

Ostlänken

PM Yt- och grundvatten Långsjön—Sillekrog

Nuläges- och effektbeskrivning miljökonsekvensbeskrivning

Södertälje kommun, Stockholms län

Trosa kommun, Nyköpings kommun, Södermanlands län

Bilaga D.2 till Miljökonsekvensbeskrivning vattenverksamhet

2023-08-31



Dokumenttitel: Ostlänken, PM Yt- och grundvatten Långsjön–Sillekrog, Södertälje kommun, Stockholms län, Trosa kommun, Nyköpings kommun, Södermanlands län, Bilaga D.2 till Miljökonsekvensbeskrivning vattenverksamhet

Skapat av: Konsortiet ÅF/Tyréns

Dokumentdatum: 2023-08-31

Dokumenttyp: PM

DokumentID: OLP4-04-025-42000-0_0021

Ärendenummer: TRV 2019/65712

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Anna Roxell

Uppdragsansvarig: Linda Abrahamsson

Distributör: Trafikverket, 172 90 Sundbyberg, telefon: 0771-921 921, trafikverket@trafikverket.se

Innehåll

Läsanvisning	7
1. Inledning.....	8
1.1. Syfte.....	8
1.2. Ostlänken.....	8
1.3. Delsträckan Långsjön–Sillekrog.....	8
1.4. Frågeställningar	10
1.5. Utredningsstrategi.....	10
1.5.1. Den iterativa utredningsstrategin	11
1.5.2. Riskexponerade objekt	12
1.5.3. Utredningsområde och påverkansområde.....	13
1.6. Koordinat- och höjdsystem	13
2 Utredningsmetodik	14
2.1. Avrinningsområden och vattenbalansberäkning	14
2.2. Inverkan av ett förändrat klimat.....	14
2.3. Utredningsmetodik ytvatten	16
2.3.1. Förutsättningar.....	16
2.3.2. Beräkningsmetodik ytvatten.....	16
2.4. Utredningsmetodik grundvatten	17
2.4.1. Grundvattnets förekomst i jord och i berg.....	17
2.4.2. Konceptuell modell grundvatten	18
2.4.3. Hydrogeologiska typmiljöer och dess känslighet för grundvattenpåverkan	18
2.4.4. Beräkningsmetodik grundvatten	22
2.4.5. Bedömning av påverkansområde grundvatten	22
3 Underlag och utförda undersökningar.....	23
3.1. Ytvatten.....	23
3.1.1. Underlag	23
3.1.2. Ytvattenprovtagning	23
3.1.3. Inmätningar och andra fältundersökningar	26
3.2. Grundvatten	28
3.2.1. Underlag	28
3.2.2. Grundvattennivåmätning.....	29
3.2.3. Hydraultester	30
3.2.4. Grundvattenprovtagning	32

3.3.	Övriga fältundersökningar	33
3.3.1.	Berg	33
3.3.2.	Geoteknik.....	33
3.4.	Förorenad mark	34
4	Inventering av yt- och grundvattenberoende objekt och värden	35
4.1.	Vattenförsörjning, enskilda brunnar och större vattentäcker	35
4.1.1.	Inventeringsresultat	36
4.2.	Vattenanläggningar och befintliga vattenverksamheter	36
4.2.1.	Befintliga tillstånd, exklusive markavvattningsföretag.....	36
4.2.2.	Markavvattningsföretag	39
4.3.	Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 40	
4.3.1.	Inventeringsresultat	40
4.4.	Energibrunnar	40
4.4.1.	Inventeringsresultat	41
4.5.	Naturvärden och våtmarker	41
4.5.1.	Ytvattenberoende naturvärden	42
4.5.2.	Grundvattenberoende naturvärden.....	43
4.5.3.	Resultat av groddjursinventering	44
4.6.	Grundvattenkänslig kulturmiljö.....	44
4.6.1.	Inventeringsresultat	45
4.7.	Areella näringar, jord- och skogsbruk	45
4.7.1.	Inventeringsresultat	45
4.8.	Förorenad mark	45
4.8.1.	Inventeringsresultat	45
5	Beskrivning av generella effekter på yt- och grundvattenberoende objekt och värden.....	46
5.1.	Vattenförsörjning, enskilda brunnar och större vattentäcker	46
5.2.	Vattenanläggningar och befintliga vattenverksamheter	46
5.3.	Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 46	
5.3.1.	Sättningskrav	47
5.4.	Energibrunnar	48
5.5.	Naturvärden och våtmarker	48
5.5.1.	Ytvattenberoende naturvärden	48
5.5.2.	Grundvattenberoende naturvärden.....	48
5.6.	Grundvattenkänslig kulturmiljö.....	50
5.7.	Areella näringar, jord- och skogsbruk	51

5.7.1.	Jordbruk.....	51
5.7.2.	Skogsbruk.....	51
5.8.	Förorenad mark	52
6	Övergripande områdesbeskrivning	53
6.1.	Berggrund	53
6.2.	Ytvatten.....	55
6.3.	Grundvatten och jordartsgeologi.....	57
6.4.	Indelning i delområden.....	59
7	Tullgarn och Vagnhärad, km 14+700 – km 21+035	61
7.1.	Översikt.....	61
7.2.	Områdesbeskrivning	64
7.2.1.	Topografi och markanvändning	64
7.2.2.	Mark- och vattenförhållanden	64
7.2.3.	Yt- och grundvattenberoende objekt.....	74
7.3.	Vattenverksamheter vid Tullgarn och Vagnhärad.....	77
7.3.1.	Tullgarnstunneln, inklusive påslag.....	77
7.3.2.	Bro över E4 vid Vagnhärad trafikplats	107
7.3.3.	Skärningar	111
7.3.4.	Tillfälliga schakt	113
7.3.5.	Dikes-, trum- och rörlägningsåtgärder	115
7.3.6.	Övrigt	118
8	Trosaåns dalgång och Hillesta, km 21+035 – km 27+860	119
8.1.	Översikt.....	119
8.2.	Områdesbeskrivning	122
8.2.1.	Topografi och markanvändning	122
8.2.2.	Mark- och vattenförhållanden	122
8.2.3.	Yt- och grundvattenberoende objekt.....	130
8.3.	Vattenverksamheter Trosaåns dalgång och Hillesta	133
8.3.1.	Bro över Trosaåns dalgång	133
8.3.2.	Hillestatunneln	140
8.3.3.	Skärningar	149
8.3.4.	<i>Tillfälliga schakt</i>	150
8.3.5.	Dikes-, trum- och rörlägningsåtgärder	153
9	Referenser	156
9.1.	Underlagsrapporter	156
9.2.	Referenser	157
9.3.	Figurer och bilagor.....	159

Bilagor

Bilaga D.2.1 Hydrogeologiska kartor med planerade vattenverksamheter, påverkansområden, utförda undersökningar och mätpunkter 4.2 (benämns i dokumentet som Bilaga D.2.1, i vissa fall med bokstav/bokstäver enligt nedan)

- a) Planerade vattenverksamheter och påverkansområden
- b) Grundvattenmätningar och mätpunkt i ytvatten
- c) Hydrauliska tester och geotekniska undersökningar.

Bilaga D.2.2 Yt- och grundvattenberoende objekt 4.2 (benämns i dokumentet som Bilaga D.2.2, i vissa fall med bokstav/bokstäver enligt nedan)

- a) Vattenförsörjning
- b) Vattenanläggningar och bef. vattenverksamhet
- c) Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning
- d) Energibrunnar
- e) Naturvärden inkl. våtmarker
- f) Kulturmiljövärden
- g) Areella näringar och förorenade områden

Bilaga D.2.3 PM Beräkningar grundvatten 4.2 (benämns i dokumentet som Bilaga D.2.3 Beräkningar grundvatten).

Läsanvisning

Ostlänken omfattar flera delsträckor med separata prövningar avseende tillstånd för vattenverksamhet. PM Yt- och grundvatten utgör en underbilaga till Bilaga D *Miljökonsekvensbeskrivning vattenverksamhet Långsjön–Sillekrog* (benämns fortsatt i dokumentet *Bilaga D MKB vattenverksamhet*). Denna PM omfattar de förutsättningar och effektbedömningar som utgör grund för konsekvensbedömningen som görs i miljökonsekvensbeskrivningen.

Utredningsstrategin och metodiken har i tillämpliga delar utförts lika för samtliga Ostlänkens delsträckor. Strategi och metodik redovisas i de inledande avsnitten. Därefter följer en redovisning av de undersökningar, utredningar och inventeringar som utförts och som ligger till grund för beskrivningen av nuvarande mark- och vattenförhållandena och för den påverkans- och effektbedömning som redovisas. Bedömningarna grundar sig på Bilaga D.1 *PM Bedömningsgrunder-Underlagsmaterial för stöd vid värdering och bedömning* (benämns fortsatt i dokumentet *Bilaga D.1 Bedömningsgrunder*). Mer omfattande inventeringsresultat eller beräkningsunderlag redovisas i bilagor.

En kortfattad beskrivning av förutsättningar för järnvägsanläggningens sträckning på delen Långsjön–Sillekrog görs i kapitel 6. I samma kapitel motiveras indelning i delområden som utgör grund för de prövningar avseende tillstånd vattenverksamhet som görs för delsträckan. I kapitel 7 och 8 finns en mer detaljerad genomgång av förutsättningar för olika delområden och påverkan och effekter till följd av vattenverksamhet beskrivs. Här beskrivs även effekter på allmänna och enskilda värden och objekt. I de fall anläggningar i vattenområdet tillsammans med övriga anläggningsdelar ger upphov till ändrade strömningsförhållanden, exempelvis genom att drän- och dagvatten tillförs vattendraget, beskrivs den kumulativa effekten i detta dokument.

Byggmetoder och anläggningsdelar redovisas mer i detalj i Bilaga C *Teknisk beskrivning vattenverksamhet Långsjön–Sillekrog* (benämns fortsatt i dokumentet *Bilaga C Teknisk beskrivning vattenverksamhet*). I denna PM redovisas tekniska utföranden endast i den omfattningen att den vattenverksamhet som anläggningen medför kan förstås och att avsnittet om bedömd omgivningspåverkan blir lättare att följa.

1. Inledning

1.1. Syfte

Syftet med denna PM är att beskriva och att redovisa bedömd påverkan och effekt till följd av de vattenverksamheter som uppkommer längs Ostlänken på delsträcka Långsjön–Sillekrog, vilken motsvarar järnvägsplan med samma namn. I denna PM redovisas rådande mark- och vattenförhållanden samt övrig kunskap utifrån de undersökningar och utredningar som är av relevans för de planerade vattenverksamheterna. En viktig produkt från denna PM är påverkansområdet för grundvattenbortledning som ligger till grund för den geografiska avgränsningen av påverkan på grundvattenberoende objekt och värden. Även förändrade förhållanden i ytvatten till följd av arbete inom vattenområde, samt eventuell skyddsinfiltration och markavvattning beskrivs och effekter bedöms i denna PM.

1.2. Ostlänken

Ostlänken mellan Järna och Linköping ska svara på människors behov av hållbara resor och transporter, ge regionerna förutsättningar att växa samt skapa möjligheter att utöka andelen regionaltrafik och godstransporter på den befintliga järnvägen.

1.3. Delsträckan Långsjön–Sillekrog

Denna PM beskriver påverkan och effekter av planerade vattenverksamheter på delsträckan som benämns Långsjön–Sillekrog. Delsträckan omfattas av en järnvägsplan med samma namn. Inom delsträckan ingår större anläggningar vid Tullgarnstunneln, Bro över E4 vid Vagnhärad trafikplats, Bro över Trosaåns dalgång och Hillestatunneln. Även andra broar och arbeten som skärningar, mindre schakter, utskiftningar, infiltration och kulvertering av diken kommer att medföra vattenverksamhet.

Den aktuella delsträckan, Långsjön–Sillekrog, ansluter till Ostlänken delsträcka Gerstaberg–Långsjön i norr och till Ostlänken delsträcka Sillekrog–Sjösa i söder. Inom den aktuella delsträckan ligger Ostlänken nära E4 vid det norra påslaget och strax söder om det södra påslaget för Tullgarnstunneln samt vid dalgången vid Sillefältet strax norr om Västerleden. Området är ett sprickdalslandskap, tydligt kuperat i öst-västlig riktning med omväxlande höjdryggar och dalgångar tvärs järnvägens sträckning. Det medför att Ostlänken ligger omväxlande på mark, på bro och i tunnel. På denna delsträcka planeras ett stationsområde (Vagnhärad station).

Den totala längden på delsträckan Långsjön–Sillekrog är 13,1 kilometer, varav 5,7 kilometer är på mark, 2,9 kilometer på bro och 4,5 kilometer i tunnel. I Figur 1 visas delsträckan i en översikt.



Figur 1: Översikt över järnvägsanläggningen delsträcka Långsjön–Sillekrog, samt indelning i delområden.

Delsträckan Långsjön–Sillekrog har delats in i två delområden baserat på naturförutsättningar och planerade vattenverksamheter, och beskrivs närmare i avsnitt 6.4. För varje delområde upprättas en ansökan om tillstånd för vattenverksamhet som lämnas till mark- och miljödomstolen. De två delområdena är:

- Tullgarn och Vagnhärad, km 14+700–21+035
- Trosaåns dalgång och Hillesta, km 21+035–27+860

1.4. Frågeställningar

Där Ostlänkens förläggs inom ett vattenområde eller under grundvattenytan kan anläggningen medföra en påverkan på yt- och/eller grundvattenförhållandena. Med vattenområde avses enligt 11 kap. miljöbalken det område som står under vatten vid högsta förutsebara vattenstånd. Påverkan på yt- och/eller grundvattenförhållandena kan ge effekter i form av förändrade ytvattenflöden, marksättningar etcetera. Dessa effekter på omgivningen kan i sin tur ge upphov till oönskade konsekvenser för objekt som är beroende av yt- eller grundvattenförhållanden. I Bilaga D *Miljökonsekvensbeskrivning vattenverksamhet Långsjön–Sillekrog* redovisas underlag för en konsekvensbedömning utifrån bedömd påverkan/effekt och bedömt värde för de enskilda objekten som riskerar att påverkas.

För att redovisa påverkan och effekter av den sökta vattenverksamheten på yt- och grundvattenförhållandena har följande frågeställningar utretts i detta PM:

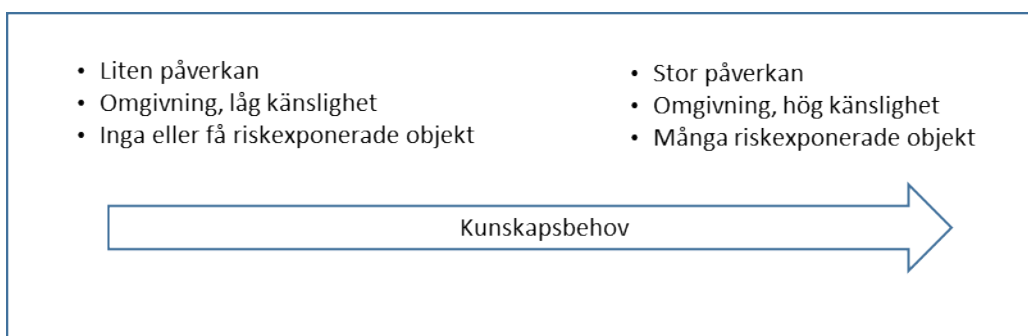
1. Vilka förutsättningar råder där vattenverksamheten ska utföras?
2. Hur stor och vilken typ av påverkan och effekt kan uppkomma till följd av planerad vattenverksamhet?
3. Vilka objekt eller värden kan påverkas av vattenverksamheten?
4. Vilka skyddsåtgärder är lämpliga att vidta för att minska risken för skador?

1.5. Utredningsstrategi

För att besvara frågeställningarna ovan, har kunskap inhämtats om markbeskaffenheten, yt- och grundvattenförhållandena (omgivningsförhållandena) samt om förekomst av objekt och värden som kan påverkas negativt av vattenverksamheterna.

Vad som är tillräcklig kunskap för att kunna beskriva ovanstående beror på i huvudsak tre delar:

1. Vattenverksamhetens storlek/påverkan.
2. Områdets känslighet, dvs. om påverkan sker inom ett område där en påverkan kan ge en negativ effekt på markförhållandena, exempelvis marksättning, eller uttorkning av blöta eller fuktiga markområden.
3. Om det förekommer yt- eller grundvattenberoende objekt som kan påverkas, se Figur 2.



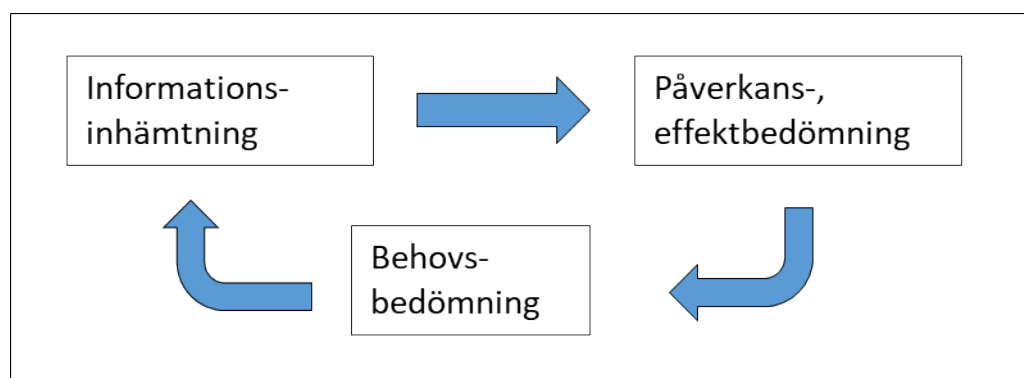
Figur 2: Principiell beskrivning av att kunskapsbehovet ökar vid större påverkan, känslig omgivning eller stora värden.

Vattenverksamhet och omgivningens känslighet

Utifrån vattenverksamhetens (eller samverkande vattenverksamheters) storlek och egenskaper och hur känslig omgivningen är för en påverkan bedöms hur stor påverkan vattenverksamheten kan antas medföra. Exempelvis riskerar effekten av en grundvattensänkning att bli större inom ett område med sättningssbenägen mark än i ett område med ytligt berg och torrare markförhållanden. Översiktlig klassificering av möjlig omgivningseffekt avseende grundvattenpåverkan görs genom användande av hydrogeologiska typmiljöer, se vidare avsnitt 2.4.3. Beroende på vattenverksamhetens storlek och förekomst av yt- och grundvattenberoende objekt har ytterligare utredningar, exempelvis fältundersökningar, utförts, se beskrivning i avsnitt 1.5.1 om den iterativa utredningsstrategin.

1.5.1. Den iterativa utredningsstrategin

Kärnan i utredningsstrategin är att systematiskt samla in och successivt utvärdera information. Processen kan enkelt beskrivas i tre steg som itereras till dess tillräcklig kunskap finns om ett visst område eller objekt, se Figur 3.



Figur 3: Illustration över den iterativa utredningscirkeln.

Inhämta och sammanställa information

I ett första steg inventeras och sammanställs befintlig information från myndigheter, tidigare projekt och undersökningar. Kunskapen kompletteras vid behov med fältundersökningar och utredningar.

Detta underlag sammanställs i en konceptuell modell (begreppsmässig beskrivning) över mark- och vattenförhållandena som förfinas efterhand ny kunskap inhämtats, se vidare avsnitt 2.4.1.

Påverkan och effektbedömning

Tillsammans med den konceptuella förståelsen av omgivningsförhållandena beräknas och bedöms vilken påverkan som vattenverksamheten kan ge upphov till. Utifrån detta bedöms effekt för omgivningsförhållandena samt eventuella konsekvenser för yt- och grundvattenberoende objekt.

Konsekvensbedömningen till följd av vattenverksamhet redovisas i Bilaga D *MKB vattenverksamhet*.

Bedömt behov av vidare utredningar

Som sista steg i den iterativa utredningscirkeln identifieras var ytterligare kunskap behövs för att slutligt kunna redovisa effekterna av den sökta vattenverksamheten. Behovet av ytterligare kunskapsinhämtning kopplas till frågeställningen för den aktuella platsen utifrån utredningsstrategin, se Figur 2 ovan. Det görs även en bedömning om

anläggningens utförande bör anpassas (skadeförebyggande åtgärd) eller om skyddsåtgärder kan vidtas för att minska risken för skada på omgivningen.

1.5.2. Riskexponerade objekt

Den sista och viktigaste parametern för värdering av kunskapsbehovet är förekomst och egenskaper hos yt- eller grundvattenberoende objekt och värden som kan påverkas av vattenverksamheterna. Yt- och grundvattenberoende objekt inventerades i ett tidigt skede inom ett utredningsområde (beskrivs i avsnitt 1.5.3) och finns redovisade i Bilaga D.2.2. *Yt- och grundvattenberoende objekt*. De objekt som efter fortsatta utredningar fortfarande bedöms kunna påverkas negativt av vattenverksamheternas direkta påverkan eller effekter benämns som riskexponerade objekt. Det är dessa objekt som konsekvensbedöms och vid behov har ytterligare fördjupade utredningar utförts.

För grundvattenberoende objekt är det de objekt som finns inom påverkansområdet för grundvatten (beskrivs i avsnitt 1.5.3), som betraktas som riskexponerade objekt. För ytvattenberoende objekt beror påverkan på typ av objekt och vilken typ av påverkan som vattenverksamheten ger upphov till. Specifik bedömning görs när det gäller ytvattenberoende objekt därför per objekt eller värde.

När denna PM upprättas pågår provning av järnvägsplan för aktuell sträcka. Järnvägsplanen reglerar vilka markområden som får nyttjas för anläggande och drift av Ostlänken. Miljöpåverkan till följd av planen beskrivs i en egen miljökonsekvensbeskrivning för järnvägsplanen. Järnvägsplanen innebär att flera av de yt- och grundvattenberoende värden som inventerats inte kommer att finnas kvar när arbete med vattenverksamheter påbörjas. De objekt som kommer att borttas i samband med genomförandet av järnvägsplanen utgör således inte riskexponerade objekt vid provning av vattenverksamhet och inte heller när vattenverksamheten genomförs. Inventering av samtliga objekt och värden redovisas i avsnitt 4 i denna PM. De objekt som tas bort i samband med genomförande av järnvägsplanen ingår inte i påverkansbedömningen i avsnitt 7 och 8 eller konsekvensbedömningen i MKB för vattenverksamhet då de redan är hanterade inom järnvägsplanen och dess MKB. Exempel på yt- och grundvattenberoende objekt som har utelämnats från bedömningen av riskexponerade objekt i detta PM är bland annat:

- Brunnar samt byggnader och anläggningar inom markanspråk. Dessa kommer att lösas in av Trafikverket innan anläggningsarbeten påbörjas.
- Ledningar som behöver läggas om med anledning av Ostlänken. Dessa förutsätts anläggas så att de inte skadas vid förväntade grundvattensänkningar.
- Naturvärden och våtmarker inom markanspråk. Anläggningsarbetena inleds med att ta bort vegetation inom område för anläggningen. Förekommande naturvärden tas då bort.
- Fornlämningar inom markanspråk som kommer att undersökas och grävas ut innan anläggningsarbeten påbörjas. Detta gäller även de fornlämningar som ligger utanför markanspråk som sedan tidigare är undersökta (utgrävda) eller som länsstyrelsen har tagit beslut om ska undersökas (grävas ut) i samband med utbyggnaden av järnvägsanläggningen.

Risker och osäkerheter hanteras genom att göra konservativa bedömningar och genom att ha ett väl utvecklat kontroll- och åtgärdsprogram i bygg- och driftskede. Med konservativa bedömningar menas att antaganden, beräkningar och bedömningar görs så att risken för negativ konsekvens av vattenverksamheten överskattas.

Definition

Ytvattenberoende objekt eller värde – samlingsnamn för de allmänna eller enskilda intressen som inventerats inom utredningsområdet och vars värde eller egenskaper beror av ytvattensituationen, inklusive vattennivå, flöde och vattenkvalitet.

Grundvattenberoende objekt eller värde – samlingsnamn för de allmänna eller enskilda intressen som inventerats inom utredningsområdet och som är beroende av grundvattensituationen för att bibehålla sitt värde eller sina egenskaper.

Riskexponerade objekt – de yt- eller grundvattenberoende objekt och värden som efter utredning bedöms kunna påverkas av vattenverksamheterna.

1.5.3. Utredningsområde och påverkansområde

I ett tidigt utredningsskede, i anslutning till linjevalet, togs ett utredningsområde fram. Utredningsområdet omfattar det område som inventeringar, undersökningar och utredningar utförs inom för att utreda påverkan av planerade vattenverksamheter. Området är tilltaget med god marginal för att inventeringsarbetet skulle få en tillräcklig omfattning. Utredningsområdets geografiska utbredning redovisas i Bilaga D.2.1 *Hydrogeologiska kartor*.

Påverkansområde för grundvatten redovisas som en gräns utanför vilken någon grundvattenpåverkan av betydelse för något grundvattenberoende objekt inte förväntas uppkomma. En sådan påverkan bedöms kunna uppkomma vid en sänkning av grundvattennivå motsvarande > 0,3 meter i jord och > 1 meter i berg (jämfört mot tidigare års nivåvariation). Utbredningen av området är bedömd inklusive vidtagna skadeförebyggande åtgärder (till exempel tråg), men utan eventuella skyddsåtgärder, såsom infiltration av vatten för att bibehålla grundvattennivåerna.

1.6. Koordinat- och höjdsystem

I detta dokument anges koordinatsystemet Sweref 99 18 00 och höjdsystemet RH2000, om ej annat anges i anslutning till plats- och höjduppgifter.

2 Utredningsmetodik

I detta avsnitt beskrivs den generella utredningsmetodik som tillämpats för påverkans- och effektbedömning inom delsträckan. Mer specifika utredningar beskrivs i efterföljande avsnitt.

Vattenområden avgränsas inom delen Långsjön–Sillekrog enligt följande:

- Sjöar, vattendrag, diken har identifierats enligt Lantmäteriets terrängkarta (nedladdad 2017-02-09). Vattenområde vid sjöar, vattendrag och diken har här avgränsats av den yta som beräknats täckas av vatten vid flöden som uppstår med en återkomsttid av 100 år.
- Våtmarksområden har identifierats med Lantmäteriets terrängkarta (sankmark) och Nationella marktäckedatabasen NMD (nedladdad 2020-02-24). Vattenområde vid våtmarker har i praktiken i samband med fältbesök avgränsats genom bedömning av det område som präglas av tecken på återkommande översvämning, såsom förekomst av hydrofil vegetation.
- Andra mindre vattendrag, diken och våtmarksområden identifierade vid fältbesök.

2.1. Avrinningsområden och vattenbalansberäkning

Avrinningsområdesgränser följer normalt topografiska höjdryggar. I vissa fall kan dock avrinningsområdena avgöras av andra aspekter än markytans topografi, till exempel kan grundvattenflödesriktningar styras av marklagrens beskaffenhet. Avrinningsområden definieras från en vald utflödespunkt.

Vattenbalansberäkningar kan användas för att redovisa årsmedelvärden eller medelvärden för andra tidsperioder. Därmed ingår lagring/magasinering som en parameter. Vilken tidsperiod som beräkningen avser måste beaktas för förståelsen av redovisade bedömningar och slutsatser i denna PM. Det är stor skillnad på vattenbalansen för en enstaka månad jämfört med års- eller flerårsberäkningar.

En vattenbalans för ett avrinningsområde beskriver hur mycket vatten som tillförs och bortförs från ett område under en viss tid. Inom ett avrinningsområde finns inströmnings- och utströmningsområden för grundvatten, olika grundvattenmagasin, olika flödes(kontakt)vägar mellan grundvattenmagasinen samt mellan grundvattenmagasinen och diken/ytvattendrag.

För utförligare metodbeskrivning och gjorda antaganden vid utförande av vattenbalansberäkningar se Bilaga D.2.3 *Beräkningar grundvatten*.

2.2. Inverkan av ett förändrat klimat

Framtidens klimat kommer att skilja sig från dagens. FN:s klimatpanel IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change 2014) förutser en ökning av temperatur, årlig nederbörds mängd, intensitet och frekvens av extrem nederbörd, samt stigande havsvattennivåer. För vägar och järnvägar, såsom i projektet Ostlänken, innebär de prognostiserade klimatförändringarna generellt förhöjda risker i vissa områden till följd av till exempel ökad skred- och rasbenägenhet samt erosion.

