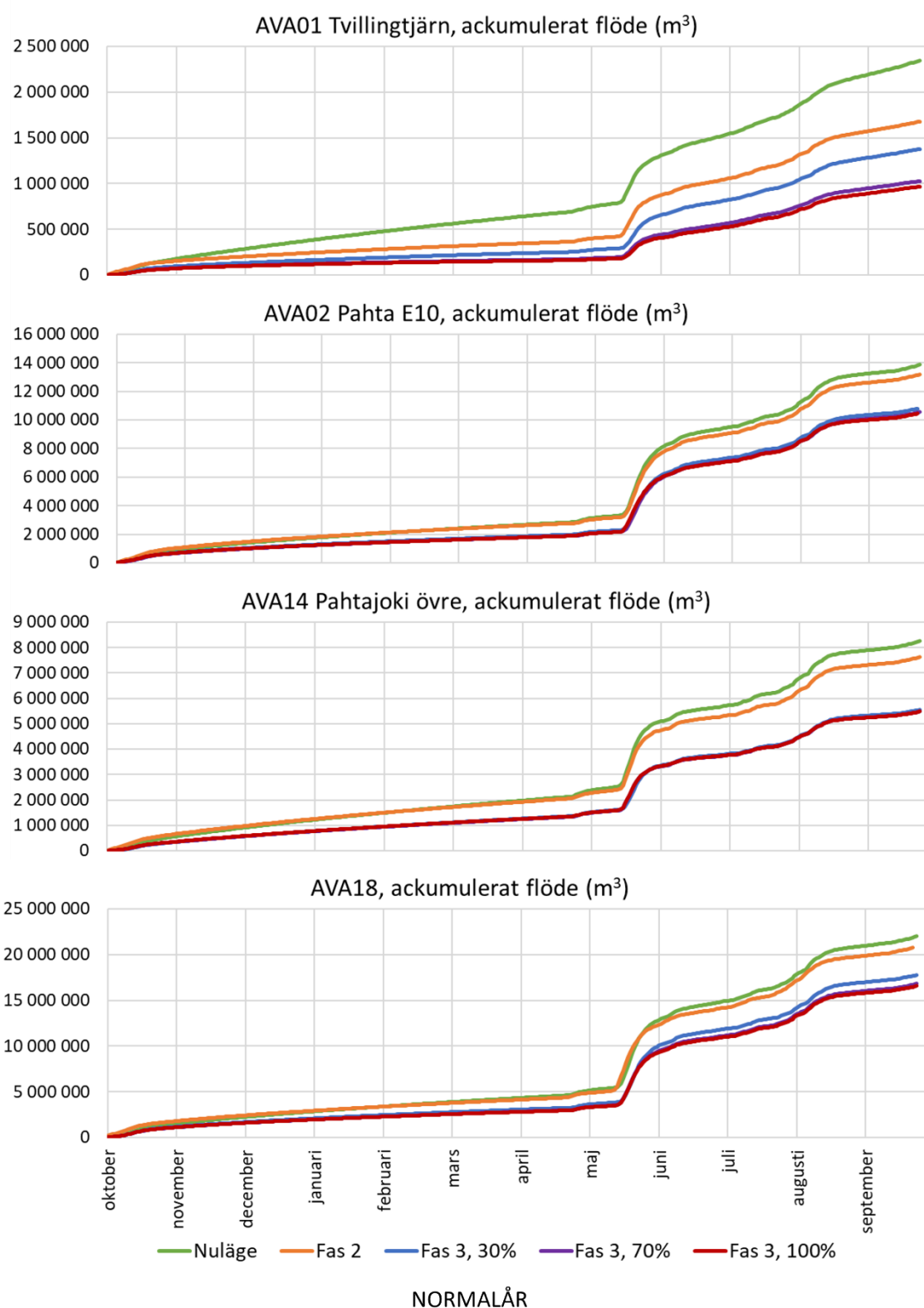
Vattenföringen i AVA18 längst ner i Pahtajokisystemet, innan mynningen mot Rautasälven, har en beräknad påverkan från det minskade grundvattenbidraget som uppgår till ca 6% under fas 2 och 19-25% under de olika skedena i Fas 3. En ökad gruvbrytning i Fas 3 från 30% utbruten gruva till 100 % medför endast ytterligare påverkan med 6% - den stora påverkan i denna flödesstation uppstår redan under tömningsfasen. Dock kommer den faktiska påverkan även i denna station bli mindre när vatten från ansökt verksamhet bräddas, se PM Ytvatten där flödes- och haltberäkningar redovisas (DHI 2023).

Påverkan i AVA17 under tömningsfasen uppgår till ca 3%. Påverkan har inte utvärderats för denna station under Fas 3 på grund av att processvattensystemet kommer ha en så stor påverkan på vattenföringen i detta område att det inte är relevant att studera påverkan i denna flödesstation under framtida gruvdrift.