Klimatförändringar kan påverka grundvattennivåerna på olika sätt. Ökad nederbörd ger ökad grundvattenbildning men ökad avdunstning till följd av högre temperaturer leder till minskad grundvattenbildning. Hur grundvattennivåerna förändras beror även på

geologin där små grundvattenmagasin i morän reagerar snabbt och stora grundvattenmagasin av sand och grus reagerar långsamt.

För små och snabbreagerande grundvattenmagasin förväntas årsmedelnivåerna för grundvatten inte förändras nämnvärt i området för Ostlänken på grund av ett förändrat klimat (SGU, 2015a). För stora grundvattenmagasin skulle eventuellt nivåerna i dessa kunna sjunka i slutet av seklet. Under vårmånaderna förväntas grundvattennivåerna däremot sjunka i de små grundvattenmagasinen till följd av minskat snötäcke och förlängd vegetationsperiod.

I de snabbreagerande grundvattenmagasinen förväntas ett framtida klimat i slutet av seklet inte medföra några betydande förändringar avseende grundvattennivåvariationer över året (spännvidd i grundvattennivåer oförändrad). En större spännvidd i nivåvariationer kan dock förväntas uppstå i långsamreagerande grundvattenmagasin, då de lägsta grundvattennivåerna förväntas bli lägre. (SGU, 2015a).

Gällande ytvatten är stora nederbörds mängder på kort tid ofta orsaker till översvämningar, framför allt i bebyggda områden. Vid till exempel skyfallskartering och beräkning av flöden i små vattendrag har korttidsnederbörd beaktats. Under 2018 publicerade Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) en studie om korttidsnederbörd i Sveriges framtida klimat (SMHI, 2018). I studien har fyra olika klimatzoner identifierats. Ostlänken tillhör klimatzon sydost. Ju mer intensiv nederbörden är, desto mer förväntas nederbörds mängden öka i framtida klimat. För tillfällen med 100 års återkomsttid visar RCP4.5 en ökning av nederbörden på upp till 31 % och RCP8.5 på upp till 40 %. Störst är ökningen för de korta varaktigheterna, 1–2 timmar.

Säsongsvariationen i vattenföring drivs till stor del av nederbörds mönster och lagring av vatten i landskapet i till exempel snö och sjöar. I ett klimat med högre temperatur kan denna säsongsvariation förändras och bli mindre accentuerad. Vattenföringens säsongsvariation förväntas gå från en flödesregim med vårflödestopp, låga sommarflöden och högre höstflöden mot högre flöden under vinter och en lägre vårfloed (SMHI, 2015). Dessa förändringar syns tydligast mot slutet av detta sekel.

Förändrade säsongsvariationer med ökade flöden och högre temperaturer kommer även att drabba ekosystemen i sjöar och vattendrag. Exempelvis kan det i ett vattendrag ske en skiftning i artsammansättningen som innebär att tillgång på föda inte följer efterfrågan i samma utsträckning som idag.

Vid dimensionering av Ostlänken har klimatförändringarna tagits hänsyn till. I genomförd skyfallskartering och beräknad flödesbildning i små vattendrag har nederbörd justerats med klimatfaktorer upp till 40 % ökning som valts utifrån tidshorisont. Vid medelstora och stora vattendrag har specifika klimatjusteringar gjorts utifrån förutsättningarna i vattendragens avrinningsområden, samt utifrån olika tidshorisonter.

Underlag för den dimensionering som har gjorts för järnvägsanläggningen kopplat till framtidens klimat redovisas i TB Bilaga C4 *Beräkningar ytvatten*.

2.3. Utredningsmetodik ytvatten

2.3.1. Förutsättningar

Det finns ofta ett bra kunskapsunderlag för att konceptuellt beskriva hydrologiska egenskaper hos en sjö, vattendrag eller våtmark. Större sjöar och vattendrag utgör vattenförekomster som omfattas av miljö kvalitetsnormer. Information om deras hydrografi, status och åtgärdsbehov finns tillgängliga i VISS (VattenInformationsSystem Sverige, viss.lansstyrelsen.se). Därtill redovisar SMHI data om flöden, avdunstning och avrinningsområden som kan ligga till grund för nulägesbeskrivningar samt påverkans-, effekt- och konsekvensbedömningar (<https://www.smhi.se/data/hydrologi/vattenwebb>).

Den permanenta påverkan som uppkommer på vattendrag beror i första hand på hur spår linjen är förlagd i plan och profil. Anläggningens konsekvenser på förekommande värden på grund av anläggningens markanspråk beskrivs i Bilaga D.3 *Miljökonsekvensbeskrivning Ostlänken - Järnvägsplan delen Långsjön–Sillekrog* (hädanefter benämnd Bilaga D.3 *MKB för järnvägsplan*). I MKB för järnvägsplan beskrivs även påverkan på miljö kvalitetsnormer för vatten, avseende både bygg- och driftskede.

De diken och vattendrag som Ostlänken korsar kommer att kulverteras, förläggas i trumma eller passeras på bro, i vissa fall kombinerat med kortare omledningar. I projekteringen av dessa passager beräknas vattenflödet för olika flödesförhållanden och med hänsyn till ett förändrat klimat, se Teknisk beskrivning. Det finns även ett krav i Trafikverkets tekniska dokument på att vandringshinder för fisk inte får uppkomma genom de anläggningar som uppförs. I projekteringen utformas även anläggningar enligt Trafikverkets standardkrav så att inte några vandringshinder för fauna uppkommer.

Samtliga vattenverksamheter längs sträckan redovisas i handlingarn inklusive alla mindre trummor och diken i områden som tidvis kan tänkas leda ytvatten.

2.3.2. Beräkningsmetodik ytvatten

Beroende på typ av påverkan har olika ytvattenberäkningar utförts för att bedöma effekter. Valda metoder samt utförda beräkningar redovisas i Bilaga C.4 *PM Beräkningar ytvatten 4.2* (benämns fortsatt i dokumentet som Bilaga C.4 *Beräkningar ytvatten*) som utgör underbilaga till den tekniska beskrivningen.

För flödesberäkningar i ytvattendrag, ytvattennivåförändring och vattenutbredningsområden har metodiken i Trafikverkets råd TDOK 2014:0051 använts. Därtill har specifika beräkningsförutsättningar för klimatsäkring av Ostlänken tillämpats (Trafikverket, 2016a-f). Utöver dessa används under vissa förutsättningar även andra metoder, till exempel S-hypedata för långtidssimulering av högvattennivåer vid stora magasinvolym. För dimensionering av Ostlänken används klimatscenarior utifrån metodiken redovisad ovan under 2.2, och med specifik redovisning för enskilda vattendrag i Bilaga C.4 *Beräkningar ytvatten*.

Bland **flödesbestämningsmetoderna** som använts ingår frekvensanalys av flödesmätningsserier, hydrologiska datamodeller samt Trafikverkets egna flödesberäkningsmetoder. Utifrån behov har både medelvärdesbildade flöden (medel av låg-, medel- och högflöden) och tillfälliga flödespulser kvantifierats och ibland har även beräkningar gjorts för olika säsonger/scenarier.

Vattennivå- och vattenhastighetsberäkningar har i enkla fall gjorts med handberäkningar, såsom beräkningar utifrån Mannings ekvation, men vid komplicerade fall har hydrauliska datamodeller använts. Hydrauliska datamodeller använder sig generellt av energi-ekvationen och beräknar friktionsförluster med Mannings formel för att lösa ut vattennivåer och vattenhastigheter. Beräkningarna kräver indata i form av batymetri (bottentopografi), friktionskoefficienter, vattenflöden och randvillkor. Randvillkor ansätts vanligen som känd vattennivå nedströms modellen eller som vattendragens fortsatta lutning nedströms modellen. Vattenområdets utbredning har bestämts utifrån beräknade vattennivåer och topografiska data.

På flera platser kommer järnvägsanläggningen eller placering av tillfälliga ytor, arbets- eller servicevägar att korsa befintliga diken. Därför kommer trummor att behöva läggas om eller nyanläggas, och i vissa fall görs omledningar av diken. Genomledningarna har dimensionerats utifrån platsspecifika förutsättningar och redovisas i Bilaga C *Teknisk beskrivning vattenverksamhet*. Kontrollräkning av vattennivåpåverkan och dämning har gjorts för att säkerställa att inte oacceptabelt stora nivåförändringar uppstår, det vill säga sådana nivåförändringar som ger större negativa effekter för omgivningen än vad som kan tolereras. Mer om detta finns att läsa i Bilaga C.4 *Beräkningar yt-vatten*. Några av dikesomledningarna och omläggningarna av trummor eller kulvertar berör markavvattningsföretag. Juridisk hantering av förändrade förutsättningar för markavvattningsföretag görs i separata avtals- eller omprövningsprocesser.

Grumlings-, sedimentations- och erosionsförlopp har uppskattats utifrån vattenhastighet, kornstorleksfördelning, släntlutning och lutning i vattendragen.

2.4. Utredningsmetodik grundvatten

2.4.1. Grundvattnets förekomst i jord och i berg

Nedan förklaras ett antal grundläggande hydrogeologiska begrepp. Dessa redovisas även i kapitel 13.

Grundvatten förekommer när markens porer eller sprickor i berggrunden är helt fyllda med vatten. Grundvatten förekommer alltså överallt på ett visst djup under markytan och i alla typer av jordlager (även lerjord). Ett genomsläppligt jordlager där grundvatten förekommer kallas för en akvifer medan grundvattenmagasin används för att beteckna en avgränsad del av ett genomsläppligt jordlager.

De mest genomsläppliga jordlagren finns i våra rullstensåsar med sten-, grus och sandjordar följt av vissa typer av moränjordar. Även berggrunden brukar räknas som ett **grundvattenmagasin** då bergborrade brunnar kan nyttjas för vattenförsörjning. Kristallin berggrund, så kallat urberg, har dock liten förmåga att lagra grundvatten då spricksystemens sammanlagda volym är liten.

Grundvatten kan förekomma i öppna eller slutna magasin. I ett **öppet grundvattenmagasin** kan nederbördsvattnet som inte tas upp av vegetationen i markzonen direkt infiltrera ned till grundvattenmagasinet. Ett **slutet (undre) grundvattenmagasin** begränsas av ett ovanliggande tätande jordlager, vanligtvis lera, och magasinet fylls på genom tillrinning från sidan. Om omgivande grundvattenbildningsområden för ett slutet (undre) grundvattenmagasin ligger högre i terrängen än området med den tätande lerjorden kan det slutna (undre) magasinets trycknivå vara högre än marknivån. Det kallas **artesiskt grundvatten** och en brunn som borrar genom lerjordlagret kan då läcka grundvatten som en fontän. Öppna **grundvattenmagasin** ovanför ett tätande lerlager brukar kallas ett övre

grundvattenmagasin och vanligen handlar det om grundvatten i fyllnadsmaterial och torrskorpelera men det kan även förekomma naturligt eller i svallade material som svallats ut över ett lerskikt.

I ett öppet grundvattenmagasin är grundvattennivån lika med grundvattenytan. Avsänks **grundvattenytan** ersätts grundvattnet med luft (markgaser) i jordlagrets porer och en mängd motsvarande hela effektiva porvolymen kan avges vid en dränering (cirka 200–300 liter per kubikmeter sandjord).

I ett slutet grundvattenmagasin motsvarar grundvattennivån magasinets **grundvattentrycknivå**. Avsänks trycknivån är magasinets porer fortfarande fyllda med grundvatten men med ett lägre tryck än tidigare. En meters trycksänkning motsvarar bara några 10-tals liter vatten per kubikmeter friktionsjord, dvs. betydligt mindre än för ett öppet grundvattenmagasin.

2.4.2. Konceptuell modell grundvatten

Den konceptuella modellen utgörs av text och kartor som beskriver topografi, berggrundsförhållanden, utbredning och mäktighet hos olika jordlager, storskalig och lokal grundvattenströmning, förekomst av yt- och grundvattendelare, egenskaper hos vattenförande jordlager, grundvattenmagasinens utbredning och inbördes kontakt, etcetera. Detaljeringsnivån för den konceptuella beskrivningen bestäms av behovet i enlighet med den iterativa utredningsstrategin.

En beskrivning av markförhållanden med fördelning av jordlager, jordlagermäktighet, underliggande bergyta, bergförhållanden med mera kan av förklarliga skäl inte vara exakt. Det är inte möjligt att skaffa den mängden av information som krävs utan att påverka det område som ska beskrivas. Alla typer av beskrivningar av mark- och grundvattenförhållandena innebär någon typ av generalisering, konceptualisering, av de verkliga förhållandena.

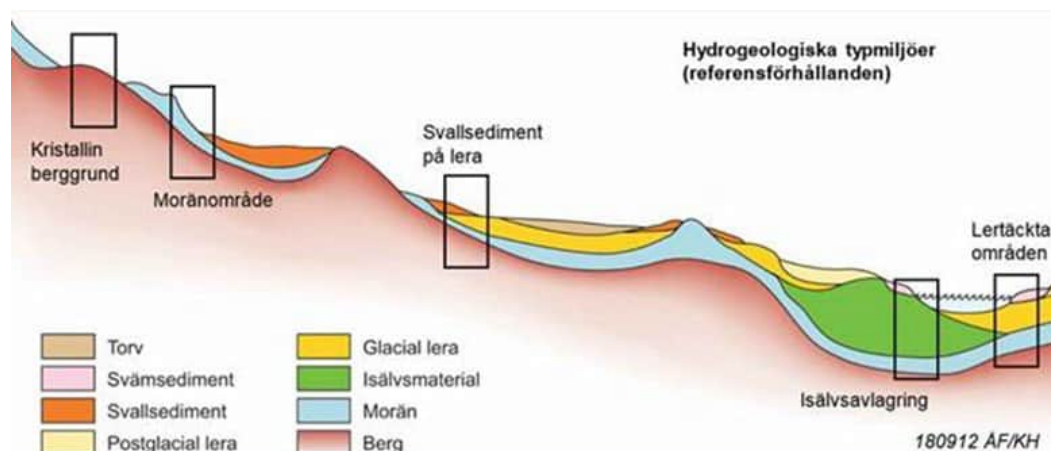
En aspekt som gör att markförhållanden kan generaliseras är att bildningsprocessen är förhållandevis välkänd. Vittring, erosions- och sedimentationsprocesser som format landskapet och inte minst den påverkan som inlandsisen medförde med isälvsavsatta rullstensåsar och det moränjordlager som glacialrörelserna avsatte finns beskriven i forskningslitteratur. De olika geologiska och geomorfologiska miljöerna som har bildats kan därför generaliseras in i olika typmiljöer. Dessa kan sedan utvecklas till olika hydrogeologiska typmiljöer för att beskriva grundvattnets generaliserade förekomst i landskapet.

2.4.3. Hydrogeologiska typmiljöer och dess känslighet för grundvattenpåverkan

Hydrogeologiska typmiljöer finns framtagna för att med tillgängligt underlag kunna klassificera olika områden utifrån terrängförhållanden, jordarter, berggrund, geografiskt läge, etcetera. och därefter ansätta dessa områden vissa egenskaper avseende grundvattnets förekomst och rörelser. Typmiljöerna baseras på en metodik som tagits fram vid Chalmers tekniska högskola (Eklund, Helen Stejmar 2002) samt av Merisalu J, Fransson Å, 2018.

I projekt Ostlänken används typmiljöer i den iterativa utredningsstrategin som beskrivits i tidigare avsnitt. För en första konceptuell beskrivning av grundvattenförhållanden klassificeras de olika miljöerna inom utredningsområdet in mot relevanta typmiljöer i tillämpliga delar. För vissa delar kan en omgivningsbeskrivning utifrån typmiljöer vara tillräcklig där anläggningen endast

medför ringa eller liten vattenverksamhet och, eller där riskexponerade objekt saknas eller endast förekommer i begränsad omfattning. Inom andra områden utgör typmiljöerna en grund för planering av borrhningar, hydrauliska tester och andra fältundersökningar för fördjupad kunskap om området.



Figur 4: Hydrogeologiska typmiljöer.

Figur 4 ovan redovisar fem typområden och visar översiktligt var i terrängen de olika typmiljöerna är belägna, men även andra terränglägen förekommer. Det mellansvenska landskapet är mycket omväxlande vilket gör att typmiljöerna enligt figuren varierar inom kortare avstånd vilket gör att syftet med att erhålla ett överskådligt bedömningsunderlag delvis försvinner. Därför har projekt Ostlänken valt att arbeta med enbart tre olika typmiljöer vilka redovisas i Tabell 1 och i följande text.

Tabell 1. Fördelning av hydrogeologiska typmiljöer.

Typmiljöer	Vald typmiljöindelning
Kristallin berggrund	Kuperat höjdområde
Öppna grundvattenmagasin i moränjord	
Öppna grundvattenmagasin i svallsediment	-
Öppna grundvattenmagasin i isälvsmaterial	Isälvsformation
Slutna grundvattenmagasin i moränjord eller i isälvsmaterial	Lertäckt dalgång

Kuperat höjdområde – Dessa områden utgörs av berggrundstopografiska höjdområden av uppbruten karaktär. De har omväxlande förekomst av uppstickande höjder med berg i dagen eller tunna moränjordlager och slänter eller svackor med morän och i vissa fall med lerjord eller torv. Jordtäckten är mestadels tunt, 0–2 meter inom de lokala höjderna och cirka 5–10 meter inom de lokala svackorna.

I denna typmiljö förekommer grundvattenmagasin i moränjordlager och i berggrundens spricksystem. Magasinen är mestadels öppna med direktinfiltration av nederbörd men där lerjord eller torv finns kan mindre slutna grundvattenmagasin i moränjord

förekomma. Ler- eller torvjordsområden kan vara så blöta att en fri vattenyta förekommer under hela eller delar av året, dvs. utgör våtmarksområden.

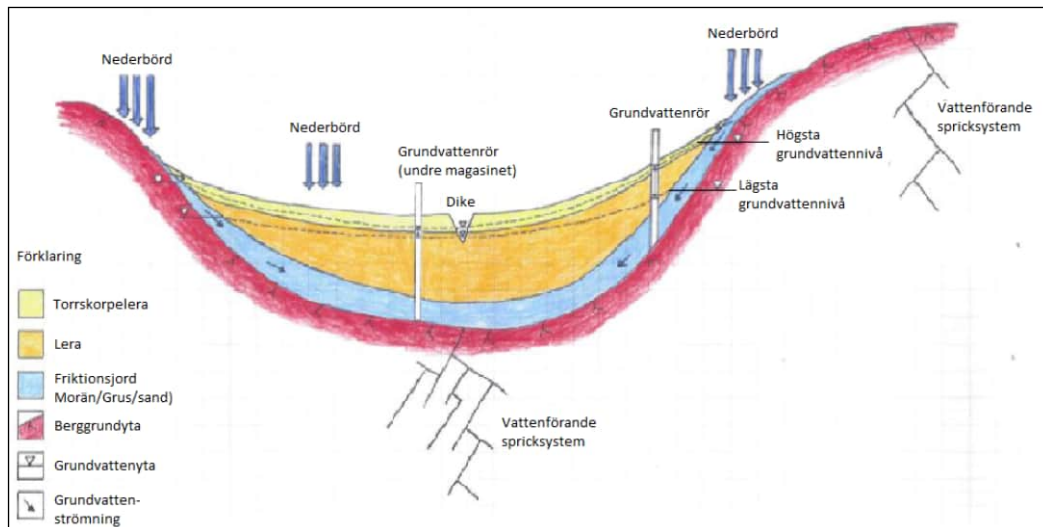
Avrinningen från de mindre grundvattenmagasinen i moränjord kan principiellt ske på två huvudsakliga vis beroende på underliggande berggrunds egenskaper. Där berggrunden är tät (saknar större spricksystem) styrs avrinningen av nivån på den lägsta omgivande bergtröskeln. Det vill säga att avrinning endast sker till lägre liggande område då grundvattennivån överstiger tröskelnivån. Förekomst av våtmarker inom höjdområden indikerar denna typ av jordlagermagasin. Där moränjordmagasinet är beläget i en bergsvacka med underliggande spricksystem sker avrinningen via dessa sprickor och balansen mellan nederbördens grundvattenbildning och avrinning styrs av spricksystemets genomsläpplighet. Lokala svackor med torr eller frisk markfuktighetsklass indikerar jordlagermagasin av denna typ.

Där Ostlänken förläggs i tunnel i berg uppkommer grundvattenpåverkan i de jordmagasin som har kontakt med berggrundens spricksystem. Effekten är störst närmast tunneln och avtar förenklat radiellt med avståndet till tunneln. De grundvattenmagasin som avrinner över bergtrösklar påverkas i mindre eller ingen omfattning. Om vattenverksamheten utgörs av en jord-, och eller bergskärning inne i typområdet, kan påverkan i huvudsak uppkomma i det enskilda moränjordlagermagasinet som oftast har begränsad utbredning. Moränjord har generellt en låg vattengenomsläpplighet och påverkan (effekten) av en mindre vattenverksamhet begränsas av direkt grundvattenbildning och av öppna grundvattenmagasins goda förmåga att avge grundvatten vid dränering.

Eventuellt kan grundvattenmagasin nedströms få en påverkan i form av en mindre tillrinning.

Lertäckt dalgång – Framträdande karaktärsdrag för dessa områden är större dalgångar vilka ligger låglänt i landskapet med en relativt platt topografi och omgivande höjdområden. Dalgångarna har tidigare varit havsvikar under istidens slutfas där så kallade kohesionsjordar (lera och silt) kunnat sedimentera. En generell jordlagerföljd från bergytan är friktionsjord (morän eller sand, grus), varvig glaciallera (ler-, silt-, finsandlager) och överst postglacial lera. I dalgångarna kan det förekomma vattendrag som skurit sig ner i leran och avsatt svämsediment ovanpå leran i anslutning till vattendraget. Jordlagren är generellt mäktigare än inom tidigare typområde, flera tiotals meter är inte ovanligt varav större delen utgörs av lerjordlagret. Om underliggande friktionsjord utgörs av moränjord har den normalt endast några meters mäktighet. Underlagras lerjordlagret av sand, eller grus (som sedimenterat i vatten) kan dess mäktighet vara något större.

I denna typmiljö finns större grundvattenmagasin i friktionsjord under leran (undre grundvattenmagasin) som oftast har ett grundvattentryck upp i leran och ibland till och med över markytan (artesiskt tryck), se Figur 5. Det kan också förekomma ett övre grundvattenmagasin i jordlager ovanför leran. Grundvattenmagasinet finns då i svallsediment, fyllningsjord eller i det översta så kallade torrskorpelerlagret. Leran utgör således ett tätande lager mellan de två grundvattenmagasinen.



Figur 5. Schematisk skiss över grundvattenfluktuationer och grundvattenbildning i tvärsnittet av en större dalgång.

Grundvattenbildning till övre grundvattenmagasin sker genom direkt infiltration av nederbörd. Andelen nederbörd som bildar grundvatten beror ofta helt på markanvändning och förekomst av täckdikning eller öppna diken.

Till undre grundvattenmagasin sker grundvattenbildning genom inströmning av vatten via vattenförande jordlager i randzonen i dalgångens kant. Undre grundvattenmagasin kan även förses med grundvatten genom grundvattenuppträngning via sprickor i berggrunden eller genom läckage genom lerjordlagret. Avrinningen från dalgången följer topografin men om det undre grundvattenmagasinet utgörs av moränjord med ringa eller måttlig mäktighet så begränsas grundvattenflödet av moränens måttliga till låga vattengenomsläpplighet. Då grundvattenbildningen i angränsande höjdområden är stor fylls det undre grundvattenmagasinet till dess att deras trycknivå når upp till lerjordens överkant vid dalgångens sidor. Därefter tillrinner grundvatten från höjdområdena ett eventuellt övre grundvattenmagasin alternativt till eventuella diken.

Om vattenverksamheten utgörs av en jordskärning kan påverkan i huvudsak uppkomma i det övre grundvattenmagasinet. I vissa fall behöver det undre grundvattenmagasinet avsänkas för att undvika schaktbottenuppträngning under byggskedet. Risk för schaktbottenuppträngning uppkommer om undre grundvattentryck riskerar bli större än tyngden av det kvarvarande lerlagret. Effekten för övre grundvattenmagasin blir normalt litet då en påverkan dels balanseras av direkt nederbördsinfiltration, dels då de övre grundvattenmagasinen normalt är av ringa utbredning eller mäktighet.

Isälvsformation – Typmiljön används för att beskriva ett större område med isälvsavlagringar som i huvudsak ligger blottade. Formationerna kan utgöras av rullstensås, sand/grusmalm eller isälvsdelta. I lägre liggande områden kan dock isälvsavlagringen nå ut under omkringliggande lerjord eller täckas helt. Isälvs materialet består i huvudsak av sand och grus i olika fraktioner och jordlagren kan vara mäktiga. Det går normalt inte att uttala sig om berggrundstopografin utifrån marktopografin vid isälvsavlagringar utan avlagringarna kan täcka bergshöjder och dalar om vartannat. Karakteristiskt för isälvsavlagringar är en hög eller mycket hög hydraulisk konduktivitet. Där inte bergtrösklar finns som hindrar avrinningen kan grundvattennivån ligga djupt. I rullstensåsar med en tydlig rygghöjd ligger grundvattenytan ofta djupare än 10 meter under markytan.

Grundvattenbildningen i typmiljön är stor. Nederbörd som faller över isälvsavlagringen infiltrerar snabbt ned till grundvattenmagasinet då sand och grus har en låg vattenhållande förmåga. Detta påverkar även vegetationen som behöver vara anpassad till torrare förhållanden.

Isälvsavlagringar är Sveriges främsta grundvattentillgångar för vattenförsörjning och flera är registrerade vattenförekomster enligt svensk vattenförvaltning.

Dessutom innebär den höga genomsläppligheten och ofta goda grundvattentillgången speciella byggtekniska krav vilket gör typmiljön speciell.

Om Ostlänken berör en isälvsavlagring gör detta att typmiljön kräver mer djupgående kunskaper enligt den iterativa utredningsstrategin.

2.4.4. Beräkningsmetodik grundvatten

Beroende på vattenverksamhetens storlek utförs olika typer av beräkningar för att bedöma påverkansområde och effekt inom detta. För bergtunnlar har utöver påverkansområde även beräkningar av inläckage och vattenbalans utförts. Valda metoder, gjorda antaganden, beräkningsresultat och osäkerheter redovisas i Bilaga D.2.3. *Beräkningar grundvatten.*

2.4.5. Bedömning av påverkansområde grundvatten

Påverkansområden för grundvatten har tagits fram baserat på resultat från numeriska och analytiska beräkningsmetoder. Metodval för beräkningar beror på hydrogeologiska förutsättningar, typ av anläggningsdel/objekt samt behov av precision i resultat kopplat till om grundvattenkänsliga objekt finns i närheten. För djupa schakter i jord och berg samt för bergtunnlar har modellering av utvalda sektioner gjorts i 2D i GeoStudios programvara SEEP/W. SEEP/W är ett program som beräknar grundvattenflöden i porösa material med hjälp av finita elementmetoden. För bergtunnlar där modellering inte gjorts i SEEP/W samt för övriga anläggningsdelar/objekt utgör analytiska beräkningar grunden till framtagande av påverkansområden. Om påverkan från flera vattenverksamheter samverkar på en plats görs en bedömning av den sammantagna effekten på de allmänna och enskilda intressen som berörs. Utöver numeriska och analytiska beräkningar har en erfarenhetsmässig bedömning gjorts av påverkansområdet med hjälp av den konceptuella modellen. För beskrivning av metod för framtagande av påverkansområde se Bilaga D.2.3. *Beräkningar grundvatten.*

3 Underlag och utförda undersökningar

3.1. Ytvatten

Som ytvatten benämns sjöar, vattendrag samt diken och våtmarker.

3.1.1. Underlag

För bedömning av effekter i vatten som omfattas av MKN har följande underlag använts:

- VISS Vatteninformationssystem Sverige. (<https://viss.lansstyrelsen.se>).
- SMHI. Vattenwebb. (<https://www.smhi.se/data/hydrologi/vattenwebb>) för modellerade data avseende hydrologi.
- SLU. Miljödata MVM – En webbtjänst med mark-, vatten och miljödata. (<https://miljodata.slu.se/MVM/>). Här samlas bland annat data från regional miljöövervakning, nationell miljöövervakning och recipientuppföljning av reningsverk.
- Utredningar avseende belastning av kväverikt vatten, redovisas i *PM Miljö kvalitetsnormer för vatten*, Bilaga 3 till Bilaga D.3 MKB för Järnvägsplan och Bilaga D.5 Hantering av länshållningsvatten från Tullgarnstunneln.
- Resultat från referensprovtagning inom projektet. Se avsnitt 3.1.2 för beskrivning av provtagningsprogrammet.
- En redovisning av hur effekter på MKN bedömts redovisas i *PM Miljö kvalitetsnormer för vatten*, Bilaga 3 till Bilaga D.3 MKB för Järnvägsplan och Bilaga D.5 Hantering av länshållningsvatten från Tullgarnstunneln.

De naturvärdesinventeringar som utförts inom projektet redovisas i kapitel 4.5. Dessa inventeringar har legat till grund för bedömning av effekter på naturvärden och biologiska kvalitetsfaktorer (se begreppsförklaring i kapitel 10) under ekologisk status. Underlag som vid sidan av utförda fältinventeringar har ingått i naturvärdesbedömningarna och använts för bedömningar av effekter i föreliggande PM är:

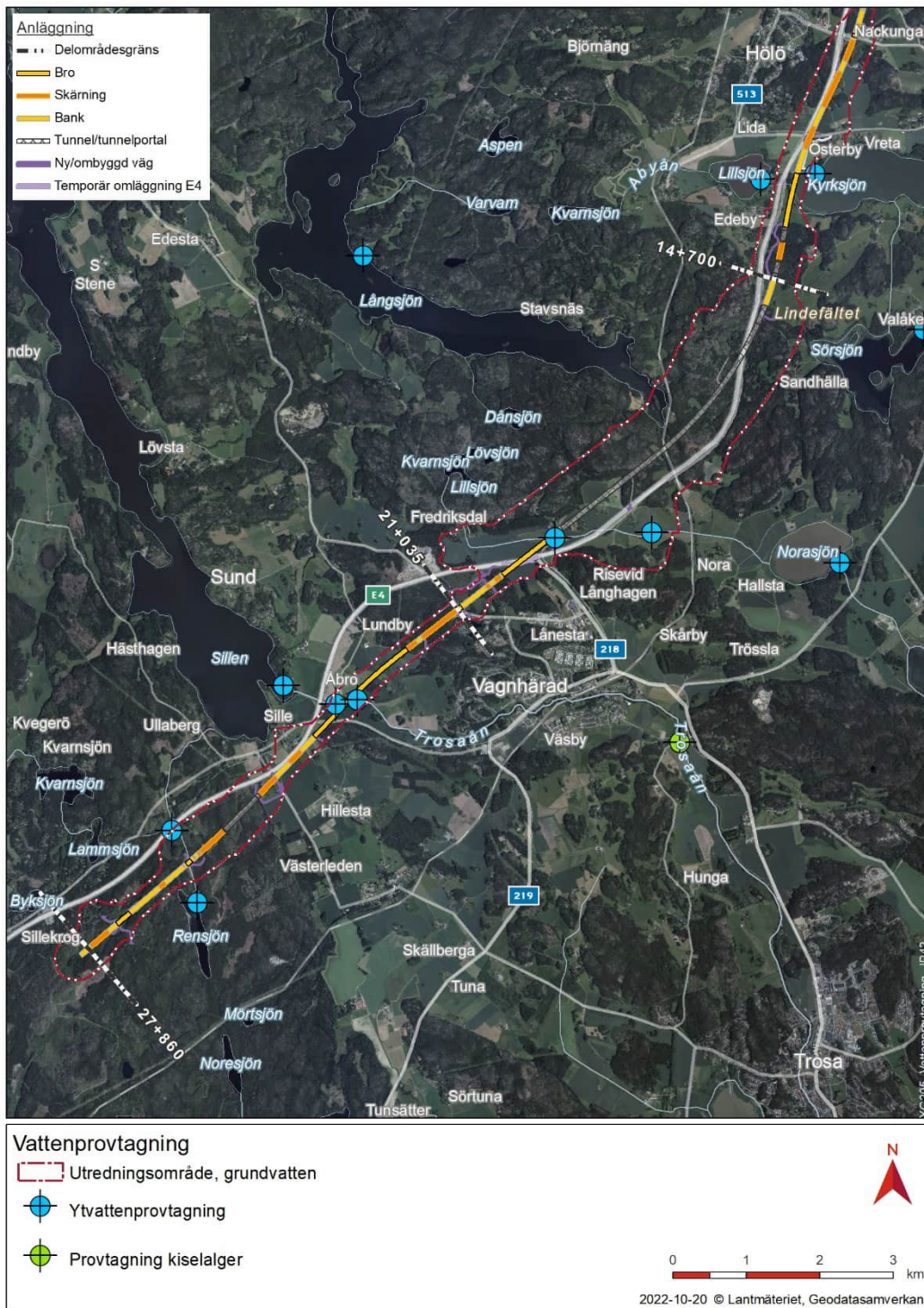
- Lantmäteriets topografiska karta, nedladdad 2017-02-09.
- Svenskt elfiskeregister– SERS. 2020. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser. (<http://www.slu.se/elfiskeregistret>).
- SMHI. Vattenwebb, (<https://www.smhi.se/data/hydrologi/vattenwebb>) för modellerade data avseende hydrologi.

3.1.2. Ytvattenprovtagning

Ett referensprovtagningsprogram för ytvatten (Trafikverket, 2020) har tagits fram och genomförts. Programmet omfattade vattenobjekt som kan påverkas direkt (fysiskt) eller indirekt av Ostlänken. I Tabell 2 redovisas vattenobjekt som provtagits, preliminär påverkan samt vilka parametrar och vilken frekvens som provtagningen har omfattat. Kiselalger innefattar provtagning av påväxtalger samt analys av surhetsindex och näringspåverkan. Fys-kem avser filtrerade och ofiltrerade halter av metaller, turbiditet/suspenderat material, pH, alkalinitet, konduktivitet, temperatur, löst organiskt material (DOC), totalhalt av organiskt material (TOC), nitrit/nitrat, ammoniumkväve, totalkväve samt totalfosfor. I flera fall har provtagning utförts upp- respektive nedströms Ostlänken för att göra det möjligt att särskilja normala variationer från effekter av anläggande av Ostlänken. Provtagningspunkter är markerade i Figur 6.

Tabell 2. Översikt över referensprovtagning i ytvatten.

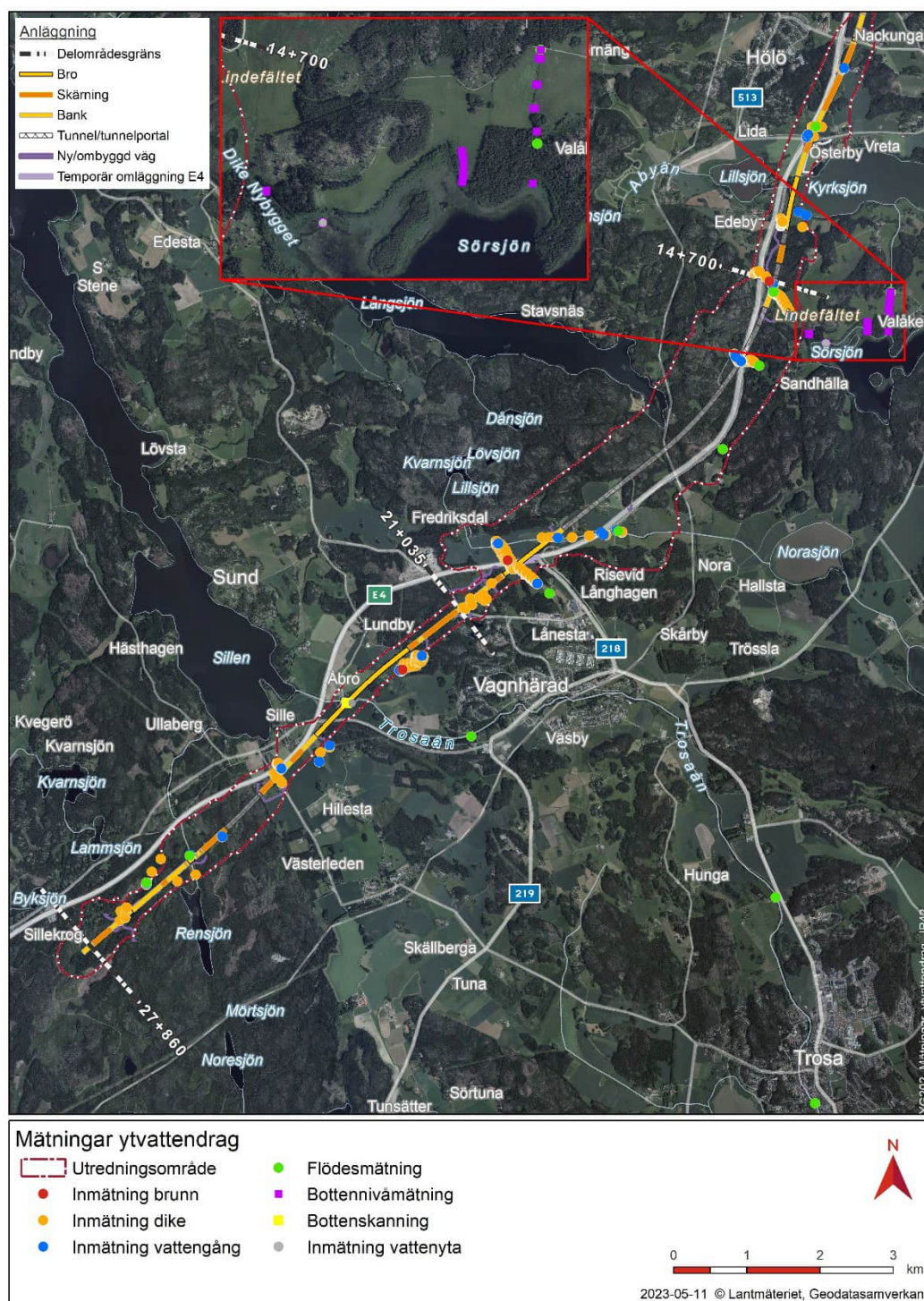
Vattenobjekt	Provtagningslokal	Parameter	Intervall referensprovtagning
Dike till Norasjön	Upp- resp. nedströms arbetsområde	Fys-kem	4 ggr/år, 2019–2021
Norasjön	Nära sjöns utlopp	Fys-kem	4 ggr/år, 2019–2021
Sörsjön (vattenförekomst)	Nära sjöns utlopp	Fys-kem	4 ggr/år, 2019–2021
Långsjön (vattenförekomst)	Nära sjöns utlopp	Fys-kem	4 ggr/år, 2019–2021
Sillen (vattenförekomst)	Nära sjöns utlopp	Fys-kem	4 ggr/år, 2019–2021
Trosaån (vattenförekomst)	Upp- resp. nedströms arbetsområde	Fys-kem	4 ggr/år, 2019–2021
		Kiselalger (1) (surhetsindex, näringspåverkan)	1 gång vartannat år, 2019–2023
Rensjön	Nära sjöns utlopp	Fys-kem	4 ggr/år, 2019–2021
Dike nedströms Brännvretens våtmark	Brännvretens utlopp	Fys-kem	6 ggr åren 2020–2021



Figur 6: Punkter för vattenprovtagning av ytvattenobjekt. Proverna analyserades med avseende på fysikalisk-kemiska parametrar samt kiselalger.

3.1.3. Inmätningar och andra fältundersökningar

Nedan redovisas de fältundersökningar som gjorts vid sträckans ytvattensystem, se karta i Figur 7 för översikt.



Figur 7: Mätningar i vattendrag och diken samt inmätning av brunnar. Generellt har fältmätningar utförts för att utgöra underlag till hydrauliska beräkningar för dimensionering av anläggningen samt som underlag till effektbedömningar, specifikt syfte redovisas för varje plats.

3.1.3.1. Våtmarker

Längs sträckan finns ett flertal våtmarker som på olika sätt kan komma att beröras hydrologiskt eller hydrogeologiskt genom anläggande av den nya järnvägen och övriga anläggningsdelar. Initialt har kartläggning av våtmarker som kan påverkas gjorts med hjälp av Lantmäteriets terrängkarta (hämtad 2017-02-09). I de fall det har ansetts nödvändigt har fältbesök gjorts för komplettering av underlag för påverkansbedömningar.

3.1.3.2. Inventering av naturvärden och våtmarker

För att få en utförlig redogörelse av metodik och resultat hänvisas till de terrestra respektive akvatiska inventeringar som utförts inom delsträckan, inklusive groddjursinventering. Inventeringarna som genomförts i projektet och rapporterna som har varit underlag till bedömningen av yt- och grundvattenberoende naturvärdesobjekt redovisas bland underlagsrapporter i avsnitt 9.1.

I samband med fältbesök vid våtmarker har hydrologisk och hydrogeologisk funktion studerats. Sticksondering har utförts och provgropar har grävts vid ett stort antal våtmarker. I vissa fall har kompletterande avgränsningar av våtmarker gjorts samt enklare fältundersökningar för bedömning av geologiska förhållanden.

3.1.3.3. Inventering av skyddade groddjur

En groddjursinventering genomfördes 2022 enligt Naturvårdsverkets standardiserade metoder (Version 1:0: 2005-04-21 och Version 4.0 2010-12-21) samt med hjälp av eDNA i två våtmarker längs Ostlänkens sträckning mellan Långsjön och Sillekrog. De arter som provtagningen syftade till var vanlig groda (*Rana temporaria*), åkergroda (*Rana arvalis*), vanlig padda (*Bufo bufo*), större- och mindre vattensalamander (*Triturus cristatus* och *Lissotriton vulgaris*) samt groddjurspatogenen chytridiomycosis (*Batrachochytrium dendrobatidis*).

3.1.3.4. Utförda inmätningar

Linddefältet (km 14+600–15+200):

- Dikessektions- och truminmätning, flödesmätningar och vattennivåmätningar för uppbyggnad och kalibrering av hydraulisk modell.
- Inmätning av brunnar för analys av påverkan vid fördjupning av rörledning och dike.

Tunnelpåslag arbetstunnel (km 15+800–15+900):

- Dikessektions- och truminmätning, flödesmätningar och vattennivåmätningar för uppbyggnad och kalibrering av hydraulisk modell.

Dike Tullgarn (km 16+800–17+000):

- Dikessektions- och truminmätning, flödesmätningar och vattennivåmätningar.

Dike till Norasjön (km 18+800–19+600):

- Dikessektionsmätningar av slambotten och fast botten samt truminmätning, flödes- och vattennivåmätningar för uppbyggnad och kalibrering av hydraulisk modell. Detta för att analysera påverkan och effekter på torrlägningsföretaget Fredriksdal-Kumla år 1944 samt Norasjöns sjösänkingsföretag år 1944.

Dike Vagnhärad (km 20+000–20+100):

- Dikessektions- och truminmätning, flödes-, vattennivå- samt brunnsinmätningar för uppbyggnad och kalibrering av hydraulisk modell. Detta för att analysera påverkan och effekter på torrlägningsföretaget Fredriksdal-Kumla år 1944.

(Km 20+500–20+850):

- Inmätning av höjdpunkter i diken och sänkor samt vattennivåmätningar för att analysera påverkan och effekter hydrologin inklusive våtmarker.

(Km 21+900–22+100):

- Dikessektions- och truminmätning. Detta för att analysera påverkan på hydrologin inklusive åkerdränering.

Trosaån (km 23+050):

- Ekolodsinmätningar och vattennivåmätningar för uppbyggnad och kalibrering av hydraulisk modell. Detta för att analysera påverkan och effekter på Daga Härads vattenavledningsföretag 1993.

(Km 23+650–24+450):

- Diverse dikessektions- och truminmätningar för att analysera kapacitet och påverkan och effekter på hydrologin.

Blötområde nordväst och uppströms om skärning (km 25+350–25+550):

- Inmätning trummor, höjdpunkter i våtmarken för att analysera påverkan och effekter på avvattning när avrinningsområdet förändras på grund av vall för att skydda tunnelmynning.

Dike som avvattnar Rensjön (km 26+050):

- Dikessektionsmätningar av slambotten och fast botten samt truminmätning, flödes- och vattennivåmätningar för uppbyggnad och kalibrering av hydraulisk modell. Detta för att analysera påverkan och effekter på avvattning från Rensjön mot Brännvreten och vidare mot Sillen.

Tillflöde till Dike som avvattnar Rensjön (km 26+400–27+350):

- Dikessektionsmätningar av slambotten och fast botten truminmätning, flödesmätningar och vattennivåmätningar för uppbyggnad och kalibrering av hydraulisk modell. Detta för att analysera påverkan och effekter på avvattning från Rensjön mot Brännvreten och vidare mot Sillen.

3.2. Grundvatten

3.2.1. Underlag

Följande källor har använts för geologiskt och hydrogeologiskt underlag:

- Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) jordartskarta, skala 1:50 000
- SGU:s brunnsarkiv
- Jorddjupskarta (SGU)
- Berggrundskarta
- Lantmäteriets höjdmodell
- SMHI:s avrinningsområden
- Grundvattenförekomster (VISS)
- Betydande grundvattenmagasin (SGU).

3.2.2. Grundvattennivåmätning

Det finns 109 grundvattenrör installerade längs med sträckan Långsjön–Sillekrog. Ett av dessa installerades 2021, övriga är installerade mellan år 2015 och 2019. Mätningar har utförts kvartals- eller månadsvis sedan 2015. En pumpbrunn har installerats i vilken det har skett nivåmätning. I nuvarande mätprogram har 15 av grundvattenrören utgått, vilket till exempel kan bero på att mätpunkten skadats eller de inte ansetts relevanta. Mätningar utförs månadsvis i resterande rör förutom i 32 rör där mätningar utförs kvartalsvis. Figur 8 visar en översikt av mätpunkter för grundvattennivå. För detaljerad information och läge för mätpunkter, se Bilaga D.2.1 *Hydrogeologiska kartor med planerade vattenverksamheter och påverkansområden Långsjön-Sillekrog*.

Det finns 33 portrycksspetsar installerade längs järnvägssträckan, varav 14 installerades 2016. Övriga portrycksspetsar tillkom 2019. Portrycksmätningar har utförts kvartals- eller månadsvis under 2016–2019 för att mäta det rådande trycket på olika nivåer i jorden. I nuvarande kontrollprogram (2023-03-28) mäts sex av dessa.

Syftet med installation av portryckspetsarna har varit att kunna beräkna stabilitet samt att inhämta information till sättningsberäkningar vid riskexponerade objekt. Installerade spetsar kan ge information om eventuell minskning av portryck i jordlagren vid planerade grundvattensänkning och kan därmed användas för övervakning av sättningar.

Längs sträckan finns även 32 kärnborrhål i berg utförda mellan år 2016 och 2018. Nivåmätningar i dessa har skett i olika intervaller sedan 2016. I nuvarande mätprogram ingår 17 av kärnborrhålen. Mätningar utförs månadsvis. Grundvattennivådata lagras i Trafikverkets databas Redbex och grundvattennivåer till föreliggande rapport har hämtats därifrån.



Figur 8: Punkter för mätning av grundvatten.

3.2.3. Hydraultester

Hydraultester har utförts i jord och berg längs hela delområdet för att utvärdera jord och bergs hydrauliska egenskaper och används som underlag i beräkningar av påverkan och effekter från anläggningen. Utförda fältundersökningar inom ramen av projektet presenteras nedan samt i Figur 9.

3.2.3.1. *Provpumpningar*

Det har utförts en provpumpning inom delsträckan, i anslutning till planerat betongtråg söder om Tullgarnstunnelns södra påslag. Provpumpningen utfördes genom att grundvatten pumpades ur en installerad brunn med ett konstant flöde och avsänkningen mättes både i brunnen och i omgivande grundvattenrör. Syftet med provpumpningen var att undersöka grundvattenmagasinets hydrauliska egenskaper för att möjliggöra en bättre bedömning av påverkan och effekter från planerade schaktarbeten i området.

3.2.3.2. *Slugtester*

Slugteter är ett akviferstest som ger värden på markens genomsläpplighet och har utförts vid 19 platser längs delsträckan. Slugteter utförs genom en inducerad förändring av grundvattennivån i till exempel ett grundvattenrör och därefter mäts återhämtningen i röret.

3.2.3.3. *Vattenförlustmätningar*

Längs delsträckan har det utförts åtta vattenförlustmätningar i kärnborrhål. Syftet med vattenförlustmätningarna är att undersöka bergets hydrauliska egenskaper och lokalisera eventuellt vattenförande sprickor.

3.2.3.4. *Jordprover och siktanalyser*

Jordprover har samlats in i samband med installation av tre grundvattenrör. Prover har sedan skickats till laboratorium för sikt- och permeabilitetsanalys.



Figur 9: Utförda hydrauliska tester och jordprover där hydraulisk konduktivitet utvärderats. Slugtester har utförts i observationsrör.

3.2.4. Grundvattenprovtagning

Provtagning av grundvatten har främst utförts i samband med brunnsinventering men även vid provpumpningar och inom utredningar med avseende på förorenad mark. Syfte med provtagningarna har varit att få en översiktlig bild av grundvattenkemin i området. Det har även gjorts provtagning i ett urval av kärnborrhål med syfte att undersöka grundvattnets korrosiva egenskaper.

3.3. Övriga fältundersökningar

3.3.1. Berg

Bergtekniska fältundersökningar har utförts inom en cirka 100 meter bred undersökningskorridor längs planerad spårlinje. Fältundersökningarna har utförts för att utgöra underlag till bergmodell och för undersökning och tolkning av de geologiska och bergtekniska förutsättningarna för de sträckor där konstruktioner i berg planeras. Bergtekniska undersökningar i fält innefattar:

- Kartering av lineament och storskaliga strukturer.
- Kartering och inmätning av berg i dagen, inklusive kartering och orientering av förekommande sprickor.
- Kartering av befintliga bergskärningar längs i huvudsak vägar, inklusive kartering och orientering av förekommande sprickor.
- Kärnbörning på totalt 32 platser, varav 30 av borrhålen är filmade med borrhålskamera.
- Åtta kärnborrhål har undersökts med vattenförlustmätning.

Insamlat underlag i fält har vidare analyserats med hjälp av borrhärnekartering, borrhålsfilmstolkning och labbtester. På labb har följande analyserats utifrån prover av:

- bergets hållfasthet
- ballastmekaniska egenskaper
- sulfidinnehåll
- metallinnehåll.

3.3.2. Geoteknik

Geotekniska och geofysiska fältundersökningar har utförts längs planerad spårlinje. Fältundersökningarna har utförts för att utgöra underlag till en lermodell och en bergmodell samt som underlag till de geologiska och geotekniska förutsättningarna där konstruktioner i jord planeras. Geotekniska undersökningar i fält innefattar:

- Geofysiska undersökningar för att storskaligt bestämma jordlagerföljd samt djup till berg.
- Geofysiska sonderingar för att bestämma skjuvvågshastigheten i jordmaterialet.
- Provtagning för bestämning av jordlagerföljd och djup till berg.
- Sondering som underlag för tolkning av jordlagerföljd och djup till berg samt för bestämning av jordlagrens geotekniska egenskaper avseende hållfasthets- och deformationsegenskaper.

Ett urval av de insamlade proverna har skett baserat på provkvalitet och vilka prover som var mest representativa för varje område. Utvalda prover har sedan analyserats med avseende på:

- hållfasthetsegenskaper
- deformationsegenskaper
- permeabilitet
- materialtyp
- tjälfarlighetsklass
- vattenkvot
- konflytgräns
- skrymdensitet
- humifieringsgrad
- sensitivitet
- kornstorleksfördelning.

Geotekniska utredningar, sonderingar och lerprovtagning, har även utförts i anslutning till byggnader och anläggningar som ligger inom eller i närheten till påverkansområdet och som bedömts ligga på sättningbenägen mark och ha en grundvattenberoende grundläggning.

Syftet med undersökningarna är att få ytterligare underlag till att bedöma om byggnaderna har en grundvattenberoende grundläggning och vilka sättningar som skulle kunna uppkomma vid olika grundvattensänkningar.

Ett stort antal undersökningspunkter från kommunala arkiv och Statens Geotekniska Institutets arkiv har också använts i bedömningar av jordarters utbredning och mäktighet.

Beräkningar och bedömningar av sättningar och stabilitet utifrån den inhämtade geotekniska informationen har sammanställts i projekteringsunderlaget.

Inventeringsresultat för byggnader och anläggningar redovisas i Bilaga D2.2c och stabilitetsberäkningar redovisas i Bilaga C *Teknisk beskrivning*, Bilaga C.6.

3.4. Förorenad mark

Utförda miljötekniska utredningar visar att det finns förorenade områden på ett fåtal platser inom utredningsområdet. Inga kända potentiellt förorenade områden finns längs delsträckan som skulle påverkas av en sänkning eller höjning av grundvattenytan.

4 Inventering av yt- och grundvattenberoende objekt och värden

Avsnitten nedan innehåller en beskrivning av inventeringsmetodik samt resultatet av inventeringarna. De generella effekter som vattenverksamheterna kan ge upphov till beskrivs i avsnitt 5.

Förekomsten av yt- och grundvattenberoende objekt har inventerats inom hela utredningsområdet. Inventeringsresultaten har legat till grund för planeringen av fortsatta undersökningar av omgivningsförhållandena och bedömningen av den planerade vattenverksamhetens effekt på omgivningen. De objekt som efter utförda utredningar har bedömts kunna påverkas av planerade vattenverksamheter benämns riskexponerade objekt, se definition i avsnitt 1.5.2. Miljökonsekvensbedömning görs för de objekt och värden som bedöms vara riskexponerade.

Yt- och grundvattenberoende objekt och värden utgörs av:

- *Vattenförsörjning, enskilda brunnar och större täkter*
- *Vattenanläggningar och befintliga vattenverksamheter*
- *Byggnader eller anläggningar med grundvattenberoende grundläggning*
- *Energibrunnar*
- *Naturvärden och våtmarker (grundvattenberoende terrestra biotoper samt sjöar och vattendrags akvatiska naturvärden samt våtmarker)*
- *Grundvattenkänslig kulturmiljö (fornlämningar)*
- *Areella näringar (jord-, skogsbruk)*
- *Förorenad mark.*

4.1. Vattenförsörjning, enskilda brunnar och större vattentäkter

Brunnar för vattenförsörjning omfattar både grävda och borrhålsbrunnar i jord och i berg. Inventering av enskilda dricksvattenbrunnar har utförts genom sökning i SGU:s brunnsarkiv, kommunala register, samt via samråd och fastighetsägarkontakter. En brunnsenkät har gått ut till fastigheter inom utredningsområdet, med frågor rörande brunnens nuvarande användning, kapacitet, eventuella avvikelser med mera. I de fall där inget svar erhållits för det första utskicket har en påminnelse gjorts. I och med ny spårlinje gjordes nya utskick under 2018. Inventering har även skett genom platsbesök, där bland annat inmätning av brunn har utförts och vattenkvalitet provtagits för huvuddelen av de brunnar som bedöms vara riskexponerade objekt, det vill säga de brunnar som bedöms påverkas av sökt vattenverksamhet. Inventeringen pågick mellan 2016 och 2019, och kompletterande platsbesök gjordes av fyra brunnar 2021.

Information om större vattentäkter har inhämtats från länsstyrelsens planeringsunderlag, Vatteninformationssystem Sverige (VISS) och från Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) och dess information om betydande grundvattenmagasin. Underlag har också inhämtats från Södertälje och Trosa kommuner samt Stockholms regionala vattenförsörjningsplan (Länsstyrelsen Stockholm 2018).

4.1.1. Inventeringsresultat

På sträckan har 56 enskilda brunnar inventerats inom eller i direkt närhet till utredningsområdet, varav 46 är dricksvattenbrunnar, sex är energibrunnar och fyra är brunnar som bedöms användas i dricksvattensyfte alternativt för småskalig bevattning.