För samtliga stationer förutom AVA01 gäller att den största påverkan skett redan i Fas 3:30%. Den ytterligare påverkan som sker vid 70% och 100% utbruten gruva är inte lika betydande som vid inledande gruvdrift i området; skillnaden mellan Fas3:70% och Fas3:100% är mycket liten i alla stationer.

**Tabell 5-1 Skillnad i årlig ackumulerad avrinning mellan nuläget och de olika faserna för respektive typår.**

	Typår	Fas 2	Fas 3, 30%	Fas 3, 70%	Fas 3, 100%
AVA01	normal	-28%	-41%	-56%	-59%
	torr	-30%	-41%	-56%	-58%
	våt	-27%	-39%	-53%	-56%
AVA02	normal	-5%	-22%	-24%	-25%
	torr	2%	-16%	-18%	-19%
	våt	-10%	-27%	-29%	-29%
AVA14	normal	-8%	-33%	-34%	-34%
	torr	-8%	-33%	-34%	-34%
	våt	-7%	-32%	-32%	-33%
AVA15	normal	-69%	-82%	-85%	-85%
	torr	-70%	-83%	-86%	-86%
	våt	-63%	-80%	-83%	-83%
AVA18	normal	-6%	-19%	-24%	-25%
	torr	-2%	-15%	-20%	-21%
	våt	-9%	-22%	-26%	-27%
AVA17	normal	-3%	I Fas 3 används en annan ytvattenmodell som beskriver framtida yttre system. I denna finns inte AVA17 med.		
	torr	-3%			
	våt	-4%			



**Figur 5-1** Ackumulerad avrinning för normalåret i AVA01, AVA02, AVA14 och AVA18 för Nuläget, Fas 2 och Fas 3:30%, Fas 3:70% och Fas3:100%.

## 5.1.2 Påverkan på grundvatten

Påverkansområdets utbredning och mönster för de olika typåren i varje fas är mycket lika. Ett centralt påverkansområde kring gruvan etableras redan i Fas3 vid 30% utbruten gruva och en mindre ökning av påverkansområdet kan ses mellan Fas3:30% och Fas3:100%, se Tabell 5-2.

Påverkansområdet under ett normalår för Fas 2 visas i Figur 5-2 och för fullt utbruten gruva (Fas3:100%) visas i Figur 5-3. Mönstret i avsänkningen är mycket likt mellan typåren i de båda faserna och därför visas endast normalåret. Under Fas 2, när befintlig gruva avvattnas ner till ca 250 m djup och vatten pumpas upp från 5 borrhål i D-zonen, så sprider sig avsänkningen lokalt utmed D-zonen samt i nordöst-sydvästlig riktning utmed A- och B-zonen. Avsänkningen sprider sig inte mer än ca 300 m från respektive malmzon och påverkansområdet sträcker sig inte in i Natura2000-området väster om D-zonen under Fas 2. Påverkansområdet i Fas 2 är något mindre än vad som visas i Figur 3-10 då hela den befintliga gruvan töms på vatten, vilket beror på att avvattningsfasen inte avser tömning av alla delar av den idag vattenfyllda gruvan.