Järnvägsanläggningen korsar två grundvattenförekomster. Grundvattenförekomsten WA52113140 är belägen vid Fredriksdal och Trafikplats Vagnhärad. Längre söderut korsar anläggningen grundvattenförekomsten Tunsätter, WA90945606. Inom grundvattenförekomsten finns Trosa stads vattentäkt Sörtuna. Det befintliga vattenskyddsområdet (fastställt 5 april, 1979) har yttre gräns cirka tre kilometer nedströms järnvägsanläggningen. Arbetet pågår med uppdatering av vattenskyddsföreskrifter och vattenskyddsområde. Enligt muntlig uppgift från projektledare på Trosa kommun (april 2023) kommer det nya vattenskyddsområdet att sträcka sig längre norrut än idag. Det innebär att järnvägsanläggningen kommer att passera genom tertiär zon, cirka 1,5 km uppströms föreslagen sekundär zon.

Inventerade objekt redovisas på karta i Bilaga D.2.2a, samt redovisas brunnar i underlagsmaterial *PM Brunnsinventering Långsjön–Sillekrog*.

4.2. Vattenanläggningar och befintliga vattenverksamheter

I de diken och vattendrag där en anläggning för Ostlänken, Långsjön–Sillekrog, planeras har vattenanläggningar och tillståndsgiven vattenverksamhet inventerats uppströms och nedströms den planerade anläggningen, såsom kulvertar under vägar, vattenkraftverk, dammar och diken (öppna och kulverterade).

Inventerade objekt redovisas på karta i Bilaga D.2.2b.

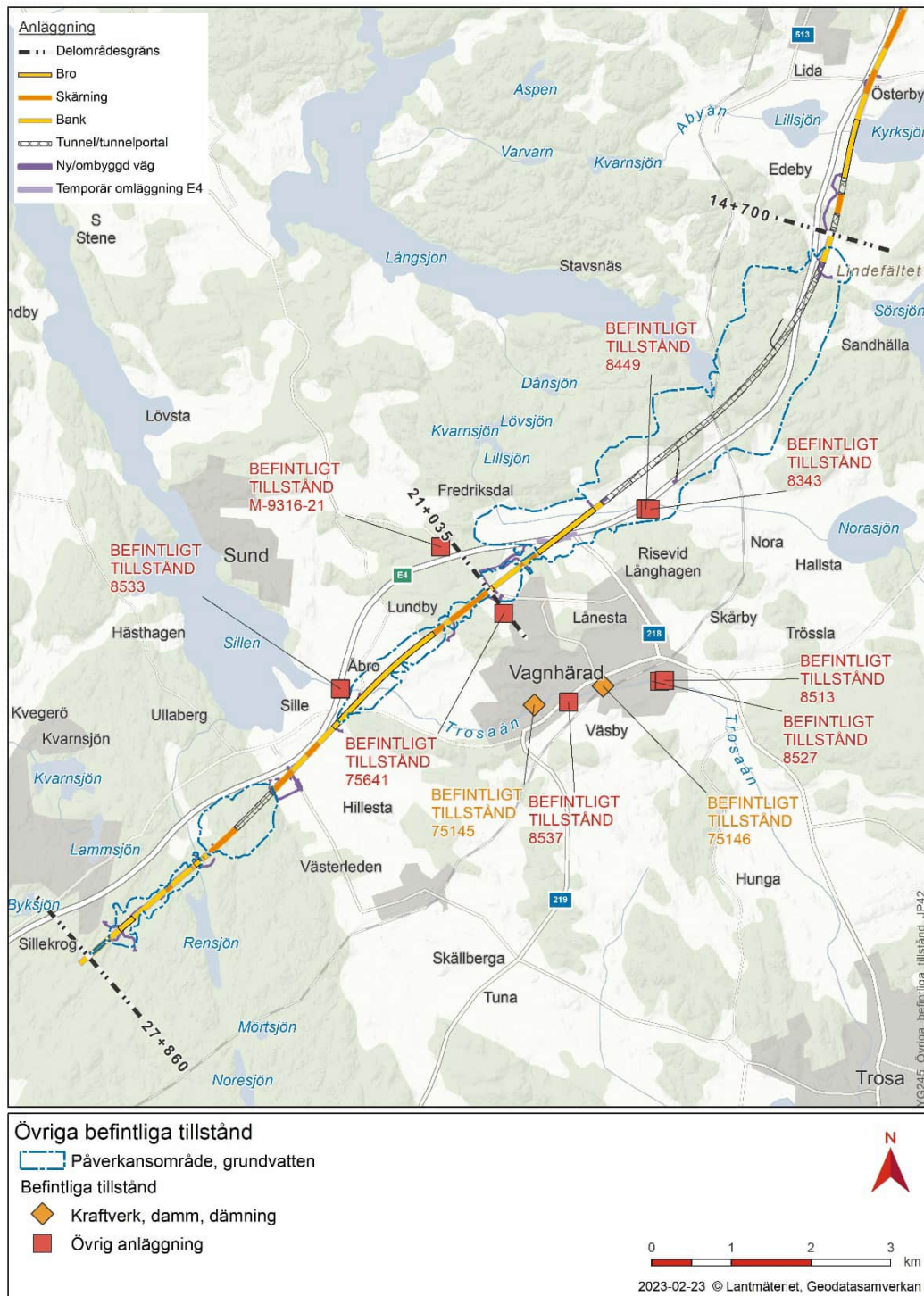
4.2.1. Befintliga tillstånd, exklusive markavvattningsföretag

Längs delsträckan Långsjön–Sillekrog finns tio befintliga tillståndsgivna vattenverksamheter i sträckningens närhet. Befintliga tillståndsgivna vattenverksamheter exklusive markavvattningsföretag finns listade i Tabell 3 och utmärkta på karta i Figur 10. Tabellen innehåller även en kort beskrivning av förväntad påverkan från vattenverksamheter som uppkommer för järnvägsanläggningen. Uppgifter om anläggningarnas placering hämtades från Mark- och miljödomstolen i Nacka i augusti 2020 och augusti 2022.

Tabell 3. Befintliga tillstånd för vattenverksamhet längs delsträckan Långsjön–Sillekrog. Uppgifter om respektive tillstånd är hämtade från Mark- och miljödomstolen i Nacka i augusti 2020 och augusti 2022. Anläggningarna är i tabellen i listade i huvudsak från norr till söder. Anläggningar i Trosaån är listade uppströms till nedströms.

Anläggn. Nr Anläggn. Typ	Målnr Domsdatum	Beskrivning	Bedömning
8449 Trumma	VA 29/79 1979-06-10	Trummor i Tullgarnsån (här Dike till Norasjön) vid Kumla för omläggning av väg E4, Nyköpings kommun.	Tillståndet gäller Trafikverkets egen anläggning, trummor vid E4 och förväntas inte påverkas av vattenverksamheter som planerad järnvägsanläggning medför.
8343 Trumma	VA 29/79 1979-06-11	Omgräva Tullgarnsån (här Dike till Norasjön) vid Kumla för omläggning av väg E4, Nyköpings kommun. Omgräva ån på en sträcka av cirka 340 m vid blivande trumlägen och igenfylla motsvarande sträcka av befintlig åfåra.	Tillståndet gällande trumlägen vid E4 förväntas inte påverkas av vattenverksamheter som planerad järnvägsanläggning medför.
Ansökan utökad bergtäkt Bergtäkt	M-9316-21 2022-10-12	Swerock AB ges tillstånd enligt 9 och 11 kap. MB till fortsatt och utökad bergtäktverksamhet samt återvinningsverksamhet. Tillståndet omfattar även bortledande av allt i täkten inläckande nederbörds- och grundvatten samt att utföra och bibehålla erforderliga anläggningar för detta ändamål. Grundvattennivån får inte avsänkas till ett större djup än -7 m.ö.h (RH2000) inom brytområdet.	Det sökta tillståndet kan medföra en påverkan på tillrinningen till grundvattenförekomsten vid Fredriksdal vilket tillsammans med planerad järnvägsanläggning inte förväntas innebära negativa kumulativa effekter på grundvattenförekomsten eftersom grundvattennivån inte bedöms påverkas.
75641 Avfallsdeponi Igenfyllning av befintliga, delvis vattenfyllda dagbrott Koordinater: N:6537375 E:641970	M 3118-21 2022-05-04	Trosa Vagnhärads Mark AB ges tillstånd enligt 9 kap. MB att inom fastigheterna Fänsåker 1:100, Fänsåker 1:99 och Fänsåker 1:25 i Trosa kommun anlägga och driva deponi för inert avfall omfattande deponering av totalt 1 miljon m ³ massor, avfall, med mera Trosa Vagnhärads Mark AB ges även tillstånd enligt 11 kap. MB att inom fastigheterna Fänsåker 1:25 och Fagerhult 2:10 fylla igen två befintliga dagbrott, anlägga våtmarksområde, utföra ekologisk kompensationsåtgärd genom att anlägga	Tillståndet gällande igenfyllning av dagbrott förväntas inte påverkas av vattenverksamheter som planerad järnvägsanläggning medför. Planerad vattenverksamhet bedöms inte heller påverka befintliga och planerade våtmarksområden och groddammar.

Anläggn. Nr	Målnr	Beskrivning	Bedömning
Anläggn. Typ	Domsdatum		
		groddammar och pumpa vatten från dagbrotten.	
8533 Bro	VA 27/79 1979-06-11	Två broar över Trosaån vid Vappersta för väg E4, delen Sille - Stockholms länsgräns.	Tillståndet för broar över Trosaån förväntas inte påverkas av vattenverksamheter som planerad järnvägsanläggning medför.
75145 Damm	M 547-20 2020-09-23	Tillstånd ges att på fastigheten Fagerhult 6:1 och 2:10 placera natursten, riva ut befintliga sumpar, ta bort och modifiera sättarna i utskoven, utföra mindre schaktarbeten samt allt övrigt som anges i den tekniska beskrivningen.	Tillståndet förväntas inte beröras av vattenverksamheter som planerad järnvägsanläggning medför. Tillståndet påverkar inte vattennivåerna i det planerade broläget för järnvägsanläggningen. Nivåerna i broläget regleras av ett dämme närmare Sillen som tillhör Daga Härad's vattenavledningsföretag.
8537 Bro	VA 15/90 1990-06-06	Tillstånd att för väg 219 Nyköping-Vagnhärad anlägga ny bro med tillfartsbankar över Trosaån vid Vagnhärad inom mark- och vattenområden till fastigheterna Mölna 1:11, 1:17, 1:35, 5:1 och s:1 samt Fagerhult 2:10, Nyköpings kommun och i samband därmed utriv.	Tillståndet förväntas inte beröras av vattenverksamheter som planerad järnvägsanläggning medför.
75146 Damm	M 696-20 2020-09-23	Tillstånd ges att på fastigheterna Ödesby kvarn 2:1 och Fagerhult 2:10 placera ut sten, modifiera utskovspartiet, utföra schaktarbeten samt övrigt vad som anges i den tekniska beskrivningen.	Tillståndet för dammbyggnaden bedöms inte medföra ändrade vattennivåer. Tillståndet förväntas inte beröras av vattenverksamheter som planerad järnvägsanläggning medför.
8527 Bro	Ans.D. 20/1955 1955-05-13	Bro över Trosaån i Vagnhärad's samhälle (för enskild väg Åby-Albano-Berga), Trosa-Vagnhärad's socken, Södermanlands län.	Tillståndet förväntas inte beröras av vattenverksamheter som planerad järnvägsanläggning medför.
8513 Ledning	Ans.D. 25/1964 1964-04-07	Vatten- och avloppsledningar i Trosaån inom Vagnhärad's stationssamhälle, Trosa-Vagnhärad's socken, Södermanlands län.	Tillståndet förväntas inte beröras av vattenverksamheter som planerad järnvägsanläggning medför.



Figur 10: Befintliga tillstånd längs delsträckan Långsjön –Sillekrog exklusive markavvattningsföretag. Uppgifter om anläggningarnas placering och typ är hämtade från mark- och miljödomstolen i Nacka i augusti 2020. Anläggningarna beskrivs närmare i Tabell 3.

4.2.2. Markavvattningsföretag

Inventering av markavvattningsföretag har gjorts med hjälp av Länsstyrelsen i Södermanlands och Stockholms läns WebbGIS. För markavvattningsföretag som kan komma att påverkas av järnvägsanläggningen, med tillhörande anläggningsdelar, har

underlag i form av förrättning inhämtats från Länsstyrelsens fil-databas. För ett av företagen har förrättning inhämtats från samfällighetens styrelse.

Generellt har markavvattningsföretagens anläggningar beaktats genom anpassning av genom- och omledningar till vattenanläggningarnas kapacitet och fastställda dikessektioner.

4.2.2.1. Inventeringsresultat, se även Bilaga D.2.2b

- Torrlägningsföretag Fredriksdal-Kumla år 1944
- Norasjöns sjösänkingsföretag år 1944
- Daga Härad vattenavledningsföretag år 1993

Torrlägningsföretaget Fredriksdal-Kumla år 1944 och Norasjöns sjösänkingsföretag år 1944 berörs främst av marginell förändring i flöde och tillrinning. Förändringarna bedöms dock inte påverka företagens vattenanläggningar. Påverkan på Daga Härad vattenavledningsföretag år 1993 utgör en fysisk påverkan på både vattenanläggningen (som är del av Trosaån) och båtnadsområdet. Effekt av påverkan och effekter beskrivs i samband med vattenverksamhet i avsnitt 7 och 8.

4.3. Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning

En inventering av uppgifter om grundläggningar och grundförstärkningar av byggnader och anläggningar har gjorts i kommunala arkiv, i Riksarkivet i Uppsala och arkiv hos Statens Geotekniska Institut (SGI). Vid behov har berörda fastighetsägare kontaktats. Inventering har därefter utförts i fält av grundläggning och kondition hos byggnader och anläggningar baserat på geologi och placering i förhållande till påverkansområdet.

Arkivinventering avseende grundläggning eller geotekniska förhållanden för E4 och befintlig järnväg har utförts. För E4 har PM som omfattar rekommendationer för grundläggning av vägen påträffats, men inga handlingar har påträffats för den befintliga järnvägen.

Undergrundens jordlagerföljd och mäktighet har bedömts utifrån jordartskartan, inventering i fält samt utifrån utförda geotekniska och geofysiska undersökningar.

4.3.1. Inventeringsresultat

Objekt som bedömts vara riskexponerade objekt består av motorvägen E4, befintlig järnväg Nyköpingsbanan, ett 20-tal byggnader samt ett tiotal ledningar.

Den befintliga järnvägen Nyköpingsbanan bedöms vara sättningskänslig där Ostlänken planeras att passera i tunnel under järnvägen.

Resultat från utförd inventering av E4 och byggnadsinventering visas i Bilaga D.2.2c.

4.4. Energibrunnar

Med *energibrunn* menas en anläggning med borrhål i berg för utvinning eller lagring av energi. En *energibrunnsanläggning* kan bestå av en eller flera borrhål.

Inventering av energianläggningar har utförts genom sökning i SGU:s brunnarkiv, kommunala register samt via samråd och fastighetsägarkontakter. En brunnsenkät har gått ut till fastigheter inom utredningsområdet, med frågor rörande brunnens nuvarande användning, kapacitet, eventuella avvikelser mm.

SGU:s brunnarsarkiv innehåller ofta uppgifter om brunnarnas utförande, djup till berg, etcetera, men brunnsläget är ofta endast ungefärligt angivet, varför inmätning har gjorts vid platsbesök.

Kommunernas register omfattar bara anmälningspliktiga energibrunnar (energiborrhål). Borrningens läge brukar vara mer exakta angivet då ansökan omfattar en lägesritning/lägesskiss men det finns en osäkerhet i om borrningen sedan faktiskt är utförd.

4.4.1. Inventeringsresultat

På sträckan har sex energibrunnar inventerats inom eller i direkt närhet till utredningsområdet.

Inventerade energibrunnar redovisas på karta i Bilaga D.2.2d, samt i underlagsmaterial *PM Brunnsinventering Långsjön–Sillekrog*.

4.5. Naturvärden och våtmarker

Identifiering av naturvärden har gjorts genom inventering enligt standarden SS199000:2014 ”Naturvärdesinventering avseende biologisk mångfald (NVI) – genomförande, naturvärdesbedömning och redovisning”. Inventeringarna innefattar både terrestra och akvatiska miljöer. Ett urval av de naturtyper som identifierats inom inventeringarna har bedömts vara grundvattenberoende. Tillvägagångssätt för naturvärdesbedömning och identifiering av vilka objekt som kan påverkas beskrivs i korthet nedan.

Enligt metodiken för naturvärdesinventering (SS199000:2014) indelas ytor med ett avgränsat geografiskt område av samma naturtyp och naturvärde som ett naturvärdesobjekt. Enligt metodiken indelas naturvärden i klasserna högsta värde, högt värde, påtagligt värde samt visst värde (visst värde utgör ett valfritt tillägg enligt standarden). För vattendrag och vissa terrestra miljöer inom denna delsträcka av Ostlänken har även ytterligare en naturvärdesklass använts, lågt naturvärde, om värdet bedömts vara lägre än visst naturvärde.

Inom Ostlänkens arbete med miljökonsekvensbeskrivningen tillämpas en generell skala för värden utifrån klasserna högt, måttligt och lågt värde, se Tabell 4 (vilket alltså skiljer sig från den skala som används vid naturvärdesinventering). För att uttrycka värdena enhetligt har naturvärdesobjekt med högsta eller högt naturvärde förts till kategorin högt värde medan påtagligt naturvärde uttrycks som måttligt värde. Visst och lågt naturvärde enligt den standardiserade inventeringsmetodiken har förts till kategorin lågt värde.

Tabell 4. Förklaring till hur naturvärdesklasser uttrycks inom föreliggande utredning samt MKB för vattenverksamhet.

Naturvärdesklass enligt inventeringsmetod	Värde enligt Bilaga D.1 <i>Bedömningsgrunder vattenverksamhet - underlagsmaterial för stöd vid värdering och bedömning</i>
Högsta (klass 1) och högt naturvärde (klass 2)	Högt värde
Påtagligt naturvärde (klass 3)	Måttligt värde
Visst naturvärde (klass 4) samt lågt naturvärde	Lågt värde

4.5.1. Ytvattenberoende naturvärden

Identifiering av sjöar och vattendrag som potentiellt kan påverkas av Ostlänken gjordes utifrån Ostlänkens dragning, fastighetskartan och flygbilder. Information om dessa hämtades via kontakter med myndigheter och eventuella fiskevårdsföreningar, samt genom eftersök i databaser. Alla sjöar och vattendrag som kommer i fysisk kontakt med anläggningen (järnväg, arbetsområde, vägar eller service- och arbetsvägar) dokumenterades i fält. Inventeringsinsatserna var större i samband med sjöar samt vattendrag som håller vatten året om jämfört med skogs-, och jordbruksdiken som torkar ut delar av året. Vilka inventeringar som utfördes i dessa berodde på vilken bakgrundsinformation som fanns samt vilka artgrupper som det fanns förutsättningar för.

4.5.1.1. *Inventeringsresultat*

De ytvatten som vid inventering identifierats ha högt naturvärde är Sörsjön, Norasjön, Trosaån, Sillen och en del av ett vattendrag mellan Brännvretens våtmark och Sillen (NO4-13870).

Sörsjön är en cirka 1 km² stor grund och näringsrik sjö som utgör en vattenförekomst och således omfattas av miljö kvalitetsnormer. Södra delen av sjön utgörs av Natura 2000-område och är utpekad som naturtypen Naturligt näringsrika sjöar.

Långsjön är en klarvattensjö med stor vattenvolym. Medeldjupet är 3-15 meter. Den ekologiska statusen avseende morfologi och kontinuitet är måttlig status. Långsjön har ett vattendrag, Mölnboån, som ligger nedströms en damm som utgör definitivt vandringshinder som är negativt för biologin i vattnet. Fiskar kan inte vandra uppströms eller nedströms sjön. Mölnboån avvattnas till sjön Sillen som i sin tur avvattnas av Trosaån som leder till Tureholmsviken.

Vad gäller växtplankton är statusen god, liksom avseende näringsbelastning.

Sjön är utpekad som framtida dricksvattentäkt i den regionala vattenförsörjningsplanen men saknar skydd enligt 7 kap. miljöbalken. (VISS, hämtat febr. 2023-03-13.)

Storlom häckar i sjön och fiskgjuse söker föda i sjön. I Natura-2000 området Tullgarn Södras bevarandeplan beskrivs att dessa fåglars förekomst indikerar att sjöarna är rena. Storlommen häckar i naturreservatets norra del där den lever nära helt ostört. Fiskgjusen fångar bland annat gädda och brax och kräver också rent vatten för att fånga fisken från hög höjd. Fiskgjuse häckar i Långsjöns östligaste vik. (Länsstyrelsen Södermanlands län, 2005)

Norasjön är belägen inom Natura 2000-området Tullgarn Södra och utgör inte en vattenförekomst. Däremot är Norasjöbäcken som avvattnar sjön mot havet en vattenförekomst. Sjön är övergödd men härbärgerar trots det fem arter av stormusslor, bland annat flat dammussla och äkta målarmussla vilka är klassade som nära hotade enligt Artdatabankens rödlista. Naturvärdet bedöms som högt. Sjön kantas av Natura 2000-naturtypen fuktäng.

Trosaån, som är en vattenförekomst, är påverkad av uträtning och övergödning men utgör med sin storlek och sina ekologiska funktioner en värdefull miljö med många fiskarter och fyra stormusselarter (varav en är rödlistad).

Sillen är en stor (cirka 10 km²), relativt djup (21 m) och avlång sjö omgiven av jordbruksmark och skog. Sjön ligger i Trosaåns avrinningsområde och avvattnas alltså

av Trosaån. I sjön finns ett stort antal fiskarter, däribland den relativt ovanliga arten nissöga. Sillen utgör en vattenförekomst.

Vattendraget från Brännvreten till Sillen har ett medelflöde på 0,06 m³/s och avvattnar Brännvreten mot Sillen. Denna utgör ingen vattenförekomst. Dess nedre del är djupt nedskuren i en örtrik, beskuggad och trädbevuxen ravin. Naturligheten är hög liksom förekomsten av ekologiska strukturer och funktioner. Det bedöms finnas förutsättningar för känsliga arter av bottenfauna men små förutsättningar för fisk.

Yt- och grundvattenberoende naturvärden inklusive våtmarker visas i Bilaga D.2.2e.

4.5.2. Grundvattenberoende naturvärden

Grundvattenberoende naturvärdesobjekt som kan påverkas av en grundvattensänkning finns i öppna grundvattenmagasin med ytlig (marknära) grundvattennivå. Klassningen av vilka naturvärdesobjekt som är grundvattenberoende har i huvudsak gjorts utifrån rapporten "Grundvattenberoende ekosystem – Förslag på prioritering av svenska naturtyper inom nätverket Natura 2000" (SGU, 2015b). Utöver den lista över Natura 2000-naturtyper som i denna rapport anges som känsliga för grundvattensänkning eller minskat grundvattentillflöde så har inom Ostlänken även fuktängar, sumpskogar, kärr och myrar bedömts som grundvattenberoende naturtyper. Även källor ingår i naturvärdesinventeringen då de ofta har speciell vegetation som är beroende av källutflödet.

Grundvattenberoende naturvärdesobjekt har identifierats dels via naturvärdesinventeringen, dels via studier av Lantmäteriets terrängkarta och marktäckedatabasen. En fältinventering har därefter utförts för att undersöka objektens hydrologiska/hydrogeologiska funktion genom att mäta jorddjup, utbredning, vattendjup samt bedöma jordart och genomsläpplighet. Även inlopp och utlopp studerades.

4.5.2.1. Inventeringsresultat

Nedan beskrivs de vid inventeringen identifierade grundvattenberoende naturvärdesobjekt som bedömts till högt naturvärde. Samtliga naturvärdesobjekt beskrivs i kapitel 7 och 8.

Sumpskogen (NH4-10019) har vid inventeringen bedömts ha högt naturvärde. Objektet är en alsumpskog med väl utvecklade socklar. Död ved finns i olika nedbrytningsstadier. Naturvärdena är knutna till den fuktiga miljön, den döda veden samt förekomsten av flera naturvårdsarter knutna till skog.

Sumpblandskogen (NH4-10048) har ett flerskiktat trädskikt och inslag av äldre och senvuxna träd. Naturvärdena är knutna till mycket död ved, hög luftfuktighet och har endast liten dikespåverkan. Biotopen ger bra förutsättningar för en rad olika organismgrupper. Naturvårdsarten mörk husmossa är registrerad i objektet

Barrblandskogen (NO4-28882) är en barrblandskog med ett grunt dike och fuktstråk. Naturvärdena är främst knutna till skoglig kontinuitet, äldre träd död ved och kalkrik mark. Flera naturvårdsarter är noterade i direkt anslutande skogsbiotop.

Brännvretens våtmark (NO4-28879) är en för området stor våtmark som är varierad med öppet vatten och mer vegetationsrika delar. Biotopen har stora värden för den biologiska mångfalden och har bland annat ett rikt fågelliv. Vid fördjupad artinventering identifierades förekomst av padda och åkergroda i våtmarken.

Grundvattenberoende naturvärden inklusive våtmarker visas i Bilaga D.2.2e.

4.5.3. Resultat av groddjursinventering

Den groddjursinventering som 2022 genomfördes i Viltvatten uppströms Sörsjön och i Brännvretens våtmark visade att arter med skydd enligt artskyddsförordningens 4 § och 6 § förekommer i NO4-13871 (Viltvatten uppströms Sörsjön) och NO4-28879 (Brännvretens våtmark). Provtagningen av eDNA bekräftade och kompletterade resultatet av artinventeringen enligt Naturvårdsverkets standardmetoder. Spår av groddjurspatogenen *Batrachochytrium dendrobatidis* saknades i de insamlade vattenproverna, vilket är positivt för groddjurens fortlevnad i de aktuella lokalerna. Under 2023 har Dike som avvattnar Rensjön och Tillflöde till Dike som avvattnar Rensjön inventerats. Arter med skydd enligt 4 § och 6 § artskyddsförordningen har hittats.

4.6. Grundvattenkänslig kulturmiljö

Vissa fornlämningar är känsliga för förändringar av yt- och grundvattennivåer. I detta avsnitt används begreppet lämningar för att beskriva fornlämningar samt övriga typer av lämningar enligt Kulturmiljölagen. Risk för sättningar hos byggnader och anläggningar med kulturhistoriskt värde hanteras på samma sätt som för övriga byggnader och anläggningar, se Bilaga D.1 *Bedömningsgrunder vattenverksamhet - underlagsmaterial för stöd vid värdering och bedömning*.

Vid arbetet med bedömning av kulturmiljövärden ingår alla typer av lämningar:

- fornlämning
- möjlig fornlämning
- övrig kulturhistorisk lämning
- ej kulturhistorisk lämning
- ingen antikvarisk bedömning

Inventering har utförts genom att underlag inhämtats från Riksantikvarieämbetets nationella databas Kulturmiljöregistret, KMR (<https://app.raa.se/open/fornsok/>). Utdraget ur registret gjordes i oktober 2021 och har för vissa objekt kontrollerats för justeringar i juli 2022 och februari 2023.

Risk för påverkan föreligger för lämningar som är belägna inom yt- eller grundvattenkänsliga områden, ett område där kulturobjekt kan påverkas av en sänkt yt- eller grundvattennivå. Det innebär också att de lämningar som konsekvensbedöms med avseende på vattenverksamhet har genomgått ett urvalsförfarande där lämningar som är belägna inom områden som inte påverkas av yt- eller grundvattenförändringar har avgränsats bort. Grundvattenkänsliga lämningar inom markanspråk som bedöms undersökas i sin helhet har också avgränsats bort, se även beskrivning om detta i slutet av avsnitt 1.5.2 och dokumentet Bilaga D.3 *MKB för järnvägsplan, avsnitt 7.1.2*. Lämningar som endast bedöms delundersökas har inte avgränsats bort då de delar av lämningen som inte undersöks kan lämnas kvar och då riskerar att påverkas av vattenverksamheten.

4.6.1. Inventeringsresultat

På sträckan har lämningstyper som grav- och boplats, bytomt/gårdstomt, lägenhetsbebyggelse, boplats, gravfält, vägmärke, stensättning och skärvtenshög inventerats. Inventerade kulturvärden redovisas i Bilaga D.2.2f. För att förenkla presentationen av objekt i figurer och bilagor har de olika typerna av lämningar kategoriserats enligt:

- Kategori fornlämning:
 - fornlämning
 - möjlig fornlämning
- Kategori övrig kulturhistorisk lämning:
 - övrig kulturhistorisk lämning
 - ej kulturhistorisk lämning
 - ingen antikvarisk bedömning

Vid inventering av underlag från Riksantikvarieämbetet noterades för lämning L1983:3827 att lämningen har inventerats, men inte påträffats. Därför har denna tagits bort från kartor i denna handling.