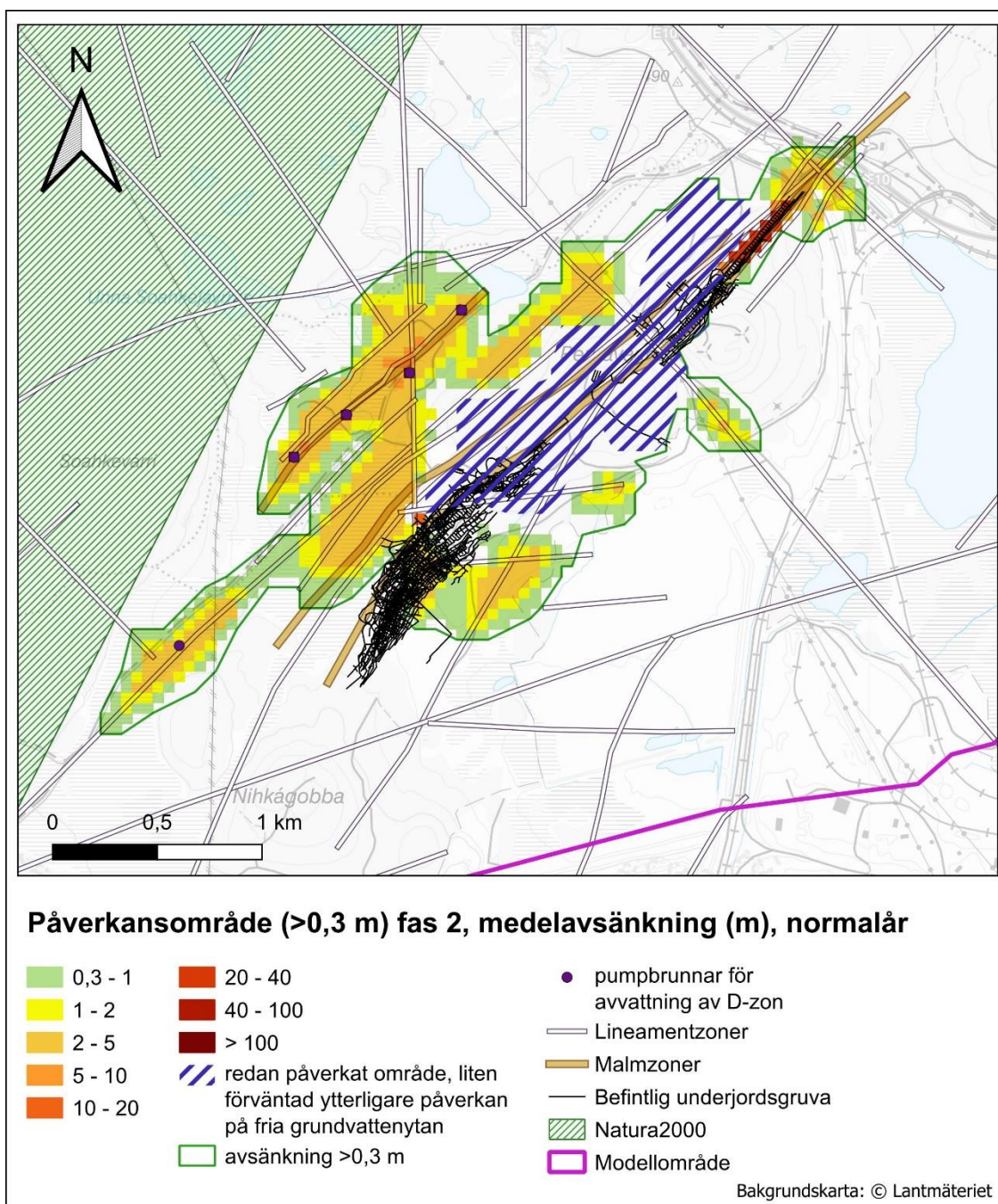
I Fas 3 ökar påverkansområdets utsträckning runt D-zonen via de lineament som sträcker sig i nordvästlig riktning tvärs D-zonen. Påverkansområdet sträcker sig in i Natura2000-området längs tre områden ( Figur 5-3). Jämfört med det påverkansområde som redovisades i Bilaga B3 så uppstår nu ett mer sammanhängande påverkansområde. De mer perifera områdena av påverkansområdet i Bilaga B3, som framför allt förekom i höjdområden och nära randen, bedöms inte längre vara en del av påverkansområdet. Att dessa områden försvunnit beror på tre saker:

- En mer detaljerad beskrivning av den omättade zonen som förhindrar överskattning av de vertikala vattenflödena i den omättade zonen.
- Randvillkoren mellan lokala och regional modell har uppdaterats iterativt under arbetets gång för att minska eventuella randeffekter.
- Den uppdaterade lineamentsmodellen ger upphov till ett mer samlat påverkansområde pga. att fler lineament förekommer i närheten av gruvan.

Som tidigare nämnts är skillnaden mellan olika typår liten. Gruvans utbredning har större påverkan på avsänkingsområdets storlek än rådande väder. Påverkansområdets utbredning för de olika typåren och de olika skedena i Fas 3, 30% utbruten gruva och 70% utbruten gruva, redovisas i Tabell 5-2.