4.7. Areella näringar, jord- och skogsbruk

Områden med areella näringar har identifierats inom påverkansområdet genom GIS-analyser där skikt med markanvändning och jordartskartan använts. Hur urvalet i analysen gjorts beskrivs i avsnitt 5.7.

4.7.1. Inventeringsresultat

Resultat från inventering av grundvattenkänsliga jordbruksmarker inom utredningsområdet redovisas i Bilaga D.2.2g.

Områden med produktionsskog inom utredningsområdet som kan påverkas vid en grundvattensänkning bedöms vara begränsade i omfattning, se vidare kapitel 5.7.2. De redovisas därför inte som enskilda riskexponerade objekt.

Skogsbruk inom utredningsområdet bedrivs främst i berg- och moränområden. Skogsbruk inom påverkansområdet återfinns främst inom områden där bergtunnlar planeras, det vill säga vid Tullgarn- respektive Hillestatunneln.

4.8. Förorenad mark

Förorenade områden har i ett första steg inventerats genom Länsstyrelsens och kommunens geodatakatalog. För platser som misstänks kunna innehålla markföroreningar har fältundersökningar och provtagningar av jord utförts och en bedömning av risken för omgivningspåverkan kopplat till vattenverksamhet gjorts.

4.8.1. Inventeringsresultat

Förorenade områden har identifierats på ett fåtal platser inom utredningsområdet. Inga av dessa bedöms påverkas av en sänkning eller höjning av grundvattenytan. Däremot förekommer mark med naturligt hög sulfidhalt inom ett område. Området är beläget på fastighet Fredriksdal 2:2, vid Dike till Norasjön, cirka 100 m norr om Trafikplats Vagnhärad (avfart 138) och 2,0 km norr om centrala Vagnhärad. En sänkning av grundvattennivån kan skapa oxiderande förhållanden i sulfidjorden och en ökad utlakning av metaller och salter.

Förorenade områden har identifierats inom järnvägskorridoren, se Bilaga D.2.2g.

5 Beskrivning av generella effekter på yt- och grundvattenberoende objekt och värden

5.1. Vattenförsörjning, enskilda brunnar och större vattentäkter

Den tillgängliga uttagsmängden för en dricksvattenbrunn eller vattentäkt kan minska om grundvattenbortledning sker eller om tillrinningsområdet minskar.

Små grundvattenmagasin kan vara känsliga för påverkan. Normalt finns inga större vattentäkter inom mindre magasin men enskilda brunnar kan påverkas vilket inte leder till en stor effekt sett ur ett samhällsperspektiv men för den enskilda brukaren kan det få stora effekter. Större grundvattenmagasin är generellt mindre känsliga för en grundvattenpåverkan eftersom det ofta finns ett överskott av vatten. Vid en större påverkan kan det dock medföra stora effekter om grundvattenmagasinet används som vattentäkt eller att det finns många enskilda brunnar.

Brunnar i jord är generellt mer känsliga än brunnar i berg eftersom de normalt är grundare och vattenpelaren i brunnen kan lättare sänkas av och brunnen torrläggas.

5.2. Vattenanläggningar och befintliga vattenverksamheter

Påverkan på vattenanläggningar och befintliga vattenverksamheter kan ske på olika sätt. Förändringar i avrinningsområden, bortledning eller tillförsel av vatten kan ha en inverkan på nivåer och flöden i yt- respektive grundvatten. Genom fysisk påverkan kan en tillståndsgiven sektion ändras, vilket också kan medföra förändrat flöde eller nivåer.

5.3. Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning

Byggnader och anläggningar kan vara känsliga för grundvattenpåverkan på två huvudsakliga sätt. Endera på grund av risk för sättningar till följd av sänkta grundvattentrycknivåer i övre och undre grundvattenmagasin inom områden med sättningsbenägen mark eller till följd av nedbrytning av trägrundläggning till följd av sänkta grundvattennivåer i öppna eller övre grundvattenmagasin.

Sättningar uppkommer genom att en grundvattensänkning minskar portrycket i jorden där grundvattensänkningen sker, det vill säga effektivspänningen ökar. Den nya effektivspänningen kan överskrida spänningen jorden är konsoliderad för, vilket betyder att jorden kommer att sätta sig under en viss tid. Byggnader, anläggningar och ledningar som ligger på sättningsbenägen mark, såsom lera, silt eller organiskt material, inom påverkansområdet riskerar att påverkas negativt av en grundvattensänkning. Beräkningar har utförts där det föreligger risk att sättningar kan påverka ett objekt, för att bedöma känsligheten av objektet. Känslighetsanalyser har utförts för olika grundvattensänkningar och olika lermäktigheter. Risken för skador till följd av sättningar är större om lermäktigheten varierar under byggnaden eller anläggningen, så att sättningarna sker ojämnt (det vill säga att differentialsättningar uppkommer).

Byggnader och anläggningar som är pålgrundlagda bedöms generellt inte vara känsliga för sättningar. Pålarnas bärförmåga behöver dock kontrolleras med avseende på de påhängslaster som uppkommer vid grundvattensänkningar. Då ska hänsyn tas till eventuella tidigare sättningar som redan givit upphov till påhängslaster.

Grundläggningstyper som betraktas som grundvattenberoende är:

- Grundläggning med platta, murar eller plintar helt eller delvis inom område med sättningsbenägen mark (lös lerjord).
- Grundläggning på träpålar eller på rustbädd av trä.
- Fast grundlagda byggnader (pålar eller murar till fast botten) men med golv direkt på mark (ej fribärande golv) inom områden med sättningsbenägen mark.
- Byggnader och anläggningar vars grundläggning är okänd och som är grundlagd på sättningsbenägen mark.

5.3.1. Sättningskrav

För att bedöma om en sättning riskerar att medföra negativa effekter på riskexponerade objekt har följande sättningskrav använts:

- Tillåten vinkelförändring för byggnader är maximalt 1/500 (SGI 1993, Plattgrundläggningsboken), dvs. marken under byggnaden får inte sätta sig ojämnt med mer än $0,002 \cdot \text{byggnadens bredd eller längd (m)}$.
- Totalsättningskravet för E4 är 0,3 meter (TK Geo 13, avsnitt 3.2.1, Trafikverket 2014b). Inventerade sättningar i E4 ska beaktas i bedömningen av effekt.
- Kravet för differentialsättning mellan olika delar av befintliga vägar varierar med avstånd mellan olika grundförstärkningsmetoder och/eller mellan olika geotekniska förhållanden (olika jordarter, lermåktighet eller lerparametrar under olika delar av vägen). Generellt för E4 ska differentialsättningar (centimeter) inte överskrida $0,43 \cdot \text{avstånd (meter)}$ mellan olika geotekniska förhållanden enligt TK Geo 13, avsnitt 3.2.3. Exempelvis; om avståndet mellan platsen där det största lerdjupet påträffas och friktionsjord är cirka 30 meter blir differentialsättningskravet 13 centimeter
- Totalsättningskravet för nybyggt spår är 0,2 meter ($160 < \text{STH} < 250$, TK Geo 13, avsnitt 3.3). I samband med inventering av befintliga anläggningar har ingen information påträffats om pågående eller redan uppkomna rörelser under befintliga spår längs sträckan. Ett gränsvärde på 0,1 meter har valts för befintliga spår för att utreda risk för skadliga sättningar.

Anläggningar som riskerar påverkan är styva ledningar, väg- eller spår-anläggningar, murar och andra byggnadsverk, etcetera. Utöver dessa anläggningar kan servisledningar (gas-, vatten- och avloppsledningar) anslutna till fast grundlagda byggnader påverkas vid en marksättning.

Styva ledningar och självfallsledningar såsom vattenledningar och avloppsledningar spänner sig ofta över längre sträckor. Sättningar kan medföra att ledningar knäcks eller att fallet förändras. Speciellt grundvattenberoende delar på ledningarna är kammare, anslutningar och brunnar. Det antas att alla ledningar är grundlagda på mark och att inga förstärkningsåtgärder har vidtagits. Ledningar på sättningsbenägen mark bedöms därmed som känsliga objekt.

Några av ledningarna ligger under sekretess, vilket är orsaken till att de inte kan fritt beskrivas i handlingar som kommer att bli offentliga.

För att avgöra grundläggningens känslighet har en sammanvägd bedömning gjorts utifrån befintligt material, inventeringar och analyser av geotekniska och geofysiska undersökningar för delsträckan Långsjön–Sillekrog.

Effekter på E4 har bedömts vara stora om beräknad storlek på sättning är högre än sättningskravet. På liknande sätt har effekten bedömts vara liten om beräknad storlek på sättning är lägre än sättningskravet.

För byggnader har stor effekt ansatts i de fall beräknad/bedömd storlek på sättning är högre än sättningskravet. Liten effekt motsvarar en bedömd storlek på sättning som är lägre än sättningskravet.

5.4. Energibrunnar

I en energibrunn sker värmeöverföring mellan omgivande berggrund och kollektorslangarna genom vattnet i brunnen. Ovanför grundvattenytan sker i princip inget värmeutbyte då luft isolerar effektivt. Vid en grundvattensänkning minskar kontakten mellan kollektorslangen och vattnet, och därmed minskar effektuttaget. Eftersom energibrunnar oftast är djupa vilket medför att det oftast krävs en stor grundvattenpåverkan för att få en liten effekt.

5.5. Naturvärden och våtmarker

5.5.1. Ytvattenberoende naturvärden

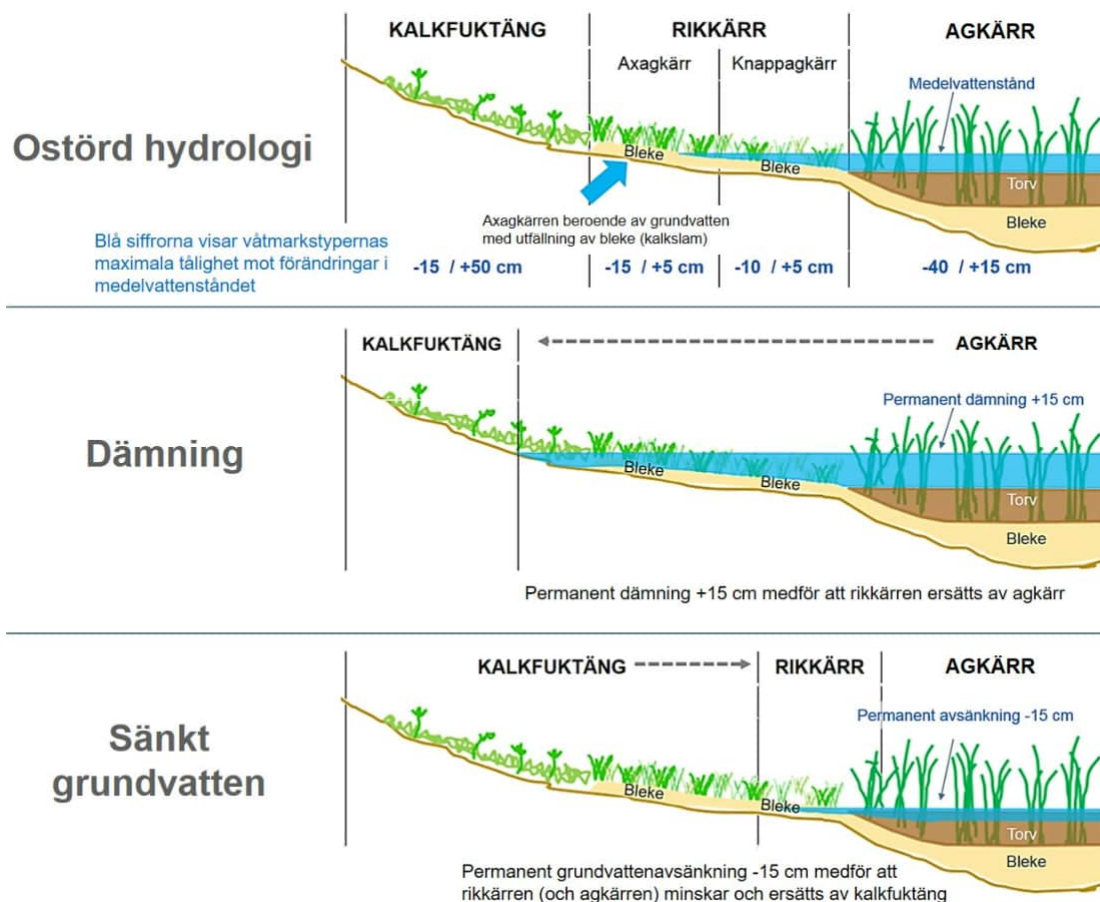
Sjöar och vattendrag som utgör naturvärdesobjekt kan påverkas fysiskt, hydrologiskt eller genom förändrad vattenkvalitet. Effekter på naturvärden kan uppkomma i form av direkt fysisk påverkan, exempelvis om en anläggning ianspråkar mark eller vatten som utgör livsmiljö för arter. Indirekta effekter kan uppstå i form av förhöjd grumling och sedimentation vid anläggningsarbeten i anslutning till ytvatten. Grumling och sedimentation uppstår naturligt i naturvärdesobjekten och det finns därför en tolerans mot kortvariga mindre grumlingar. Om grumlingen är kraftig och varaktig finns risk att känsliga arter dör till följd av respirationsproblem, födobrist eller övertäckning. För att minska sådana risker används grumlingsskydd vid grumlande arbete samt sedimentationsanläggningar om partikelrikt vatten behöver ledas till recipient. I det fall bortledning eller uttag av vatten görs kan hydrologiska effekter på ytvattenberoende naturvärden uppstå.

Effekter på vattenkemi kan uppstå i form av förhöjt pH vid betonggjutning, eller om läns hållningsvatten leds ut till naturlig recipient. För att undvika negativa effekter neutraliseras vatten med kraftigt avvikande pH och sedimentationssteg samt oljeavskiljning används om grumligt och oljehaltigt vatten behöver ledas till recipient.

5.5.2. Grundvattenberoende naturvärden

Grundvattenberoende naturvärden kan påverkas negativt av förändrade hydrologiska förhållanden. Beroende på storleken på påverkan kan det innebära torrläggning, minskad fuktighet eller mindre vattenfluktuationer i naturvärdesobjekten. Är förändringen begränsad i omfattning och under en kortare tid, som till exempel under byggtiden, kan biotopens värden sannolikt kvarstå. Eftersom biotopens växtlighet är anpassad för de våta förhållandena kommer en större förändring av hydrologin att ändra växtsammansättningen. Torrare förhållanden kan leda till igenväxning av arter som är konkurrenskraftiga. De arter som kräver kontinuitet av luftfuktighet och/eller vattenfluktuationer försvinner om det blir ändrade förhållanden. De känsligaste biotoperna, som också ofta har höga naturvärden, är områden där påverkan varit liten och har en lång kontinuitet av hydrologiska förhållanden men även ofta skoglig kontinuitet. Påverkan av mindre grundvattentillförsel kan i vissa fall, beroende på dess tillrinningsområde och jordarter, minskas av ytvattentillförsel.

I ett kuperat landskap är det i släntfoten ner mot låglänt mark som växtligheten är mest känslig för påverkan genom grundvattenbortledning. I denna del av en sluttning är grundvattnets tryck riktat uppåt, grundvattnet finns ytligt i marken, och växtligheten är ofta anpassad till en mer fuktig miljö, se Figur 11. Högre upp i sluttningen sker naturligt en dränering av grundvattnet och växtligheten är anpassad till torrare dränerade förhållanden eller till lokala fuktiga områden i täta svackor som inte påverkas av underliggande grundvattennivå.



Figur 11: Växtlighet i torra och friska marker utnyttjar enbart vatten i markens omättade zon medan växtlighet i utströmningsområden i släntfot är mer beroende av ytligt grundvatten. Bilden visar exempel på några våtmarkstyperns känslighet för förändrad hydrologi. (Illustration Krister Mild, Naturvårdsverket)

Det är också nedanför släntfoten som man hittar de vattensystem som är särskilt beroende av en naturlig grundvattentillströmning som källor, källsjöar (dvs. sjöar utan större tillflöden), grundvattenmatade vattendrag samt våtmarker.

Våtmarker buffrar vatten och jämnar därigenom ut flöden i vattendrag. Det sker även rening av tillrinnande vatten genom bland annat sedimentation och denitrifikation. Torvbildande våtmarker kan också fungera som en kolsänka och är därför viktiga i klimathänseende. Om torvbildande våtmarker dräneras kan i stället koldioxid frigöras vid nedbrytning av organiskt material. Om våtmarker försvinner eller ersätts av diken försvinner i hög grad deras flödesutjämnande förmåga som är en förutsättning för dess ekologiska funktion. Det är därför viktigt att bevara våtmarker.

Påverkan på våtmarker beskrivs dels utifrån om direkt påverkan bedöms kunna ske, det vill säga om våtmarken står i kontakt med grundvatten i berg/friktionsjord och därmed påverkas av dränering från tunnel, dels utifrån om indirekt påverkan på våtmarken bedöms kunna ske genom ändrad tillrinning. Direkt påverkan bedöms potentiellt ge större effekt på förhållandena i våtmarkerna, speciellt om våtmarken ligger centralt i påverkansområdet.

Bedömningar baseras dels på observationer som gjorts vid fältbesök, dels på underlag såsom jordartskarta och höjddata.

För våtmarker belägna lägre i terrängen (relativt sett) bedöms risken vara större för direkt påverkan genom direkt dränering då de utgör utströmningsområden.

Om jordartskartan visar på kärrtorv ses detta som en indikation på att våtmarken kan stå i kontakt med grundvatten i underliggande friktionsjord/berg då kärr generellt är utströmningsområden. Mossetorv ses som en indikation på tät botten då mossar är tidigare kärr som vuxit på höjden och i stället utgör inströmningsområden. Mossarna är beroende av tillskott av nederbörd snarare än grundvatten (SGU 2019).

Berget under våtmarker som är belägna högt upp i terrängen (relativt sett) i områden med berg i dagen bedöms vara tätt. Våtmarker som ligger i områden med berg i dagen och som korsas av deformationszoner som även korsar planerad tunnel har en ökad risk att dräneras av tunneln. Detta är förutsatt att deformationszonen är mer vattenförande än övrigt berg.

För våtmarker i inströmningsområden tyder tydligt utlopp på att avrinning sker horisontellt det vill säga inte endast via grundvattenströmning. Detta kan vara en indikation på att våtmarken antingen har en tät botten, det vill säga ingen eller mycket liten avrinning sker via grundvattenströmning, eller att tillrinningen till våtmarken är så stor att avrinning behöver ske både vertikalt och horisontellt. Båda fallen innebär att våtmarken inte är känslig för grundvattensänkning eller är känslig i mindre grad. Ett utlopp med stort flöde kan även indikera att det snarare är utflödet från våtmarken än förhållandena i våtmarken som påverkas av en grundvattensänkning och ändrad tillrinning.

I områden med grundvattenbortledning i berg bedöms grundvattenbildningen till berg kunna öka. Om detta sker i en våtmarks tillrinningsområde kan det innebära att tillrinningen till våtmarken minskar då en del av det vatten som skulle runnit av som ytvatten till våtmarken i stället infiltrerar till grundvatten i berg. Detta gäller främst om tillrinningsområdet ligger centralt inom påverkansområdet.

5.6. Grundvattenkänslig kulturmiljö

Lämningar i våta miljöer kan bestå av avsatta och/eller påförda kulturlager samt av konstruktioner. De rymmer viktiga kunskapspotentialer om hur platser har brukats i det förflutna. Samtliga lämningar på delsträckan bedöms ligga på maximalt en meters djup under markytan. Kulturlager, fynd och föremål som kan påverkas av en yt- och grundvattensänkning är organiska material såsom ben, trä, läder, fröer och pollen men det gäller även metall som kan oxidera om det utsätts för syre. Även konstruktioner byggda av trä såsom broanläggningar eller fasta fiskeanläggningar bryts ned vid avsänkta yt- och grundvattennivåer.

Effekten av lägre grundvattennivåer än tidigare årstidsvariationer eller att ytvattennivå i exempelvis en våtmark sänks, innebär påbörjade och/eller accelererande nedbrytningsprocesser av lämningar som tidigare legat under vatten, vilket kan leda till

att de förstörs. Detta beror på att vatten innehåller en begränsad mängd syre jämfört med luft. Detsamma gäller genomströmning av syreförande vatten exempelvis vid infiltration av dricksvatten även om effekten är långsammare. Konsekvensen blir att betydelsefull vetenskaplig information om lämningarna kan gå förlorad.

Bedömningarna sker mot nuvarande kunskapsläge. Det är osäkert om det finns kulturlager i berörda delar av lämningarna och om de i så fall ligger under grundvattenytan idag. Vidare bygger de bedömningar som gjorts på prognoser av förändringar i yt- och grundvatten. I kommande skede kommer påverkan att följas upp i ett kontrollprogram. Om det visar på risk för påverkan på lämningar kommer samråd hållas med länsstyrelsen i enlighet med KML 1988:950 kap 2.

5.7. Areella näringar, jord- och skogsbruk

5.7.1. Jordbruk

Det som styr tillväxten av grödor inom jordbruket är markvattenhalten, vilken främst påverkas av nederbördens fördelning över året och om det är ett våtår, normalår eller torrår. Låglänta jordbruksmarker är generellt i hög grad utdikade för att avleda ytligt markvatten så att det inte blir stående på täta jordlager samt att sänka grundvattenytan och därmed öka produktionen, en grundvattensänkning medför i sådana fall inte minskad tillväxt. Minskad tillväxt p.g.a. sänkt grundvattennivå bedöms endast kunna uppkomma i silt/sandjordar där kapillärkraften gör att grundvattenytans läge påverkar markvattenhalten. Minskad tillväxt kan också bli följderna om dämning uppkommer så att jordbruksmarken försumpas.

Vad gäller påverkan av dämningseffekter från anläggningen eller ytvattenomledningsåtgärder, har påverkan beräknats genom att studera skillnader i vattenutbredning vid normal samt höglödesituation före och efter byggnation av anläggningen. I bedömning av effekter har tidsaspekten vägts in, hur långvarig dämningssituationen är samt hur vanligt förekommande den kan förväntas vara (SLU, 2016).

5.7.2. Skogsbruk

Skogsbruk bedrivs generellt i kuperad terräng och dess bonitet (tillväxt, skog) är kopplad till markfukt. Markfuktigheten samvarierar med, men styrs inte av, grundvattenytans läge under markytan. Boniteten är som högst där markfukten medför så kallade friska markförhållanden medan torrare eller fuktigare förhållanden ger en sämre tillväxt.

Sambandet mellan djup till grundvattenytan och markfukt/bonitet bedöms främst bero på platsens jordart och dess vattenhållande förmåga. En grovkornig jord har sämre vattenhållande förmåga vilket leder till torrare förhållanden jämfört med en finkornig jord. En grovkornig jord leder även till en djupare liggande grundvattenyta eftersom jorden har högre hydraulisk konduktivitet. Grundvattnet transporteras då snabbare mot recipienten, jämfört med en finkornig jord.

Generellt bedöms inte boniteten vara beroende av grundvattnets nivå utan bedöms främst bero på jordart och dess vattenhållande förmåga. I blöta och fuktiga förhållanden kan dock boniteten öka om grundvattenytan sänks av. I områden med friska-fuktiga eller friska förhållanden förändras inte jordens vattenhållande förmåga av en sänkt grundvattenyta då träden förses med vatten från nederbörd. Därigenom bibehålls förhållanden gällande bonitet även vid en avsänkning av grundvattenytan.

5.8. Förorenad mark

Förändrade flödesförhållanden, genom till exempel stora grundvattennivåsänkningar, kan medföra att eventuella markföroreningar mobiliseras. En sådan situation skulle kunna uppstå vid till exempel en större skärning. Området kring skärningen sänks av och medför att vatten leds in till skärningen och när föroreningen tillrinner skärningen leds den sedan vidare till recipienten för skärningen. Möjligheten för mobilisering av föroreningen beror förutom ett förändrat flödesmönster på vilken typ av förorening det är och i vilken jord föroreningen återfinns. Om föroreningen till exempel binder hårt till jordpartiklar är risken liten för mobilisering och om föroreningen ligger i lera är föroreningstransporten genom lera låg vilket minskar risken för mobilisering.

6 Övergripande områdesbeskrivning

Regionen kännetecknas geologiskt sett av utbredda lerslätter med större och mindre bergmoränområden. Området är ett sprickdalslandskap, tydligt kuperat i öst-västlig riktning med omväxlande höjdryggar och dalgångar tvärs järnvägens sträckning. Sprickzonerna har ofta genom inlandsisens inverkan bildat långsmala dalgångar och sjösystem. Planerad järnvägsanläggning kommer att korsa höjderna och dalgångarna på tvären och för att klara höjdskillnaderna utformas anläggningen med skärningar och tunnlar i höjdpartierna. I lågpartier hanteras höjdskillnaderna med bank och bro.

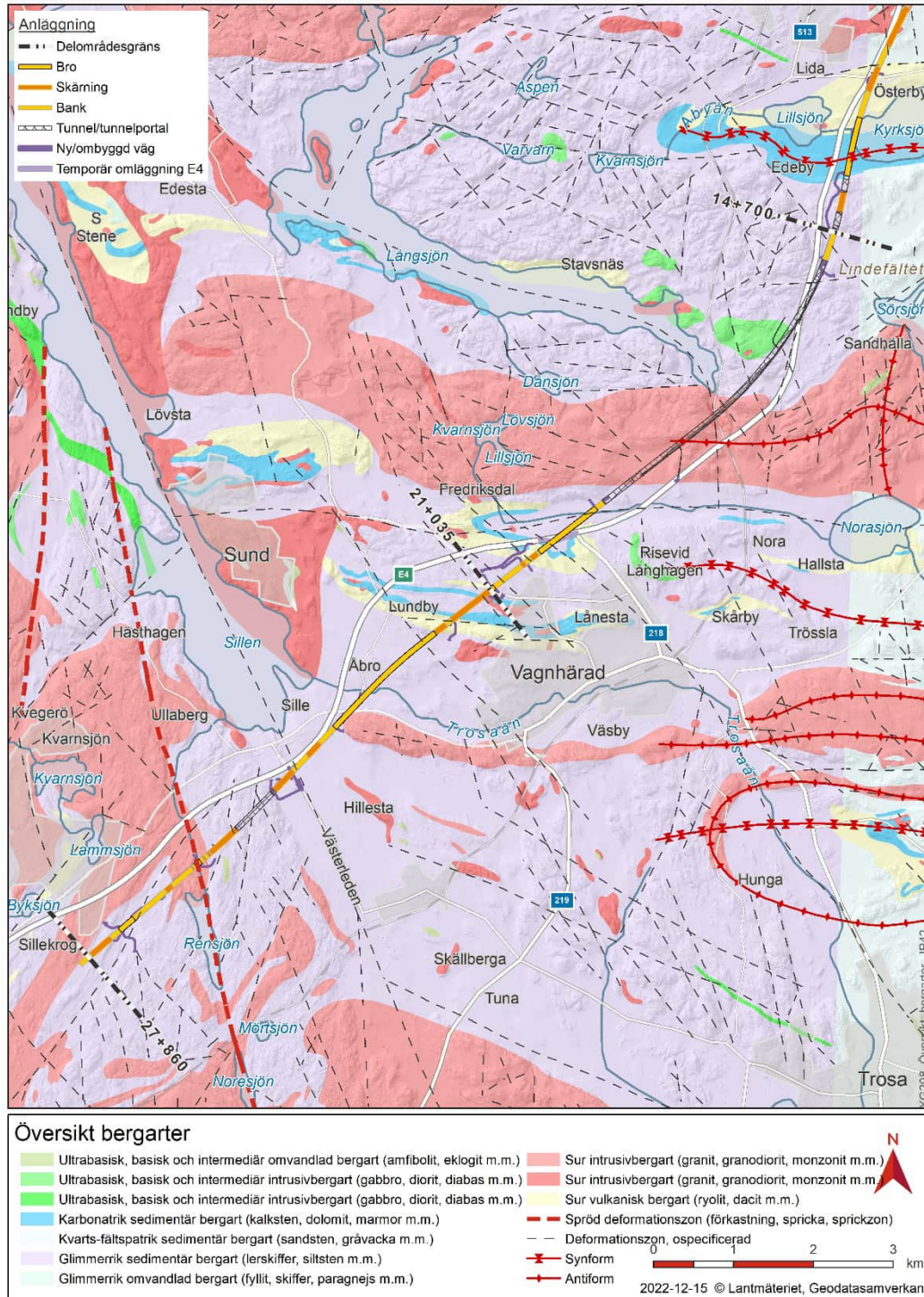
6.1. Berggrund

Baserat på kartering i fält består berggrunden huvudsakligen av gnejser där sedimentgnejs även kallad granatådergnejs dominerar med underordnad granitgnejs. Inslag av gabbro/diorit, diabas, granit och pegmatit är vanligt förekommande, se Figur 12. Bergmassan är övervägande lätt vittrad, medel- till storblockig med hög slaghållfasthet.