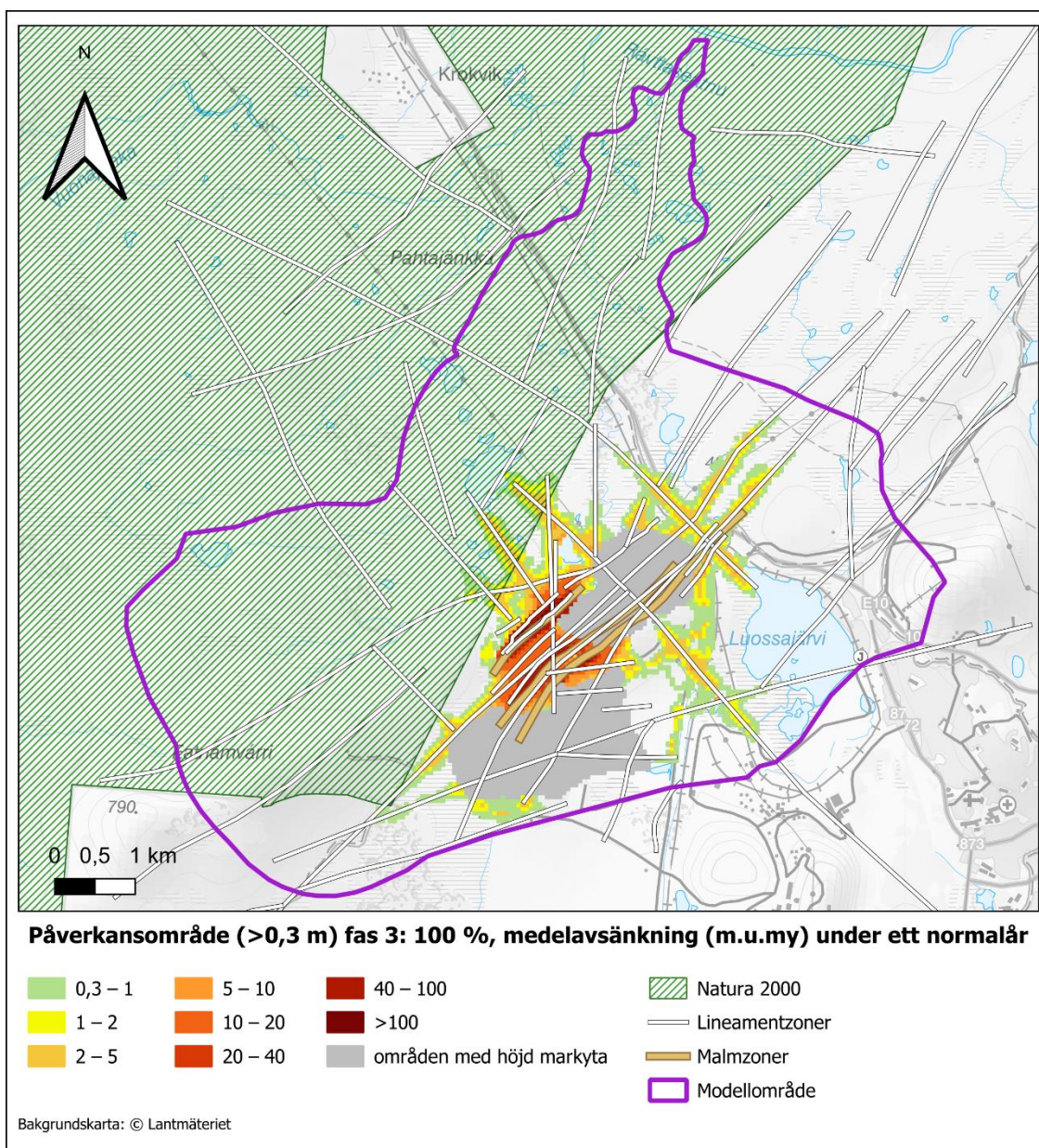
**Tabell 5-2 Påverkansområdet storlek, km<sup>2</sup>, för olika faser och typår.**

	Normalår (km <sup>2</sup> )	Torrår (km <sup>2</sup> )	Våtår (km <sup>2</sup> )
Fas 2	3,5	3,6	3,5
Fas 3, 30%	8,5	8,2	7,9
Fas 3, 70%	9,8	9,8	9,5
Fas 3, 100%	10,4	10,4	10,1