Vid länsgränsen mellan Stockholms och Södermanlands län förekommer en mafisk intrusion, gabbro/diorit, ca 200 m längs projekterad tunnel. Ett större område med granitgnejs har karterats mellan befintligt spår och Kumla gård i Tullgarn. Stråk av karbonatbergarter förekommer. Strax väster om Vagnhärad finns nedlagda kalkbrott. För övrigt är berggrundens kvalitet i låglänta partier/sprickdalar (där berg i dagen saknas) relativt okänd.

Sedimentgnejsen kan naturligt innehålla förhöjda halter av sulfidförande mineral. Eftersom den är en inhomogen bergart varierar halterna från plats till plats.

Beskrivning av strukturgeologi och berggrundens hydrogeologi redovisas för Tullgarnstunneln och Hillestatunneln under relevanta avsnitt 7.3.1 och 8.3.2.



Figur 12: Bergarter och deformationszoner längs delsträckan Långsjön–Sillekrog. Gränser för delområden anges med streckad linje med tillhörande km-angivelse.

6.2. Ytvatten

Delsträckan passerar genom sju olika delavrinningsområden för ytvatten, se Figur 13. Samtliga delavrinningsområden mynnar i Östersjön. Ett delavrinningsområde mynnar direkt i Östersjön medan de övriga rinner mot Sörsjön, Sillen, Långsjön, Trosaån och Rensjön och därefter vidare mot Östersjön. Delsträckan passerar genom två huvudavrinningsområden: Mellan Tyresån och Trosaån i den nordligaste delen och Trosaån i den sydligaste delen.

Längs med passerar den planerade järnvägsanläggningen tre större vattendrag, fem sjöar och flera våtmarker, se Figur 13. Vattendragen är Dike till Norasjön, Trosaån och Dike som avvattnar Rensjön. Den planerade järnvägsanläggningen passerar sjöarna Sörsjön, Långsjön, Norasjön, Sillen och Rensjön. Längs sträckan passerar järnvägsanläggningen även mindre vattendrag som Dike vid Nybygget, Tillflöde till Dike som avvattnar Rensjön och Dike öster om Rensjön. Inom utredningsområdets södra del finns Brännvretens våtmark som är ett särskilt utpekade område i artskyddsutredningen. Detta ligger cirka 150 meter nordväst om anläggningen.



Figur 13: Översiktlig hydrologi på delsträckan.

6.3. Grundvatten och jordartsgeologi

Höjdområdena utgörs till största delen av fastmark, morän och berg. I de här områdena förekommer grundvatten endast i mindre, uppbrutna grundvattenmagasin. En mer utförlig beskrivning av den här typmiljön, kuperat höjdområde, finns i avsnitt 2.4.3.

I lågpartierna förekommer finsediment och jordlagrens mäktigheter varierar. Här finns förutsättningar för större grundvattenmagasin i friktionsjorden under leran, se vidare om typmiljön lertäckt dalgång i avsnitt 2.4.3.

Tre större grundvattenmagasin har identifierats och tolkats in längs med delsträckan och är benämnda Magasin Lindefältet, Magasin Vagnhärad och Magasin Tunsätter, varav två delvis utgör grundvattenförekomster, se Figur 14.

De två grundvattenförekomsterna, WA52113140 som här benämns grundvattenförekomst vid Fredriksdal, och Tunsätter grundvattenförekomst, WA90945606, tillhör typmiljön Isälvsformation, se avsnitt 2.4.3.

Inom delsträckan förekommer sättningsbenägen mark. Sättningar kan uppstå främst i lerjord men också i friktionsjord. Sättningsförloppet i lera går långsamt och kan pågå under lång tid medan sättning i friktionsjord sker momentant. Sättningar i friktionsjord är dock generellt mycket små. Det är främst i lera som risk för skadliga sättningar på omgivningen från järnvägen finns. Sättningar kan inträffa om markens förutsättningar förändras, till exempel om en last påförs eller om en sänkning av grundvattnet inträffar. Risken för sättningar beror på lerans sättningssegenskaper och storleken på lasten eller grundvattensänkningen. För utbredning av jordarter längs sträckan, se Figur 14.



Figur 14: Hydrogeologi och jordarter längs delsträckan Långsjön–Sillekrog. Gränser för delområden anges med streckad linje med tillhörande km-angivelse, se beskrivning av delområden i avsnitt 6.4.

6.4. Indelning i delområden

Beskrivning av delsträckan Långsjön–Sillekrog har delats in i två delområden. Dessa innehåller vattenverksamheter av olika storlek och komplexitet:

Delområde Tullgarn och Vagnhärad, km 14+700–21+035

- Permanent grundvattenbortledning från Tullgarnstunneln med service-, arbets- och tillfartstunnel samt grundvattenbortledning vid schakt för betonganläggningar vid norra och södra påslaget.
- Tillfällig grundvattenbortledning vid schakt för grundläggning av brostöd för järnvägsbro över E4, intill Trafikplats Vagnhärad.
- Bortledning av grundvatten för processvatten.
- Bortledning av vatten från Dike till Norasjön för processvatten.
- Skärningar, jordschakt, anläggningar inom vattenområde samt kulvertering och omgrävning av diken.

Delområde Trosaåns dalgång och Hillesta, km 21+035–27+860

- Tillfällig grundvattenbortledning för schakt vid grundläggning av brostöd för järnvägsbro över Trosaåns dalgång och Stationsvägen.
- Anläggande av erosionsskydd i Trosaån samt spont för schakt för brostöd inom vattenområde vid anläggande av bro över Trosaån.
- Permanent grundvattenbortledning från Hillestatunneln samt grundvattenbortledning vid schakt för portal och skärning vid södra påslaget.
- Bortledning av grundvatten för processvatten.
- Markavvattning vid anläggande av vall och omgrävning av dike i anslutning till skärning söder om Hillestatunneln.
- Skärningar, jordschakt, anläggningar inom vattenområde samt kulvertering och omgrävning av diken.

Dessa delområden visas i Figur 15 och utgör varsitt avsnitt, 7 och 8, i denna PM. Indelningen utgår från avrinningsområden och grundvattenmagasin samt hur vattenverksamheterna är belägna och hur de samverkar längs sträckan. Gränser mellan delområdena är belägna så att vattenverksamheter på vardera sidan av angivna gränser påverkar intilliggande delområden så lite som möjligt. I Figur 15 ses också de större anläggningar och åtgärder som innebär vattenverksamhet. Dessa beskrivs under egna rubriker i avsnitt 7 respektive 8.



Figur 15: Översikt över järnvägsanläggningen Ostlänken, delen Långsjön–Sillekrog, (bro, skärning, bank och tunnel) samt större anläggningar och åtgärder som innebär vattenverksamhet. Däremellan förekommer mindre skärningar, trummor i diken, med mera ID numren i pratbubblorna anger ID för de större vattenverksamheter som planeras vid utpekade anläggningsdelar.

7 Tullgarn och Vagnhärad, km 14+700 – km 21+035

7.1. Översikt

I delområdet kommer järnvägsanläggningen inledningsvis att gå på bank över dalgången vid Lindefältet och passerar då ett större sammanhängande grundvattenmagasin (benämns härnäst Magasin Lindefältet). Därefter går den planerade järnvägsanläggningen i grund skärning fram till Tullgarnstunnelns norra tunnelportal vid km 15+130. Tunnelportalen utgörs av ett tråg fram till km 15+182 och därefter en betongtunnel fram till Tullgarnstunneln, km 15+339. Tullgarnstunneln är en cirka 3,5 km lång bergtunnel med tillhörande tvärtunnlar och arbets- och servicetunnlar. Tullgarnstunneln slutar i km 18+784 och järnvägen går därefter i en betongtunnel fram till km 19+120, följt av ett betongtråg fram till km 19+245. Därefter, fram till km 19+370, går järnvägen i grund skärning. Utöver järnvägen planeras på delsträcka Tullgarn och Vagnhärad även för bygg-, service- och ersättningsvägar, teknikgårdar, etablerings- och upplagsytor. Norr om Tullgarnstunneln planeras även för ett brandvattenmagasin och vid tunnelmynningarna i norr och söder planeras en yta för räddningstjänst. Efter Tullgarnstunneln planeras en järnvägsbro över E4 mellan km 19+370 och km 20+256, därefter går järnvägen på bank fram till cirka km 20+290. Genom höjdpardiet som följer går järnvägen igenom en cirka 11 m djup bergsskärning följt av att gå på bank mellan cirka km 20+600 och 20+975. Mellan km 20+975 och 21+015 planeras järnvägen att förläggas på bro över Kalkbruksvägen. Efter bron fortsätter järnvägen på uppemot 4 meter bankfyllning fram till cirka km 21+030 för att efter det huvudsakligen gå i skärning. Samtliga vattenverksamheter i delområde Tullgarn och Vagnhärad redovisas i Figur 16 och Figur 17.

Den tekniska utformningen av de anläggningar som medför vattenverksamhet, där även den lokala geologin framgår, finns i Bilaga C *Teknisk beskrivning vattenverksamhet*. Vattenverksamheterna redovisas i plan i Bilaga C.1 *Plankartor anläggning och vattenverksamheter*.

Hydrogeologiska kartor med vattenverksamheter, påverkansområden, mätpunkter för grundvatten och hydrauliska tester presenteras i Bilaga D.2.1a–c.

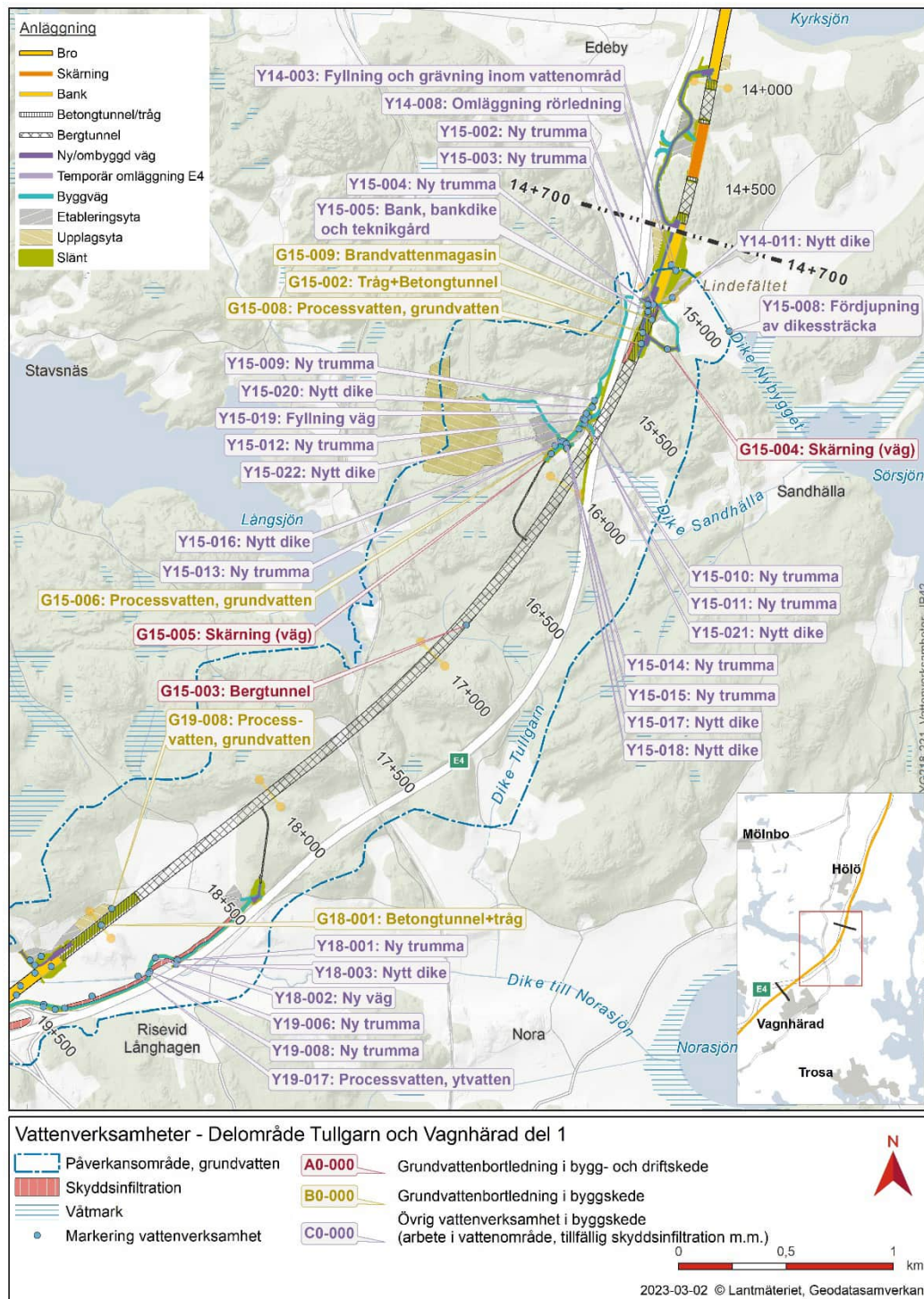
Samtliga inventerade värden och objekt redovisas i Bilaga D.2.2a–f. Alla riskexponerade objekt inom delområdet redovisas i Figur 22 och Figur 23 samt beskrivs mer ingående i följande avsnitt.

I Bilaga D.2.3. *PM Beräkningar grundvatten* redovisas utförda hydrogeologiska beräkningar inklusive underlag, metodbeskrivning och antaganden. Påverkans- och effektbedömningar som görs i denna PM utgår i hög utsträckning från dessa beräkningsresultat.

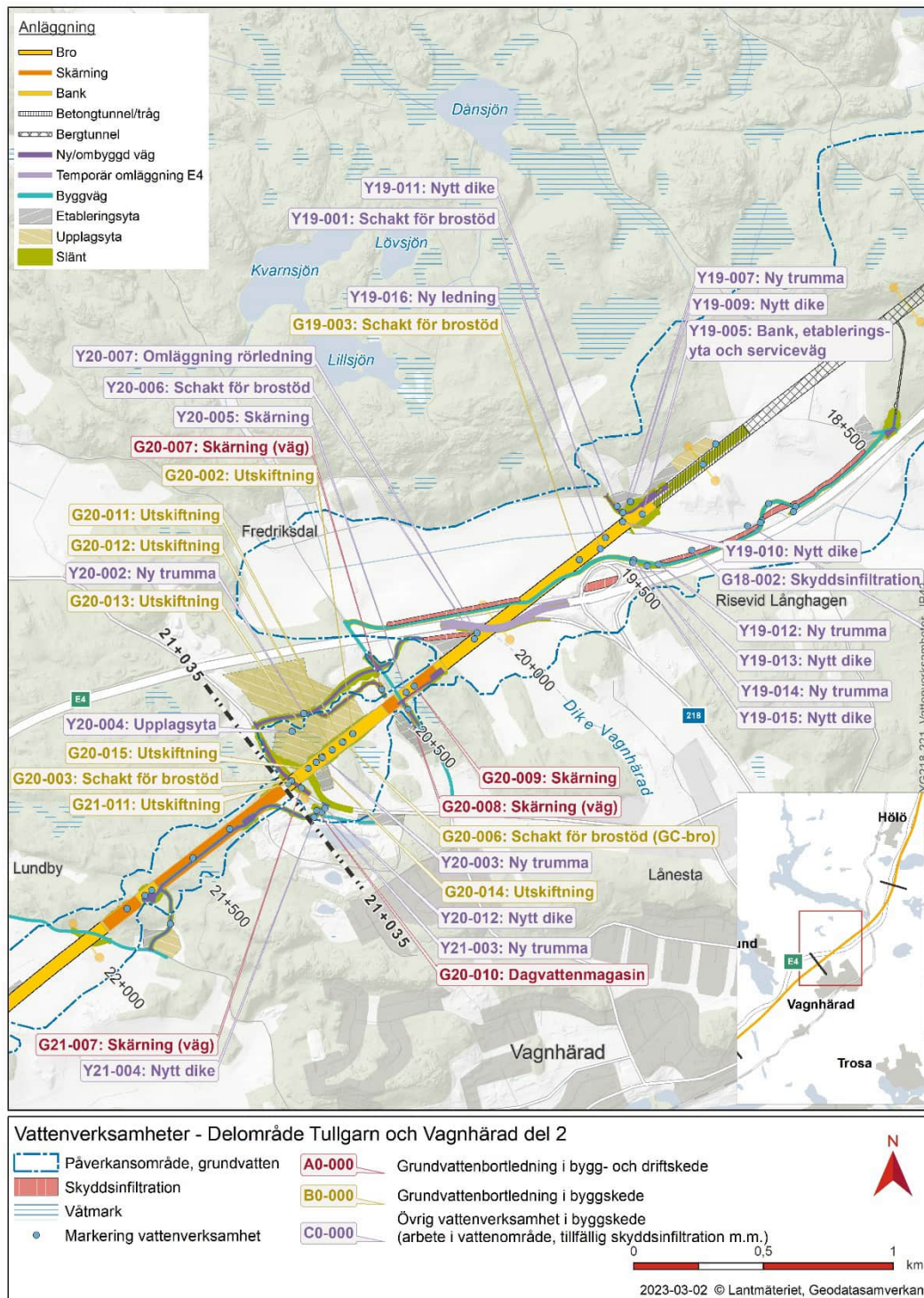
I Bilaga D.1 *Bedömningsgrunder* redovisas en bedömningsskala enligt vilka de riskexponerade objektens värde bedömts samt vilken effekt som uppstår på grund av vattenverksamheten. För vissa objekt har det inte varit möjligt att ange generella bedömningsgrunder utan varje bedömning har behövt göras objektspecifikt, till exempel bedömning på sättningskänsliga byggnader och våtmarker.

Varje vattenverksamhet har fått en beteckning följt av ett löpnummer som baseras på vid vilken längdmätning för järnvägsanläggningen som vattenverksamheten förekommer vid. Beteckningen G i namnet på vattenverksamheten innebär

vattenverksamhet som medför grundvattenbortledning eller infiltration och Y arbeten i ytvattenområde.



Figur 16: Vattenverksamheter inom norra halvan av delområde Tullgarn och Vagnhärad. Markering vattenverksamhet är en centrumpunkt. Våtmark (randig symbol) är en sammanslagning av våtmarker och sankmarker från marktäckedatabasen och terrängkartan. Beteckningen G i namnet på vattenverksamheten innebär vattenverksamhet som medför grundvattenbortledning eller infiltration och Y arbeten i ytvattenområde.



Figur 17: Vattenverksamheter inom södra halvan av delområde Tullgarn och Vagnhärad. Markering vattenverksamhet är en centrumpunkt. Våtmark (randig symbol) är en sammanslagning av våtmarker och sankmarker från marktäckedatabasen och terrängkartan. Beteckningen G i namnet på vattenverksamheten innebär vattenverksamhet som medför grundvattenbortledning eller infiltration och Y arbeten i ytvattenområde.

7.2. Områdesbeskrivning

7.2.1. Topografi och markanvändning

Den norra delen av delområdet utgörs av en smal dalgång som kommer att passeras på bank. Anläggningen passerar i Tullgarnstunneln genom ett utbrett höjdparti, mellan cirka km 15+200 till km 18+200, belägen sydväst om Lindefältet. Höjdpartiet utgörs av skogsmark och har flertalet höga naturvärden. Höjdpartiet är även en del av Natura 2000-området Tullgarn Södra som sträcker sig mellan cirka km 16+300–19+400. Efter höjdpartiet passerar järnvägsanläggningen en lersluttning som omges av högre topografi av morän och ytligt berg eller berg i dagen. Under leran finns det större grundvattenmagasinet, Magasin Vagnhärad, som även sammanfaller med grundvattenförekomst vid Fredriksdal (vattenförekomst-ID: WA52113140).

Järnvägsanläggningen går efter Tullgarnstunneln ut på en dalgång med mindre höjdparter. Vid km 19+900 passerar järnvägsanläggningen på bro över E4 och därefter övergår den, vid cirka km 20+200, till ett större höjdparti. Cirka en kilometer söder om den planerade järnvägsanläggningen, vid km 20+000, ligger tätorten Vagnhärad. Utöver tätorten förekommer endast gles bebyggelse utspridd längs med sträckan. Marken inom delområdet utgörs främst av skog och jordbruksmark. Jordbruksmark förekommer huvudsakligen i området runt trafikplats Vagnhärad.

7.2.2. Mark- och vattenförhållanden

7.2.2.1. Berggrund

Enligt SGU:s kartmaterial består berggrunden i området övervägande av metavacka mellan km 15+300 och km 16+000 och km 16+300–17+000. En mafisk intrusion, gabbroid-dioritoid, förekommer i närheten av spårinjen mellan cirka km 16+000–16+300. Från cirka km 17+000–18+900 består berggrunden av metamorft berg med magmatiskt ursprung. Sammansättningen är tonalitisk till granodioritisk. Från km 18+900 består berggrunden av metavacka med ådergnejsstruktur fram till delområdets slut. Vid passage av befintlig spårinje vid cirka km 17+500 förekommer en granitisk intrusion enligt kartunderlaget från SGU.

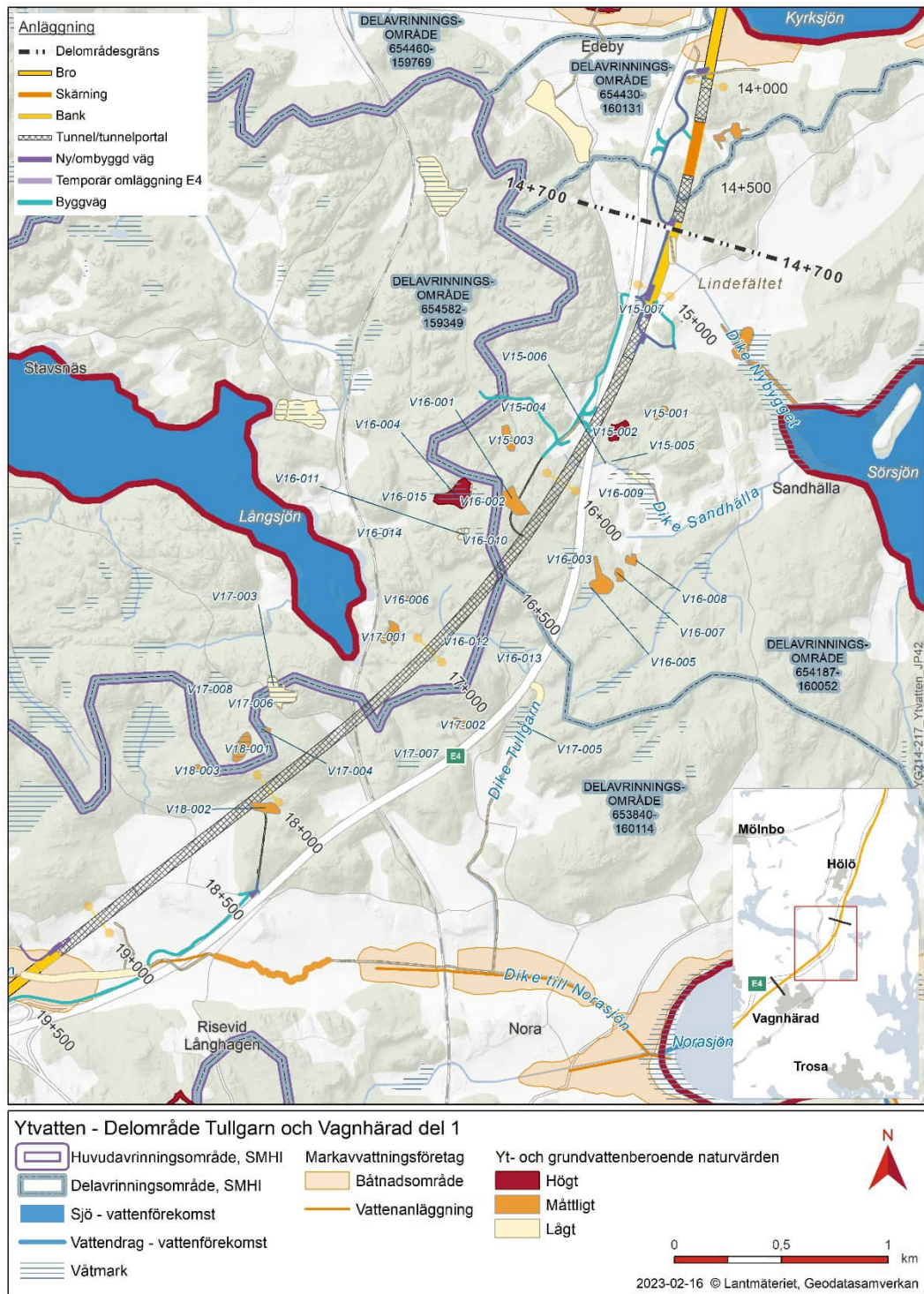
7.2.2.2. Ytvatten

Den norra delen av området ligger inom ett delavrinningsområde (ID 654187-160052) som avvattnas mot Sörsjön (vattenförekomst-ID: WA17180374). Sörsjön avvattnas via ett mindre vattendrag till Kyrksjön som är belägen cirka 2 km norr om Sörsjön. Sjöarna ingår i ett huvudavrinningsområde som avvattnas till Stavbofjärden/Norafjärden (vattenförekomst-ID: WA16216440). Sörsjön har bedömts ha måttlig ekologisk status till följd av övergödningsproblem. Sjön uppnår inte god kemisk status på grund av att gränsvärdet för kvicksilver och difenyletrar (PBDE) överskrids vilket är fallet för samtliga vattenförekomster i Sverige. Kemisk status exklusive kvicksilver och PDBE bedömts som god (VISS, 2023).