**Figur 5-2** Påverkansområde i Fas 2, normalår, alla lineament i figuren antas vara vattenförande zoner.

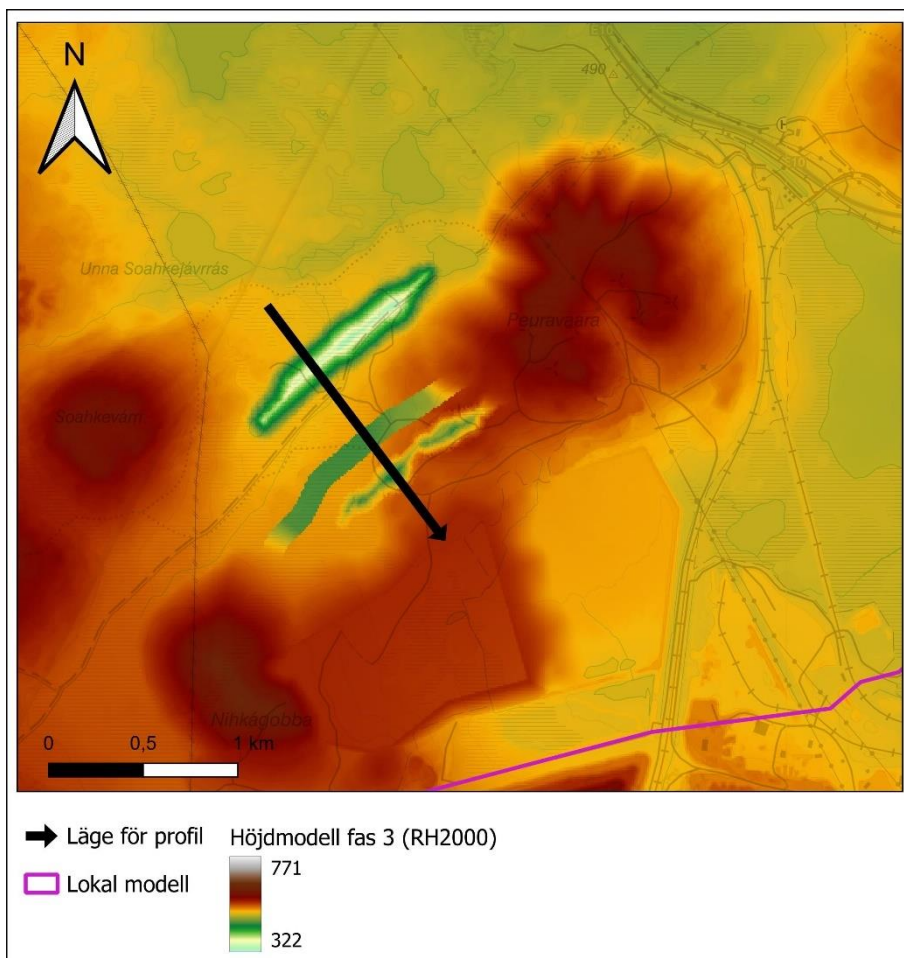




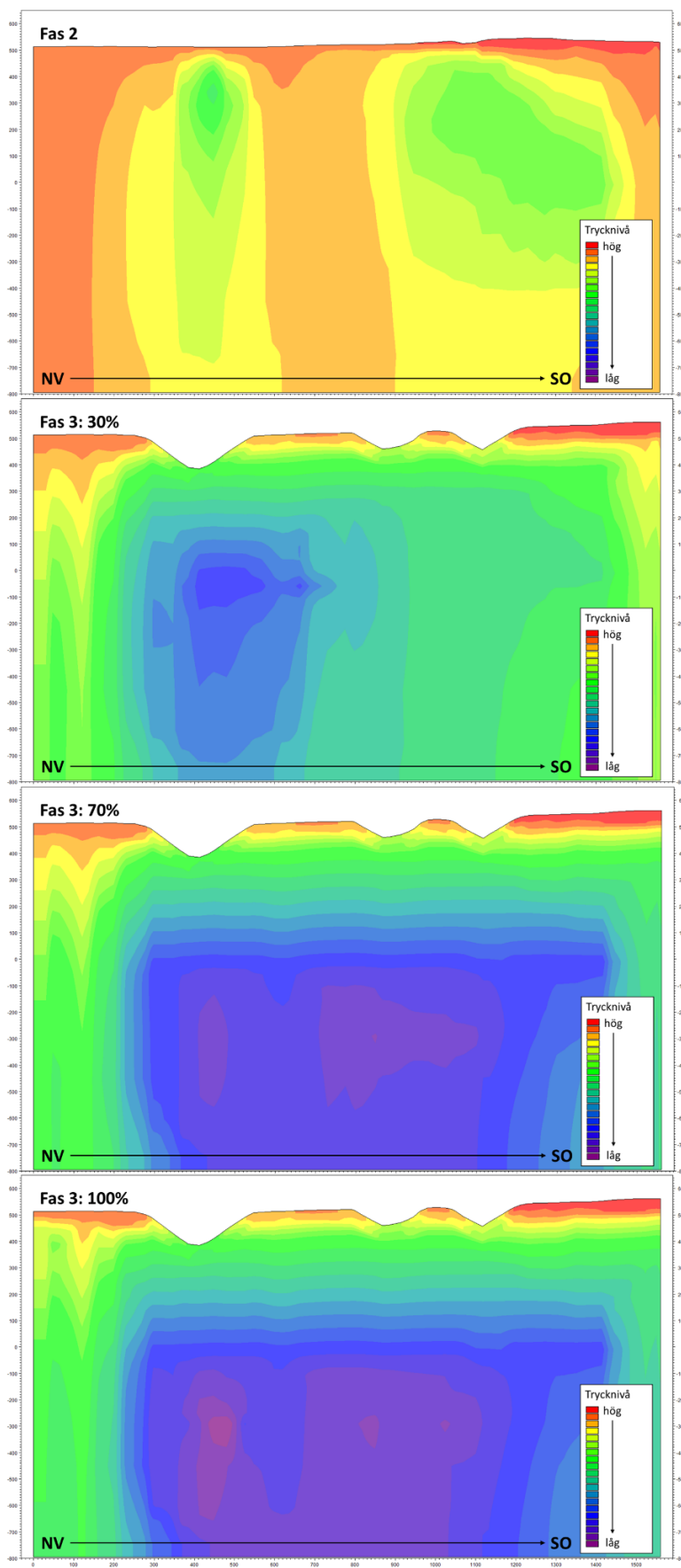
**Figur 5-3 Påverkansområde för ett normalår vid fullt utbruten gruva, fas3:100%. Alla lineament i figuren antas vara vattenförande zoner.**

Figur 5-4 visar läget för en profil tvärs gruvan som används för att illustrera hur grundvattennivåerna i berget varierar genom de olika faserna (Figur 5-5). Grundvattennivåernas variation från markytan ner till 800 m djup visas i de olika profilerna (Figur 5-5). Under Fas 2 syns hur grundvattennivåerna i A- och D-zonen sjunker i de övre ca 400 m av berget. Från fas 3:30% till 3:100% syns tydligt hur gruvan stegvis etableras på djupet och grundvattennivåerna i berget lokalt kring gruvan är starkt påverkade.





**Figur 5-4** Läge för den profil som visas i Figur 5-5 och Figur 5-7.

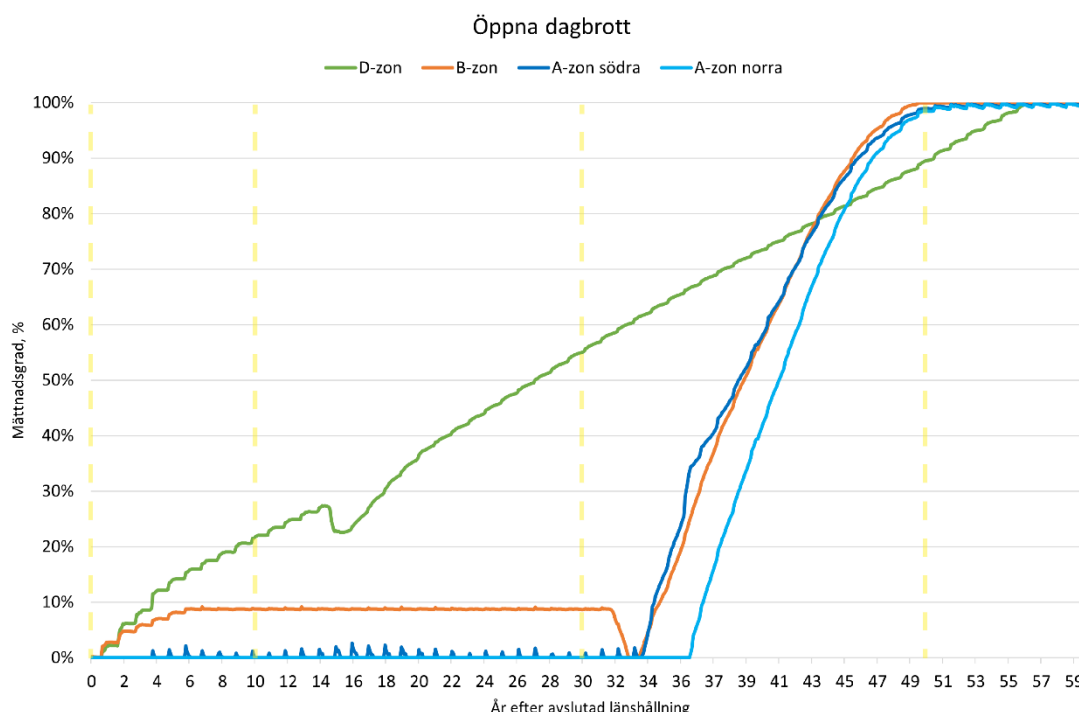


**Figur 5-5** Profil tvärs gruvan som visar grundvattennivåer i berget för Fas2, Fas3:30%, Fas3:70% och Fas3:100%. Profilens läge visas i Figur 5-4.