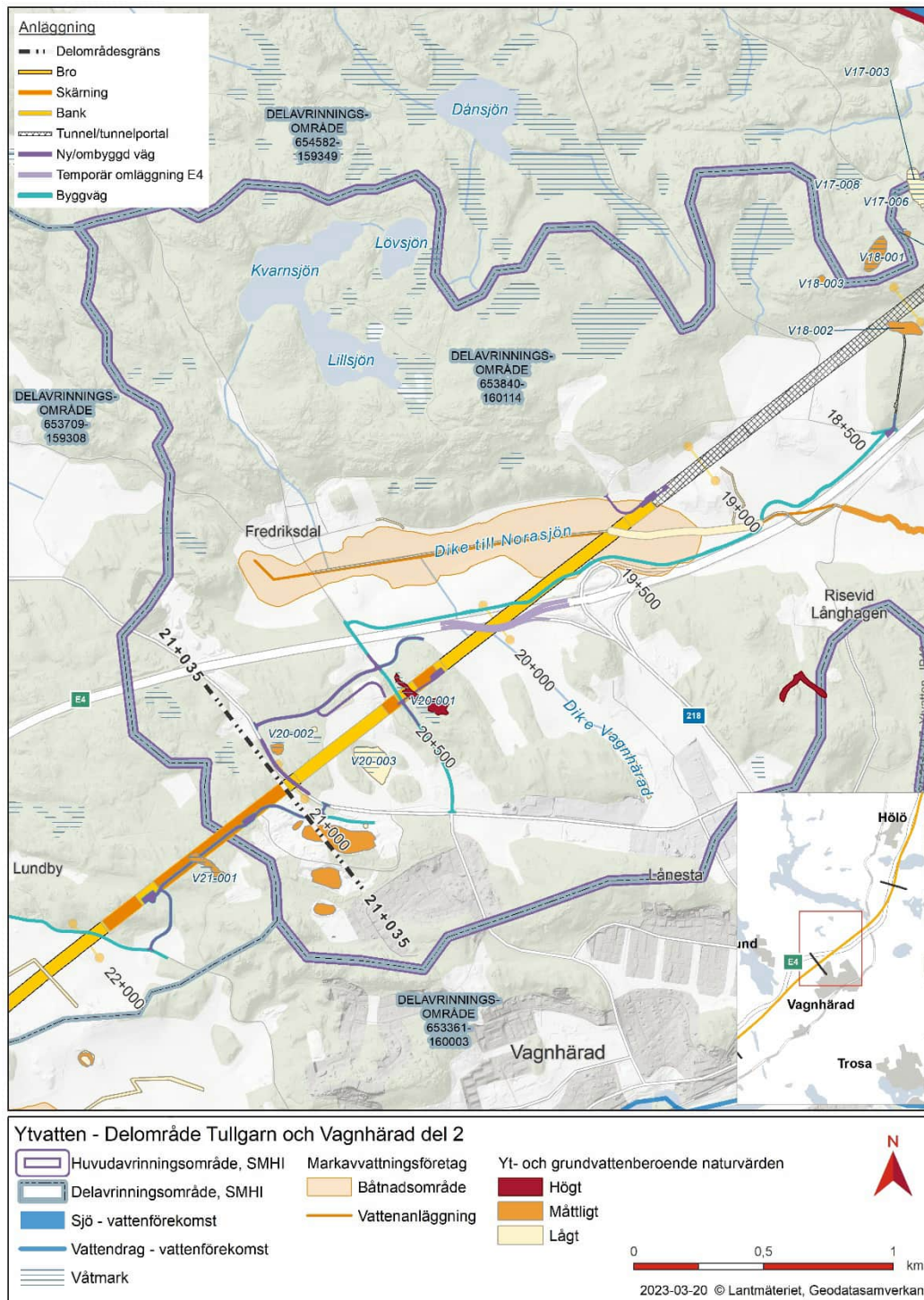
Söder om delavrinningsområdet som avvattnas mot Sörsjön kommer Tullgarnstunneln passera en kort sträcka inom Långsjöns delavrinningsområde (ID 654582-159349). Långsjön (vattenförekomst-ID: WA48987947) avvattnas via ett vattendrag mot sjön Sillen (vattenförekomst-ID: WA24383157) vars vatten i sin tur leds till havet (Trosafjärden, vattenförekomst-ID: WA35006227) via Trosaån (vattenförekomst-ID: WA24889316).

I den södra delen av delavrinningsområdet kommer Tullgarnstunneln att passera inom delavrinningsområde till Norasjön (ID 653840-160114). I detta avrinningsområde finns ett större dike (vid södra gränsen för Natura 2000-området Tullgarn Södra) som leder vatten till Norasjön (Vattendrags- ID WA64393799). Norasjön avvattnas i sin tur via Norasjöbäcken (vattenförekomst-ID: WA49467036) som mynnar i havet.

De vattendrag och naturvärden som Ostlänken passerar visas i Figur 18 och Figur 19.



Figur 18: Yt- och grundvattenberoende naturvärden i delområde Tullgarn och delområde Tullgarn och Vagnhärad del 1. Våtmark (randig symbol) är en sammanslagning av våtmarker och sankmark från marktäckedatabasen och terrängkartan.



Figur 19: Yt- och grundvattenberonde naturvärden i delområde Tullgarn och delområde Tullgarn och Vagnhärad del 2. Våtmark (randig symbol) är en sammanslagning av våtmarker och sankmark från marktäckedatabasen och terrängkartan

7.2.2.3. Grundvatten och jordartsgeologi

Uppgifter om grundvattennivåer baseras på grundvattennivåmätningar utförda inom kontrollprogrammet för Ostlänken där, om inte annat anges, medelnivåer redovisas (Trafikverkets databas Redbex). Jordartssammansättning baseras på sonderingar

utförda inom projektet. Där inga undersökningar utförts har översiktlig information inhämtats från SGU:s jordartskartor.

Magasin Lindefältet

Mellan km 14+700–15+100 passeras en lertäckt dalgång där lera överlagrar friktionsjord på berg. Dalgången sträcker sig i en nordvästlig-sydostlig riktning och avgränsas av moränbäcklädda bergsområden åt norr, såväl som i väster och söder. Lera utgörs överst av torrskorpelera (cirka 1–3 meter) följt av lera med mäktigheter som avtar från norr till söder, från cirka 10–15 meter inledningsvis till berg i dagen vid tunnelpåslaget (km 15+339). Även friktionsjordens mäktighet avtar från norr till söder, från att vara uppemot cirka 10–15 meter vid cirka km 15+000 till att vara någon enstaka meter mot tunnelpåslaget i söder. I friktionsjorden i denna dalgång finns ett tolkat grundvattenmagasin som här benämns Lindefältet, se Figur 20. Markytan i dalgången stiger från Lindefältet och söderut, från cirka +23 till +42 meter. Längs med järnvägen har grundvattenmagasinet en mäktighet mellan cirka 2 och 10 meter.

Grundvattenmagasinet Lindefältet avvattnas till Sörsjön och huvudsaklig grundvattenströmningen är därmed mot sydost. Medelgrundvattennivån inom delområdet är nära marknivån, eller något över markytan, med en gradient mot nordost. Inom grundvattenmagasinet förekommer periodvis artesiska grundvattentrycknivåer. Högsta uppmätta grundvattennivån motsvarar en grundvattenyta på cirka 1,2 meter över markytan (baserat på grundvattenrör 14G0023G).

Hydraulisk konduktivitet för Magasin Lindefältet bedöms utifrån utförda slugtester vara i storleksordningen cirka 1×10^{-6} m/s, men slugtesterna visar även på en variation mellan 1×10^{-8} m/s och 4×10^{-6} m/s.

Grundvatten i berg

Söder om Lindefältets dalgång utgörs landskapet av ett kuperat höjdområde med berg i dagen som sträcker sig mellan km 15+300 och km 18+200, det vill säga längs den planerade Tullgarnstunneln. Tunneln passerar ett antal mindre, lerfyllda svackor återfinns i höjd med km 16+300, km 16+800–17+000, km 17+300 och km 17+500–17+700. Marknivån på sträckan varierar allmänt mellan cirka +20 och +65 och jorddjupen inom svackorna är sällan större än cirka 10 meter. Inom svackorna förekommer morän mellan yttlig lera och berg. Endast mindre, uppbrutna grundvattenmagasin i jord bedöms finnas i detta område. Grundvattnets strömningsriktning bedöms i allmänhet följa topografien. Grundvatten förekommer även i bergets spricksystem.

Marknära och periodvis artesiska (baserat på grundvattenrören 15G0009G, 15G0010G, 15AT016G, 16G0009G, 16G3005G, 17G0021G, 17G0025G och 15ATXA03) grundvattennivåer har uppmätts i friktionsjord inom förekommande svackor. Utförda grundvattennivåmätningar i berg indikerar även de allmänt marknära nivåer. I höjd med svackan vid km 17+500 är grundvattennivån i berg (OLP4K318) dock belägen drygt 4 meter under markytan på nivån +21, vilket motsvarar Långsjöns vattenstånd. Hydraulisk kontakt mellan spricksystem i berg och Långsjön kan därmed inte uteslutas. Detta kan tyda på att jordarterna i svackan är genomsläppliga och/eller att underliggande berg är genomsläppligt och dränerande. Kompletterande undersökningar kommer att utföras under våren 2023 för att utreda detta vidare. Samvariationer mellan grundvattennivåer i jord och berg har noterats i stort sett i samtliga områden där mätpunkter i jord och berg finns nära varandra (km 15+300, km 15+900, km 16+300, km 17+300, km 17+500 och km 18+800).

Längs Tullgarnstunneln har vattenförlustmätningar för bedömning av bergets genomsläpplighet utförts i sammanlagt sju kärnborrhål. Undersökta kärnborrhål är huvudsakligen belägna i områden med förmodat sämre bergkvalitet. Resultat från utvärdering av vattenförlustmätningarna visar på en effektiv hydraulisk konduktivitet i berg som varierar mellan drygt 2×10^{-8} m/s och 3×10^{-7} m/s. Effektiv hydraulisk konduktivitet har även beräknats genom en så kallad brunnsanalys som omfattat kapacitetsdata från befintliga bergborrade brunnar i tunnelns närområde. Brunnsanalysen visar på en effektiv hydraulisk konduktivitet om $5,7 \times 10^{-8}$ m/s.

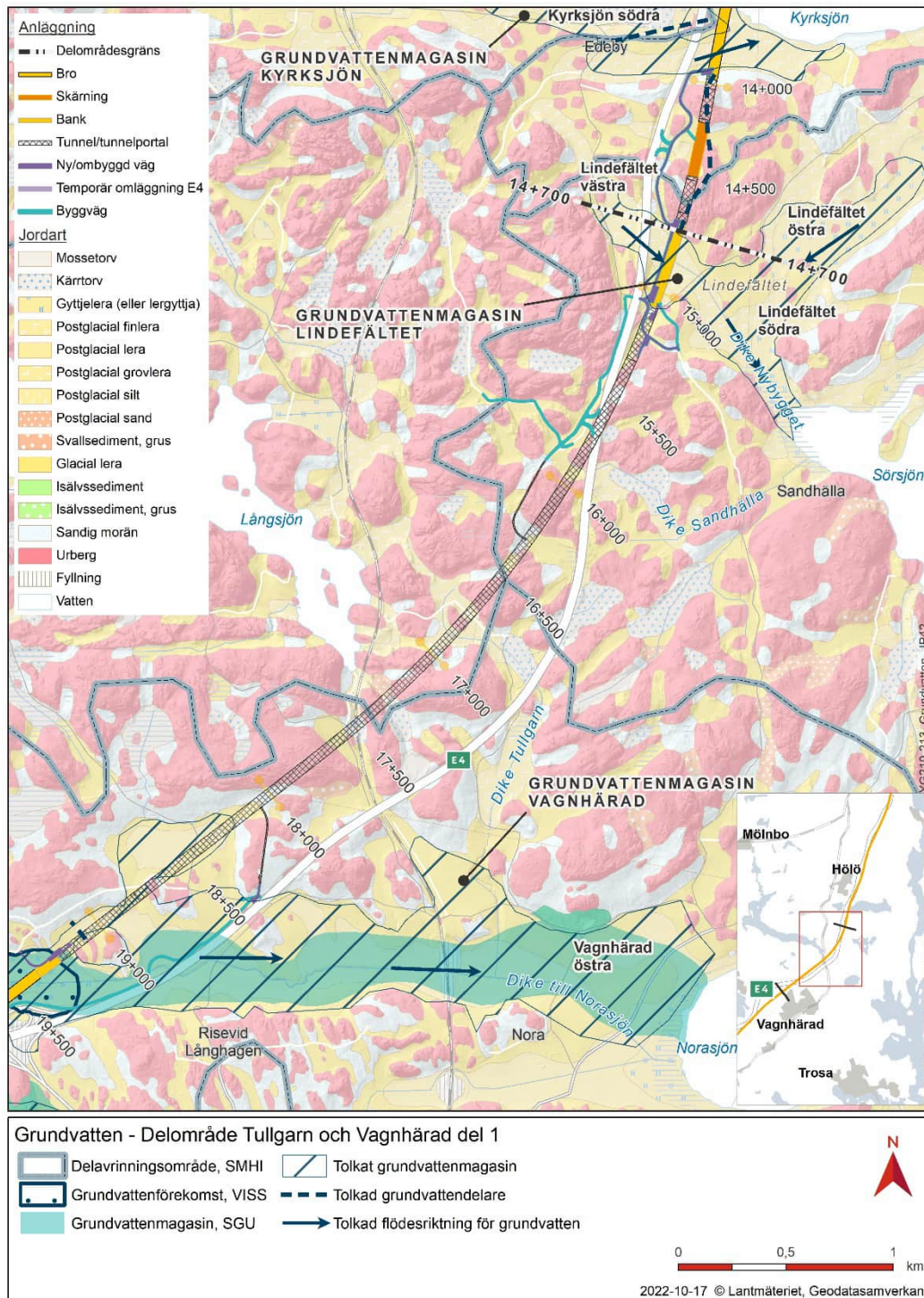
En indelning av berget i olika delsträckor, med någorlunda homogena berggrundsgeologiska förutsättningar, har gjorts inom ramen för den ingenjörsgelogiska prognosen. Denna sträckindelning baseras på en kombination av de berggrundsgeologiska förutsättningarna, underlag från utförda fältundersökningar, arkivmaterial samt de planerade anläggningarnas lägen och utformning. Inom en delsträcka kan det förväntas att geologin avseende bergartsfördelning och strukturgeologi är relativt homogen, vilket är grundläggande för bergets hydrogeologiska egenskaper. Värden avseende effektiv hydraulisk konduktivitet som erhållits från vattenförlustmätningar alternativt utförd brunnsanalys, har tillskrivits de olika delsträckorna.

Tillämpade värden för bergmassans effektiva konduktivitet inom de olika delsträckorna längs Tullgarnstunneln redovisas i Tabell 5 samt mer ingående i Bilaga D.2.3 *PM Beräkningar grundvatten*. De tillskrivna värdena visar på varierande genomsläpplighet.

Tabell 5. Sammanställning av effektiv konduktivitet, K_{eff} för sträckorna längs Tullgarnstunneln.

Tunnel sträcka	från KM	till KM	Aktuellt borrhål/data	Sträckans effektiva konduktivitet, K_{eff} [m/s]
Tullgarnstunneln	15+339	15+950	OLP4K306	$9,5 \times 10^{-8}$
			OLP4K308	$1,5 \times 10^{-7}$
Tullgarnstunneln	15+950	16+330	Brunnsdata	$5,7 \times 10^{-8}$
Tullgarnstunneln	16+330	17+150	OLP4K315	$1,6 \times 10^{-8}$
Tullgarnstunneln	17+150	17+450	OLP4K316	$9,1 \times 10^{-8}$
			OLP4K317	$1,2 \times 10^{-7}$
Tullgarnstunneln	17+450	17+570	Antaget värde	$1,0 \times 10^{-7}$
Tullgarnstunneln	17+570	18+784	OLP4K321	$2,0 \times 10^{-7}$

För delsträckan km 17+450 - 17+570 bör det noteras att redovisat värde utgör ett antaget typvärde. Detta eftersom resultat från utförd vattenförlustmätning i kärnborrhål OLP4K318 ($1,7 \times 10^{-9}$ m/s) inte bedöms tillförlitligt på grund av osäkerheter kopplat till utförandet. Se vidare Bilaga D.2.3 PM Beräkningar grundvatten.

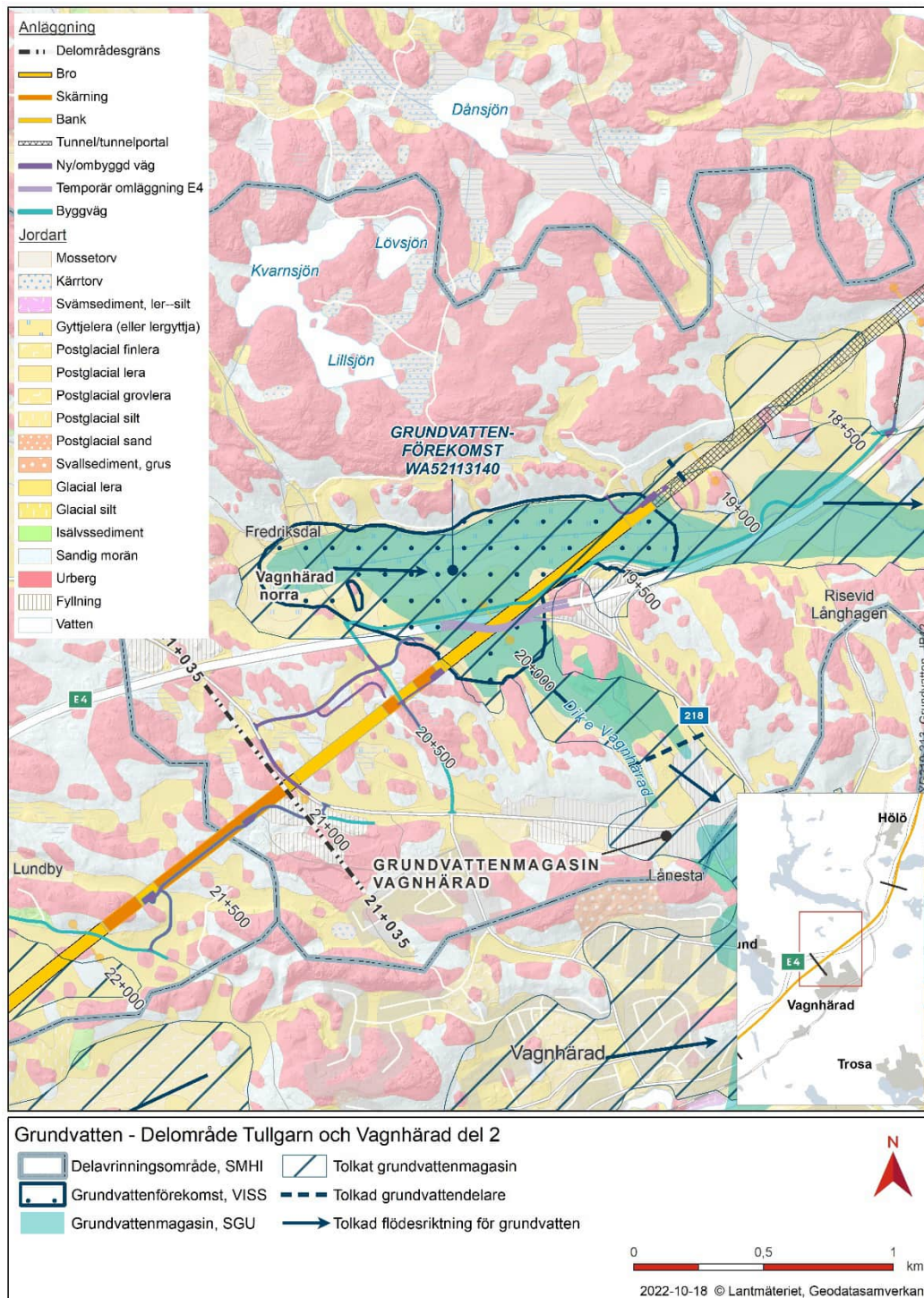


Figur 20: Översigtskarta över grundvatten i delområde Tullgarn och Vagnhärad, del 1, km 14+700–19+000.

Magasin Vagnhärad och grundvattenförekomst vid Fredriksdal

Efter cirka km 18+200 övergår det kuperade landskapet längs med Tullgarnstunneln i en större dalgång med mestadels jordbruksmark bestående av lera, se Figur 21. Markytan sjunker i nivå längs med sträckan från cirka +27 vid cirka km 18+200 till cirka +18,5 i cirka km 18+950. Under leran återfinns vattenförande isälvsmaterial och morän. Inom Magasin Vagnhärad finns en grundvattenförekomst vid Fredriksdal (vattenförekomst-ID: WA52113140). Det tolkade grundvattenmagasinet sträcker sig från Fredriksdal och grenar ut mot Norasjön i öst och mot Vagnhärad tätort i söder. Grundvattenmagasinet ingår i SGU:s sammanställning för grundvattenmagasin och har beteckningen 250300031 söder om Vagnhärad (Magasin Vagnhärad södra) och 250300030 norr om tätort Vagnhärad (Magasin Vagnhärad norra och Magasin Vagnhärad östra). Magasinets uttagskapacitet har bedömts ([SGUs Kartvisare](#)) till 1–5 l/s väst/nordväst om trafikplats Vagnhärad och i den östra delen av grundvattenmagasinet (Magasin Vagnhärad östra). Grundvattenflödet i Magasin Vagnhärad sker i östlig riktning, mot Norasjön vars vattenyta har en nivå på cirka +1 meter. Eftersom det troligtvis finns en kontakt mellan Norasjön och Magasin Vagnhärad ligger grundvattentytan vid motsvarande nivå närmast Norasjön. Det finns även en hydraulisk kontakt mellan Magasin Vagnhärad östra och Dike till Norasjön enligt bedömning från SGU jordartskarta, där morän och isälvsmaterial går i dagen. Grundvattenmagasinet utgörs av isälvsmaterial. Troligtvis består friktionsjorden i den övre delen av isälvsavlagringar av sand och grus inlagrat i morän och i den undre delen av mer ”rent moränligt” material.

Söder om anläggningen, i riktning mot Vagnhärad (cirka 800 meter sydost om km 20+000), förekommer en bedömd grundvattendelare som separerar grundvattenmagasinet i en nordlig och sydlig del. Anläggningen passerar det norra delmagasinet och undersökningar visar på att magasinet har en mäktighet från någon meter upp till cirka 15 meter. De större mäktigheterna förekommer i dalgångens centrala delar för att minska mot kanterna. Magasin Vagnhärad är i huvudsak täckt av ett lerlager och inom det norra delmagasinet har lerlagret en mäktighet av någon meter upp till cirka 20–25 meter (typmiljö lertäkt dalgång). Huvudsaklig grundvattenbildning till magasinet bedöms ske genom inströmning av vatten via vattenförande jordlager i randzonen i dalgångens kanter. Beräknad grundvattenbildning och motsvarande flöde för Magasin Vagnhärad motsvarar drygt 390 l/min (6,5 l/s), enligt SGU:s bedömning. Mätningar av grundvattentrycknivåer inom delmagasin Vagnhärad norra visar på ett högt grundvattentryck, med medelnivåer nära markytan eller cirka 1 meter över markytan. De högsta grundvattennivåerna förekommer i västra delarna av magasinet och den storskaliga grundvattenströmningen är i riktning mot öster. Undersökningar visar på att grundvattenmagasinet har en hög vattengenomsläpplighet/ hydraulisk konduktivitet och att störningar av grundvattennivåer får störst spridning i öst-västlig riktning.



Figur 21: Översiktskarta över grundvatten i delområde Tullgarn och Vagnhärads, del 2, km 19+000–21+035.

Jorddjupen ökar generellt mot dalgångens centrala delar söder om planerad järnväg. Från cirka km 18+000 till cirka km 18+660 är jorddjupen ovan tunneln cirka 5 meter och ett tunt lager (cirka 1 meter) med friktionsjord återfinns under leran. Mellan cirka km 18+660 och 18+720 förekommer ett område med berg i dagen följt av en svacka med uppemot cirka 10 meter lera och silt ovan uppemot cirka 7 meter friktionsjord (sannolikt mestadels morän) ovan berg. Största djupen till berg har uppmätts till cirka 16 meter vid km 18+960. Kring cirka km 19+000 minskar åter jorddjupen och är fram till km 19+120 cirka 5 meter bestående av finkorniga jordarter på någon meters morän. Sydost om

linjen mellan cirka km 18+980 och km 19+150 påträffas berg i dagen. Mellan cirka km 18+300 och 18+660 bedöms grundvattennivån i morän under leran vara cirka 1 m under markytan, men kan periodvis antas vara högre. Vid cirka km 18+800 är observerade grundvattennivåer i medel cirka 1–2 m under markytan för att sedan på återstående sträcka, fram till km 19+120, vara artesiska (cirka 0,8 meter över markytan). Söder om järnvägen, där markytan är lägre längs med E4, är grundvattennivåer marknära och periodvis även artesiska. Grundvattnets strömningsriktning är generell mot sydost där järnvägen passerar inom grundvattenmagasinets ytterkanter. Huvudsaklig strömningsriktning i centrala delarna av magasinet, söder om järnvägen, är dock mot öst. Vid cirka km 19+100 förekommer en lokal grundvattendelare tvärs järnvägens sträckning.

Km 19+120 till km 19+370 ligger inom ett delavrinningsområde som avvattnas genom Dike till Norasjön som passerar i cirka km 19+360. Jordlagren består här av cirka 7–20 meter lera följt av friktionsjord (isälvsmaterial eller morän) med mäktigheter upp till cirka 15–20 meter på berg. Dike till Norasjön har en hydraulisk förbindelse med Magasin Vagnhärad vilket, bland annat, kan ses i Dike till Norasjön där isälvsmaterial går i dagen öster om anläggningen. Kontakten förekommer i höjd med km 17+500, km 18+600 och km 19+000 men troligtvis förekommer det kontakt även vid andra platser längs diket. Medelgrundvattennivåerna längs med sträckan km 19+120–19+370 är artesiska (cirka 0,5–1,3 meter över markytan) och grundvattenytans gradient är mot öst. Hydraulisk konduktivitet för friktionsjorden inom Magasin Vagnhärad är i storleksordningen 1×10^{-5} till 1×10^{-4} m/s. Bedömningen grundar sig på utförd provpumpning och slugtester inom grundvattenmagasinet.

Jordlagren från km 19+370 fram till cirka km 20+200 utgörs av cirka 5–20 meter lera som underlagras av friktionsjord (isälvsmaterial och morän) på berg. Friktionsjordens mäktighet varierar från någon meter upp till cirka 15 meter. Största jorddjup och mäktighet på friktionsjordslagret är i anslutning till delområdets lågpunkt kring Dike till Norasjön (cirka km 19+400–19+500). Mellan km 19+560 och 19+790 är lermäktigheten mindre och friktionsjord (mestadels i form av morän) går i dagen samt lokalt påträffas även berg i dagen. Mellan km 19+790 och 20+220 har lermäktigheter på mellan 5 och 16 meter uppmätts där störst mäktigheter påträffas söder om befintlig E4. Vid slutet av delområdet (söder om km 20+220) påträffas berg under 1–2 meter torrskorpa eller friktionsjord.

Vid passage av befintlig E4 är medelgrundvattennivåer fortfarande artesiska men något lägre (cirka 0,2 m över markytan vid cirka km 20+000). Vid cirka 20+200, där morän går i dagen, är grundvattenytan något djupare under markytan, cirka 1,7 m under markytan (20G1006G). Mätning av grundvattennivåer visar på ett högt grundvattentryck från delområdets start fram till befintlig E4. Innan passage av E4 (cirka km 20+000) är riktning för huvudsakligt grundvattenflöde åt öst. Efter passage av E4 är tolkat grundvattenflöde i grundvattenmagasinet mot nordväst.

Vid km 20+200 övergår det låglänta lerområdet, i ett område med högre topografi med berg och morän med inslag av lera. Strax väster om Vagnhärad finns nedlagda kalkbrott. Bergnivån varierar kraftigt inom området. I detta område bedöms grundvatten endast finnas i mindre, uppbrutna grundvattenmagasin.