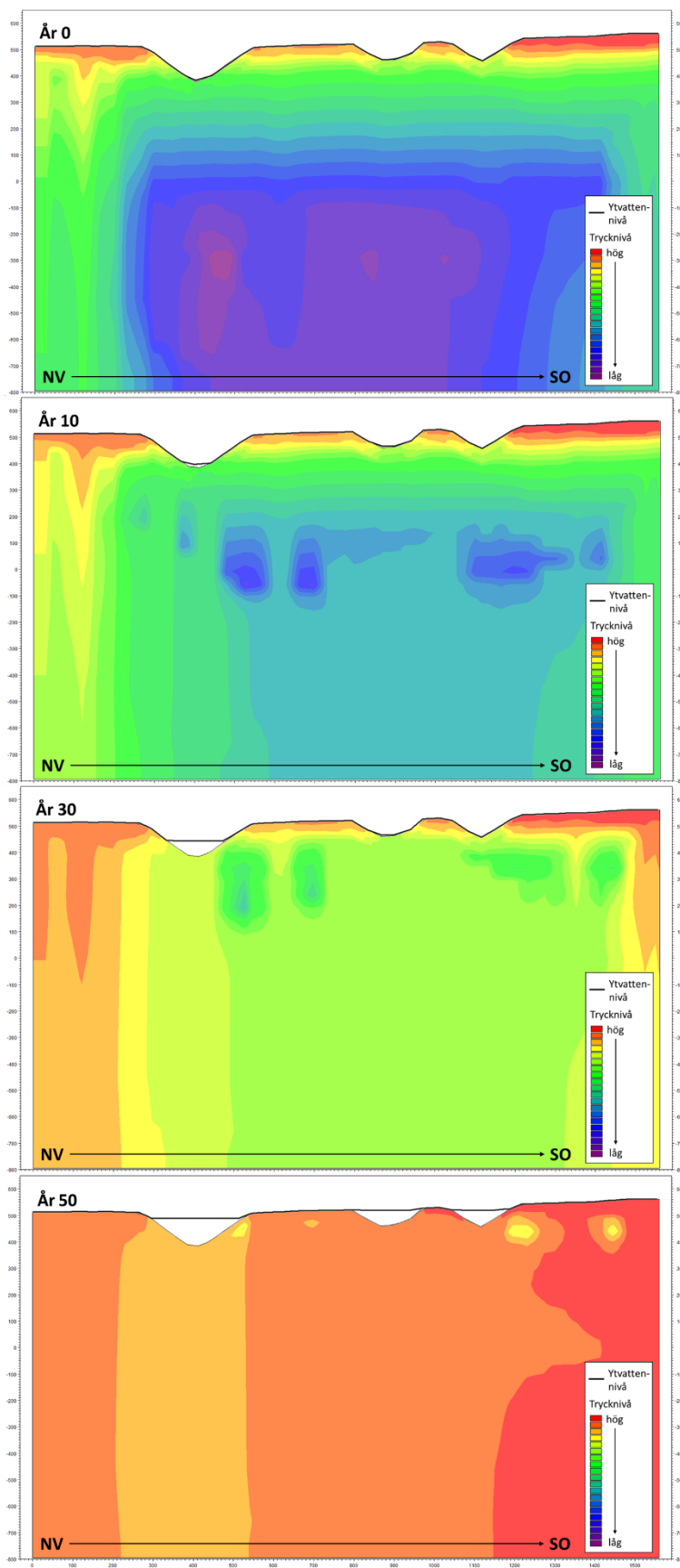
## 5.2 Återmättnad

Tiden för att vattenfylla dagbrotten efter avslutad verksamhet i de olika malmzonerna uppgår till ca 50 år för A- och B-zonen och 55 år för D-zonen, Figur 5-6. Det "hackiga" mönster som syns i återmättnadskurvorna för de olika zonerna (A norra, A södra, B och D) beror på inomårsvariationer där vattennivån varierar beroende på rådande väder. Det tar alltså längre tid att återfylla gruvan med beräkningar i den uppdaterade modellen, vilket beror på en kombination av två komponenter: vattengenomsläpplighet och djupavtagande konduktivitet. Även om vattengenomsläppligheten generellt sett är större i den uppdaterade modellen i och med att fler lineament är inkluderade i modellen, framför allt runt gruvan, så har ett antagande om en djupavtagande konduktivitet ansatts i sprickzonerna. I den förra versionen av modellen fanns inget djupavtagande i sprickzonerna inkluderat, vilket medförde en snabbare transport av vatten till gruvan vid återmättnad. Den uppdaterade beskrivningen av den omättade zonen i nuvarande modellen, där K-värdet för omättad strömning i det djupare berget också har ett djupavtagande, medför också att återmättnadsförloppet tar längre tid.

I Figur 5-7 visas samma profiler över grundvattennivåerna som i Figur 5-4 men för återmättnadsförloppet i berget direkt vid avslutad länshållning samt efter 10, 30 och 50 år. Vattennivån i de tre dagbrotten som profilen skär visas som en svart linje. Efter 10 år syns en liten vattenspegel i D-zonens dagbrott, efter 30 år är ca hälften av dagbrottet i D-zonen vattenfyllt medan dagbrotten i A- och B-zonen fortfarande är torra. Efter 50 år har vattennivån i A- och B-zonens dagbrott nått sin tröskelnivå och en ytterligare liten höjning av nivån i D-zonen sker mellan 50 och 55 år.



**Figur 5-6** Återmättnadsförloppet när länshållning i gruvan upphör. Figuren visar andelen av dagbrotten som är vattenfyllda i förhållande till tröskelnivån, det vill säga den nivå där ytvattnet börjar flöda ut ur dagbrottssjöarna. Gula streckade vertikala linjer visar tidpunkter motsvarande profiler i Figur 5-7.



**Figur 5-7** Profil tvärs gruvan genom dagbrotten som visar grundvattennivåer i berget under återmättnadsförloppet år 0, 10, 30 och 50. Profilens läge visas i Figur 5-5.

## 6 Summering och slutsatser

- Den integrerade yt- och grundvattenmodellen har kalibrerats om med hjälp av nytillkomna resultat från undersökningar och insamlade data från platsen fram till och med augusti 2022.
- Resultaten från kalibreringen medför inte att den konceptuella modellen av området revideras. Den övergripande förståelsen för områdets hydrologi och hydrogeologi har inte ändrats även om resultaten av beräknad påverkan till viss del uppdaterats.
- Resultaten från modellberäkningarna som redovisas i denna PM ersätter motsvarande resultat som tidigare redovisats i Bilaga B3. Bilaga B3 utgör dock fortfarande en viktig del i ansökan då den innehåller beskrivning av dataunderlag, modelleringsmetodik, den konceptuella modellen och stegvisa resultat från kalibreringen.
- Den största enskilda uppdatering som gjorts i modellen är beskrivningen av bergets sprickzoner. En uppdaterad lineamentstolkning utgör grunden för en reviderad beskrivning av zonernas lägen och även antalet zoner i området eftersom det antagits alla lineament utgör vattenförande zoner/strukturer. Generellt sett finns det fler lineament i gruvans närområde vilket medför större konnektivitet i berget lokalt kring gruvan. Känslighetsanalyser som en del av kalibreringsprocessen har resulterat i att ett svagt djupavtagande K-värde ansatts i sprickzonerna på ett djup större än 300 m. Sannolikt är det ansatta svaga djupavtagandet underskattat och zonerna på större djup kan vara mindre genomsläppliga än vad som beskrivs i modellen. Då det inte finns stödjande data som verifierar detta har ett konservativt antagande gjorts i syfte att inte underskatta grundvattenpåverkan.
- En annan viktig uppdatering kopplat till berget i modellen är hur egenskaperna för omättad strömning beskrivs i modellen: i tidigare modellversion så var bergegenskaperna för omättad strömning samma oavsett djup men nu har egenskaperna uppdaterats så att samma djupavtagande egenskaper är ansatta för både mättad och omättad strömning. I tidigare version av modellen överskattades de vertikala flödena genom att ett djupavtagande inte var implementerat vid omättad strömning. I den uppdaterade modellen blir därför de vertikala flödena i gruvans närhet, där stora avsänkningar uppstår, mer realistiskt beskrivna.
- Modellområdet har utökats så att risken för numeriska fel kopplat till randeffekter minskats. En iterativ process mellan den regionala och lokala modellen genom kalibreringens gång har också tillämpats vilket ger en bättre beskrivning av randflödena i den lokala modellen.
- Till följd av tillgång till längre tidsserier i områdets ytvattendrag fångas avrinningen väsentligt bättre i den uppdaterade modellen, vilket påverkar den beräknade övergripande vattenbalansen. En bättre förståelse för hur avrinningsdynamiken i området fungerar och kan komma att påverkas vid framtida ansökt gruvverksamhet har uppnåtts.
- Det beräknade påverkansområdet för grundvatten har ett mer samlat mönster än i tidigare modellversion. De stora avsänkningarna som tidigare beräknats på områdets höjder och områden med berg i dagen återfinns inte i påverkansområdet för den uppdaterade modellen. Detta beror dels på att ett mer samlat



avsänkingsområde uppstår kring gruvan till följd av den uppdaterade beskrivningen av områdets sprickzoner, dels på att egenskaperna för omättade strömning i berget uppdaterats och de tidigare överskattade vertikala flödena minskat. Även om konnektiviteten generellt sett ökat i området, genom att fler sprickzoner återfinns i området, så är de beräknade inflödena i samma storleksordning som tidigare på grund av att beskrivningen av de omättade egenskaperna anpassats efter den djupavtagande trenden i bergets vattengenomsläpplighet som antas gälla för området.

## 7 Referenser

AFRY 2022. Slugtest och grundvattenprovtagning vid Viscaria, Resultatrapport. Projekt ID D0080422

DHI 2023. PM Ytvatten. Flöden och halter i Pahtajokisystemet vid rening av bräddvatten upp till 1000 m<sup>3</sup>/h – simulering av scenarier för gruvans olika faser.

Grav 21084

Grav 21407

Grav 21577

Karlsson E. 2021. FÄLTRAPPORT – INSTALLATION AV GRUNDVATTENRÖR. Tekniskt PM, Uppdragsnummer 20394078.

Mattson H., 2022. Refraction seismic survey in the Viscaria area, Kiruna. Revised 2022-10-24. Geovista AB, Geovista ID GVR22019.

Nordquist R. 2022. Övervakning av grundvattennivåer inom Viscaria gruvområde – statusrapport augusti 2022.

Slutrapport Grundvattenrör 1 Viscaria -2021, G35Q9CFZ4

Slutrapport Grundvattenrör 2 Viscaria -2021, G35QLCFCK

Slutrapport Grundvattenrör 3 Viscaria -2021, G35QLCF9S

Slutrapport Grundvattenrör 4 Viscaria -2021, G35QLCFDX

Slutrapport Grundvattenrör 5 Viscaria -2021, G35QLCF1E

Slutrapport Grundvattenrör 6 Viscaria -2021, G35QLCFE

Slutrapport Grundvattenrör 7 Viscaria -2021, G35QLCFGE

Sweco 2022. Fältrapport geoteknik. Uppdragsnummer 30043134.