Området mellan km 20+256–20+600 utgörs huvudsakligen av skogsmark. Marknivåer längs med sträckan varierar eftersom två moränbäddade höjdryggar med berg i dagen passerar. Vid delområdets start är marknivån cirka +20 för att sedan stiga till +44 i cirka

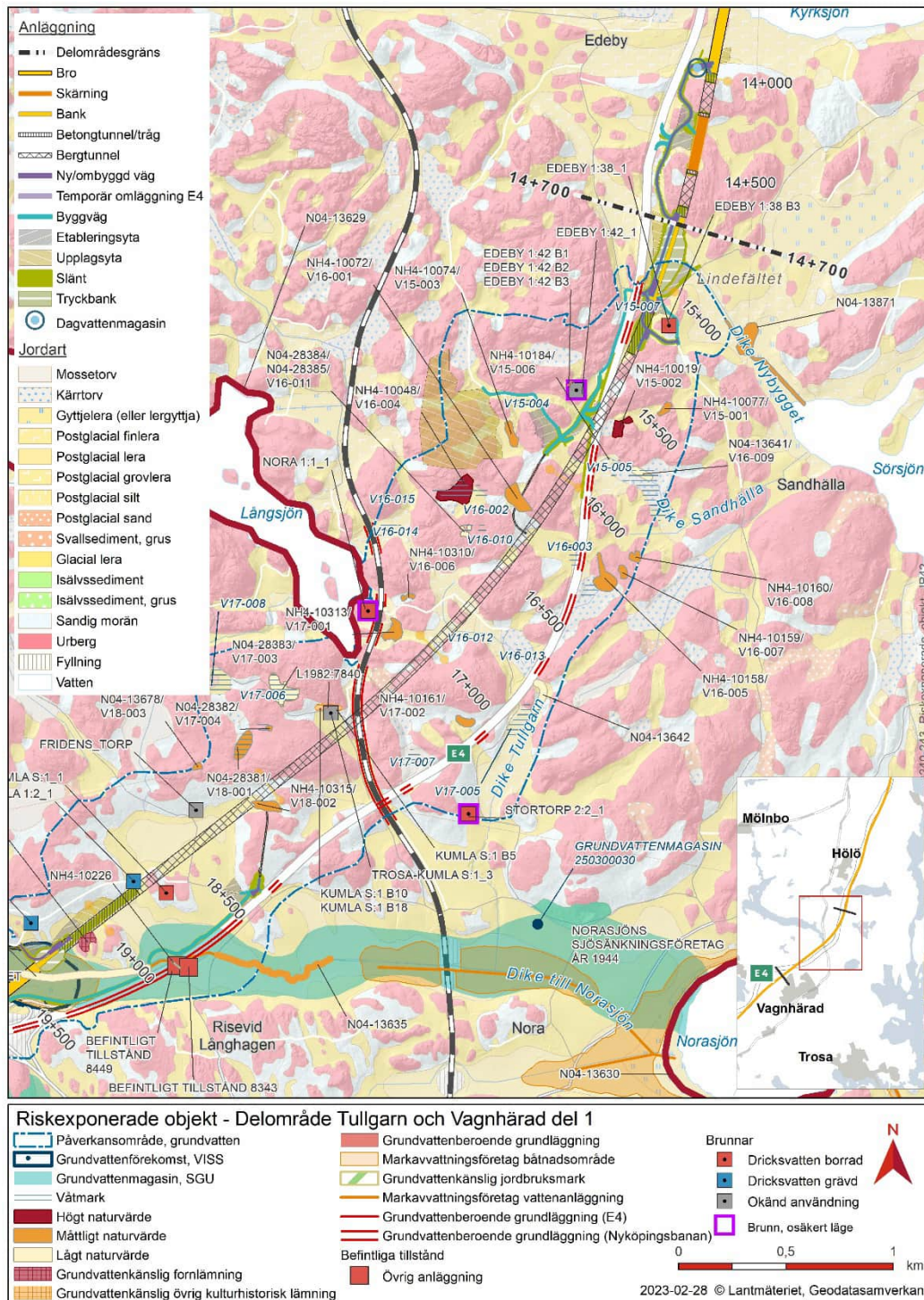
km 20+340 m. Nästa lokala höjdområde är i cirka km 20+500 och marknivån är som högst +44. Mellan de båda höjdryggarna är marknivån kring cirka +35 och finkorniga jordarter återfinns ovan moränen. Jorddjup inom delområdet är relativt små, största uppmätta djup till berg är cirka 6 meter. I lågpunkten mellan höjdryggarna är observerade grundvattennivå cirka 0,5 meter under markytan (20G0029G). Periodvis kan dock artesiska nivåer, cirka 0,3 meter över markytan, förekomma. Grundvattenytan i övrigt antas kunna variera med topografin inom delområdet, och bedöms finnas några meter under markytan i den högre terrängen. Inga hydrogeologiska undersökningar avseende hydraulisk konduktivitet är utförda mellan km 20+256 och 20+600. Hydraulisk konduktivitet för morän bedöms därmed utifrån undersökningar utförda inom angränsade delsträckor till att kring cirka 1×10^{-5} till 1×10^{-6} m/s.

Sträckan km 20+600–21+035 utgörs huvudsakligen av skogsmark. Topografin är relativt flack längs med sträckan (cirka +32 till +33 meter) med undantag för passage av ett mindre höjdområde vid cirka km 20+900 samt vid delområdets start och slut. På sträckan varierar jorddjup mellan 0 och 8 meter. Bergytan är kuperad och berg i dagen förekommer vid flera ställen. Jordlagren utgörs av morän på berg som inom delar överlagras av lera. Grundvattenytan i morän varierar i djup längs med sträckan, från att vara marknära kring cirka km 20+700 till att vara cirka 2 m under markytan kring cirka km 20+800–20+900. Periodvis förekommer artesiska grundvattennivåer inom området (cirka 0,2 m över markytan). Hydraulisk konduktivitet för friktionsjord/morän bedöms vara i storleksordningen 1×10^{-6} – 1×10^{-5} m/s utifrån utförda slugtester.

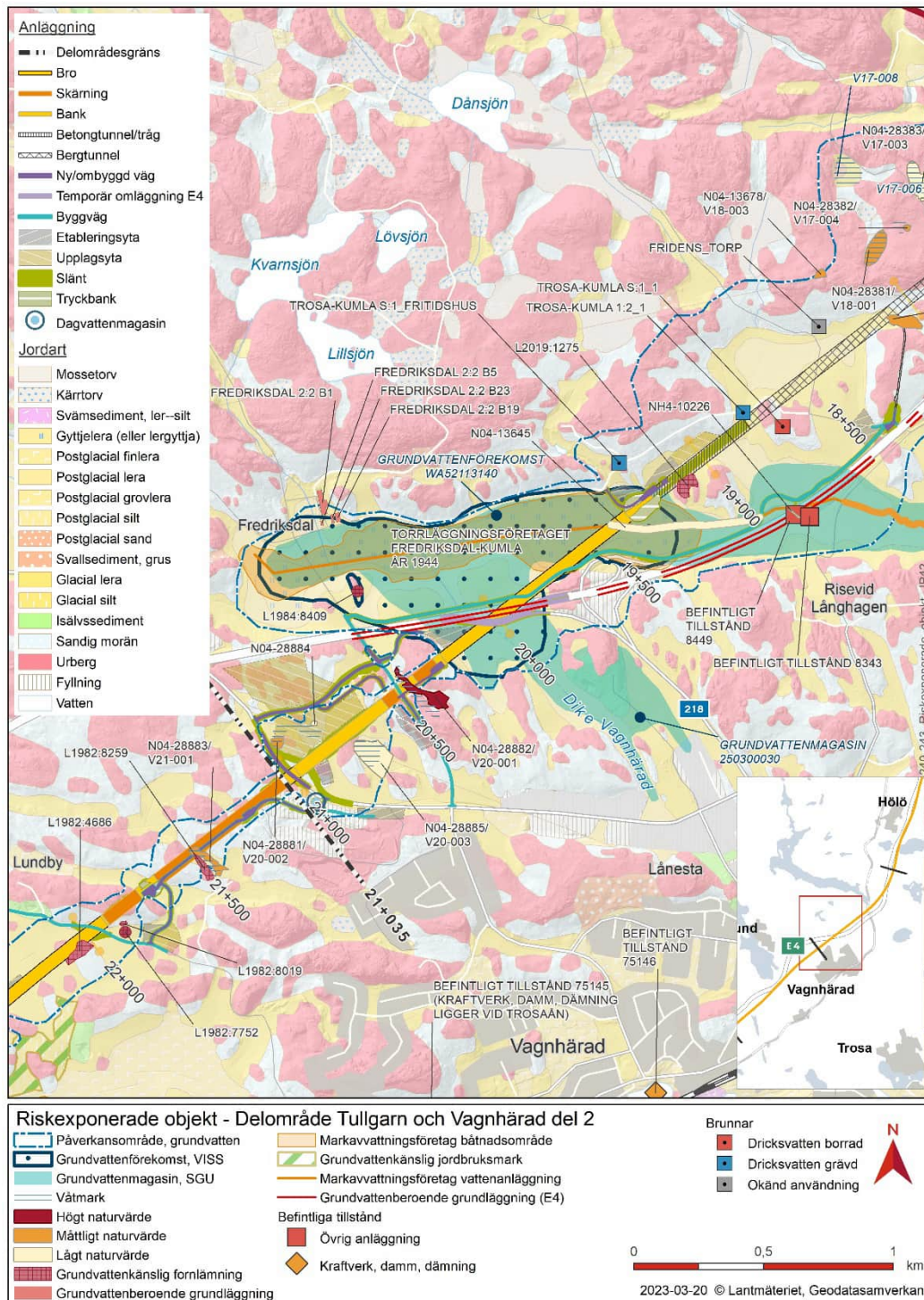
7.2.3. Yt- och grundvattenberoende objekt

Samtliga inventerade objekt inom utredningsområdet finns i Bilaga D.2.2.

Risikexponerade objekt inom delområde Tullgarn och Vagnhärad framgår av Figur 22 och Figur 23.



Figur 22: Riskexponerade objekt i delområde Tullgarn och Vagnhärad, del 1. Våtmark (randig symbol) är en sammanslagning av våtmarker och sankmark från marktäckedatabasen och terrängkartan.



Figur 23: Risikexponerade objekt i delområde Tullgarn och Vagnhärad, del 2. Våtmark (randig symbol) är en sammanslagning av våtmarker och sankmark från marktäckedatabasen och terrängkartan.

Risikexponerade objekt har utretts och vissa har krävt fördjupade utredningar.

Fördjupade utredningar inom delområde Tullgarn och Vagnhärad har främst fokuserat på:

- Grundvattenförekomst vid Fredriksdal
- E4
- Byggnader med grundvattenberoende grundläggning: Edeby 1:38, Edeby 1:42, Kumla S:1, Fredriksdal 2:2 och Fredriksdal 2:3
- Nyköpingsbanan
- Våtmarker
- Naturvärden.

Vid fördjupade utredningar har vissa objekt visat sig att inte utgöra risikexponerade objekt till exempel eftersom marken inte är sättningsbenägen.

Ledningar som ligger under sekretess har utelämnats från illustrationer i detta dokument men risker kopplade till vattenverksamhet beskrivs.

7.3. Vattenverksamheter vid Tullgarn och Vagnhärad

I detta kapitel redovisas vattenverksamheter inom delområde Tullgarn och Vagnhärad. En beskrivning av vattenverksamheterna med bedömd påverkan och effekt redovisas i kapitel 7.3.1–7.3.6.

En mer detaljerad beskrivning av anläggningen och vattenverksamheterna tillsammans med följdverksamheter som till exempel hantering av länshållningsvatten finns i *Teknisk beskrivning vattenverksamhet*, Bilaga C till ansökan för vattenverksamhet.

7.3.1. Tullgarnstunneln, inklusive påslag

I detta kapitel redovisas bergtunneln Tullgarnstunneln (inklusive övriga bergtunnelanläggningar) (G15-003) med tillhörande betongtunnlar och tråg vid norra och södra tunnelpåslaget (G15-002 och G18-001). I kapitlet redovisas även uttag av grundvatten ur brunnar (G15-006, G15-008 och G19-008) och uttag av ytvatten ur dike till Norasjön (Y19-017) och Långsjön (Y17-001) för processvatten för tunneldrivning och/eller skyddsinfiltration.

Delar av Tullgarnstunneln där risikexponerade objekt finns inom bedömt påverkansområde och som därmed kan innebära negativa effekter är:

- G15-002, km 15+130–15+339
- G15-003, km 15+339–18+784
- G15-006, km 15+850
- G15-008, km 15+250
- G18-001, km 18+784–19+245
- G19-008, km 19+100

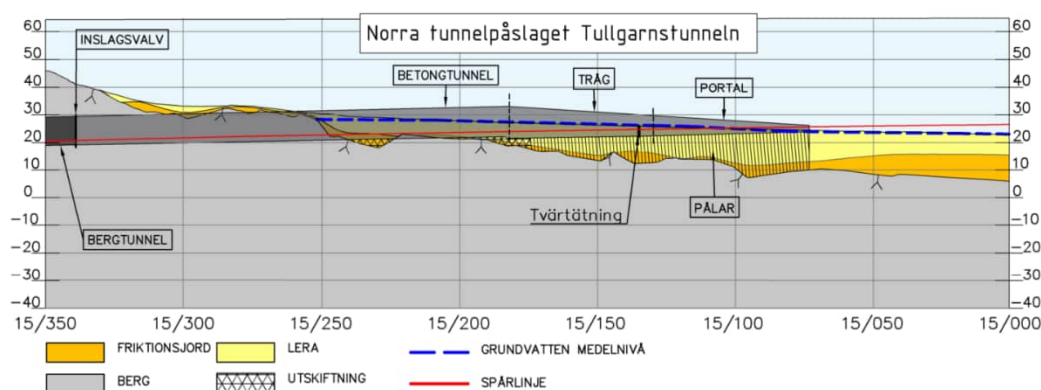
7.3.1.1. Förutsättningar

Norra påslaget Tullgarntunneln

Vid km 15+130 till km 15+339 går järnvägen i ett tråg följt av en tät betongtunnel med tät botten (G15-002) som ingår i norra påslaget Tullgarnstunneln, se Figur 24. Vid anläggandet av tråg och betongtunnel kommer det krävas temporär bortledning av grundvatten i byggskedet. Tunnelmynningen har projekterats som en tät konstruktion i

huvudsak för att förhindra att grundvatten dränerar ner mot Tullgarnstunneln. Vid tråget och betongtunneln vid Tullgarnstunnelns norra påslag, i den södra delen av Lindefältet, bedöms lermäktigheten vara tillräckligt stor under schaktbotten för att kontakt med den underliggande friktionsjorden inte ska uppstå. Tråget sträcker sig fram till km 15+182 där den övergår i betongtunnel. Tråget anläggs så att grundvatten inte rinner in i anläggningen där tråget står i kontakt med fyllnadsmassorna kring betongtunneln. På så sätt minskar även påverkan på grundvattenmagasinet Lindefältet i driftskedet.

Vid norra påslaget Tullgarnstunneln placeras ett brandvattenmagasin (G15-009) som rymmer 130 m³. Brandvattenmagasinet anläggs som en tät betongkassun i anslutning till schakt för tråget (G15-002).



Figur 24: Profil över norra tunnelpåslaget Tullgarnstunneln. Profil kan ses i större format i Bilaga C7 Profiler över spårlinjen.

Tullgarnstunnelns bergtunneldel

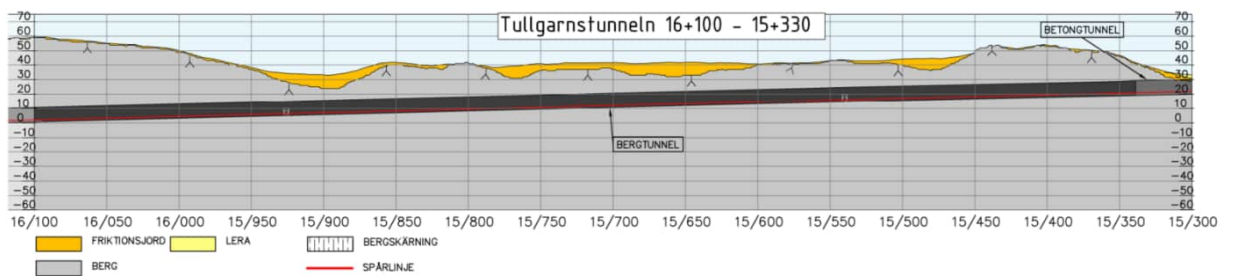
Därefter övergår betongtunneln till en cirka 3,5 kilometer lång bergtunnel (G15-003) mellan km 15+339 och km 18+784, se Figur 25 till Figur 28. Profilerna kan även ses i större format i Bilaga C7 Profiler över spårlinjen.

Lokaliseringen av järnvägen på sträckan har till stor del valts för att minska omgivningspåverkan och därför har järnvägen förlagts i tunnel under Natura 2000-området Tullgarn Södra i stället för att gå i ytläge. Tunneln passerar främst genom ett höjdområde med berg i dagen eller tunna moränjordar med mindre lerfyllda dalgångar. Grundvattenmagasinet i jord består främst av mindre magasin i de lerfyllda dalgångarna.

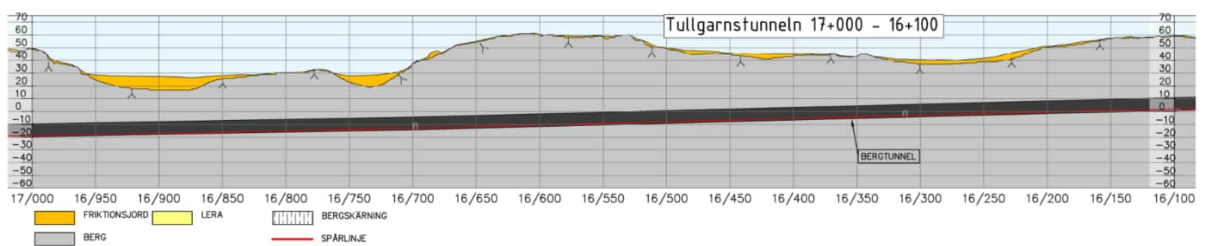
En arbetstunnel vid cirka km 16+000 kopplas på huvudtunneln vid km 16+300. En tillfartstunnel planeras även anslutas i höjd med km 18+070. Arbetstunneln i norr är cirka 450 meter lång och går igenom ett kuperat höjdområde med berg i dagen. Tillfartstunneln är knappt 400 meter lång och går igenom ett mindre höjdområde med berg i dagen. Arbetstunneln har inte någon permanent funktion, medan tillfartstunneln har en permanent funktion, både som tillfartstunnel och utrymningsväg i driftskedet. Arbetstunneln och servicetunnelns påverkan bedöms samlat med bergtunneln och beskrivs nedan.

Tunnlarna innebär en permanent grundvattenpåverkan i berget runt tunneln på grund av inläckande grundvatten till tunneln. De delavrinningsområden som berörs är delavrinningsområde (ID 654187-160052) som avvattnas mot Sörsjön, Långsjöns delavrinningsområde (ID 654582-159349) och delavrinningsområde till Norasjön (ID 653840-160114). I de relativt smala dalgångarna överlagras moränen av lera och

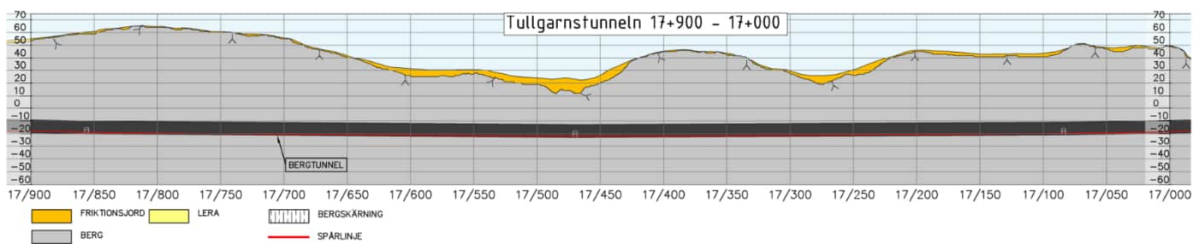
mätningar av grundvattennivåerna visar på högt grundvattentryck inom dessa områden. Sonderingar i fält har visat på lerdjup om i huvudsak mellan 5 och 10 meter i lerdalarna längs med den planerade järnvägsanläggningen.



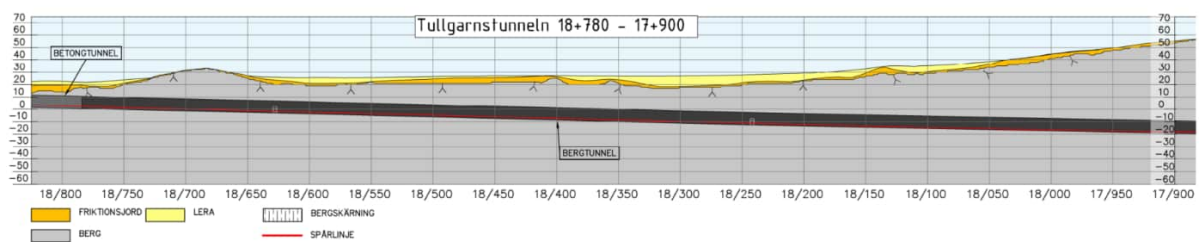
Figur 25: Tullgarnstunneln i profil mellan km 15+330 och km 16+100.



Figur 26: Tullgarnstunneln i profil mellan km 16+100 och km 17+000.



Figur 27: Tullgarnstunneln i profil mellan km 17+000 och km 17+900.

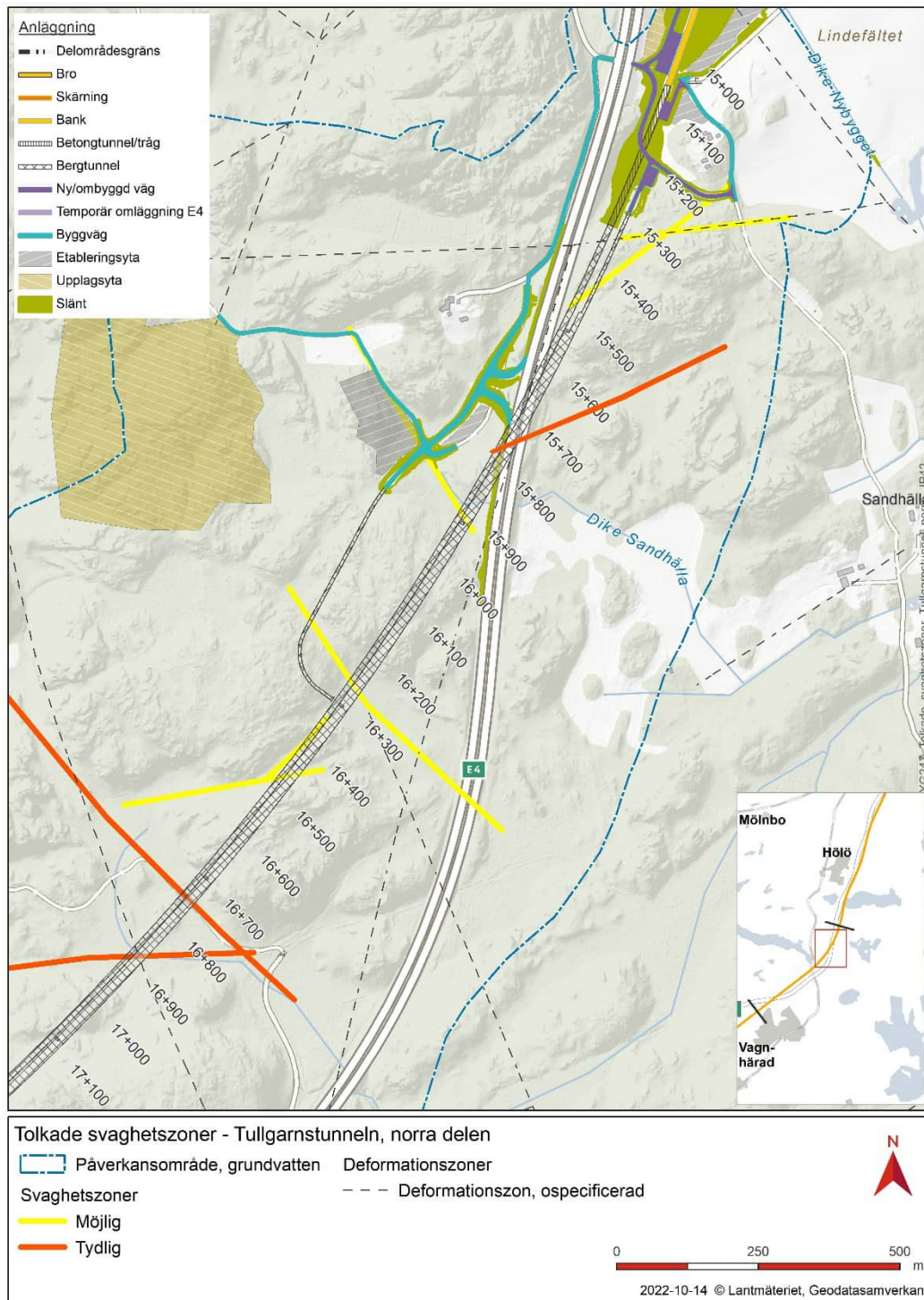


Figur 28: Tullgarnstunneln i profil mellan km 17+900 och km 18+780. Profiler kan ses i större format i Bilaga C7 Profiler över spär linjen.

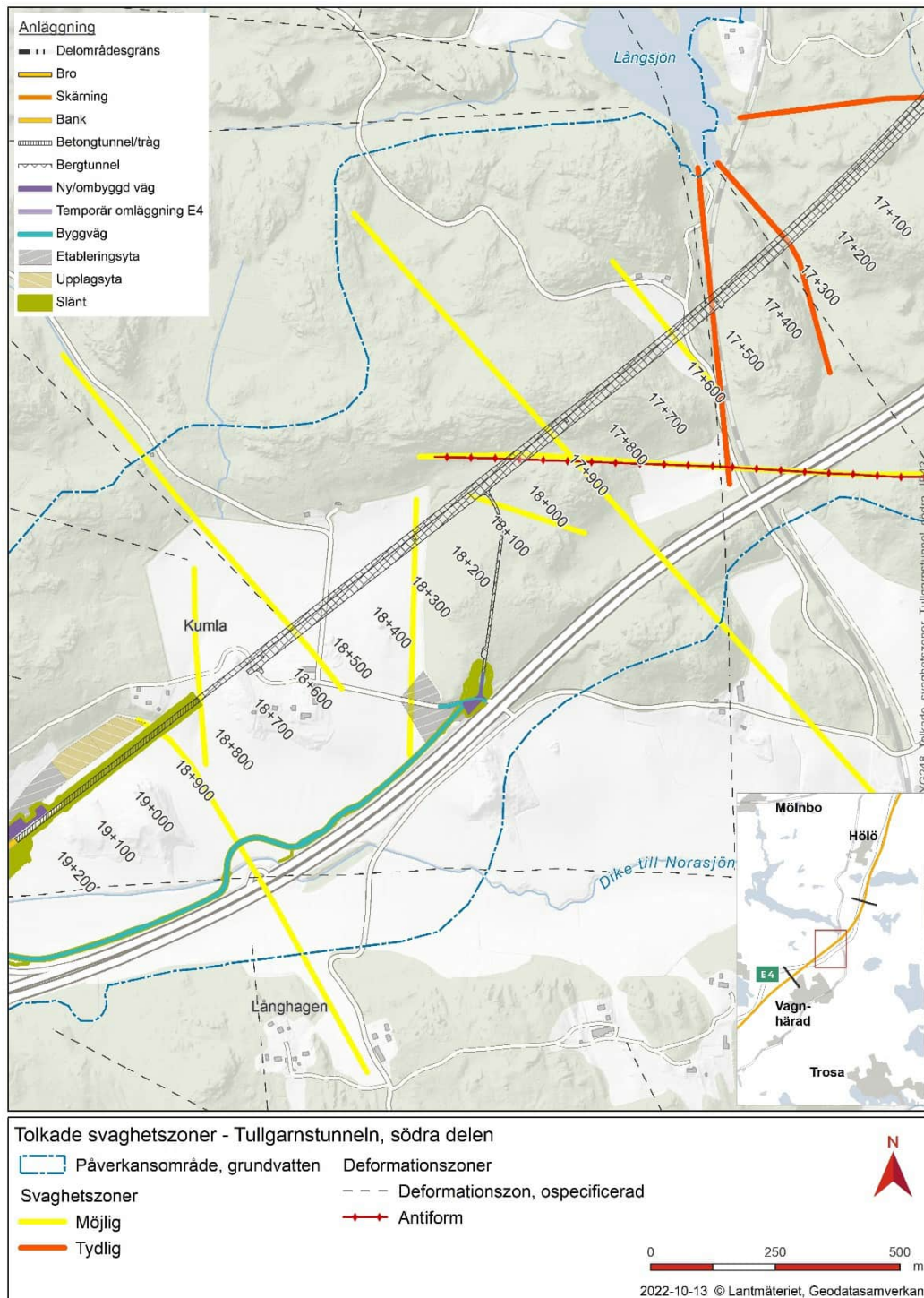
Tullgarnstunneln korsar ett flertal potentiella svaghetszoner. Svaghetszonerna har, efter bergtekniska undersökningar och utredningar, tolkats inom projektet och delats in i de tre klasserna, "möjliga", "troliga" och "tydliga" enligt nedan kriterier. Det förekommer inga svaghetszoner som har klassats som troliga längs med Tullgarnstunneln.

- Svaghetszoner som enbart baseras på lineamenttolkning benämns som "möjliga"
- Svaghetszoner som baseras på lineamenttolkning och där bergmassan vid kartering av berg i dagen bedöms uppvisa mineraler, strukturer eller andra indikationer relaterade till svaghetszoner benämns som "troliga"
- Svaghetszoner som baserats på lineamenttolkning och där bergmassan vid kartering av berg i dagen tydligt uppvisar mineraler, strukturer eller andra indikationer relaterade till svaghetszoner benämns som "tydlig". Vidare bedöms en zon som "tydlig" i de fall där lineamentets utbredning korsas av kärnborrhål som lokalt uppvisar tydliga tecken på markant försämrad bergkvalitet, alternativt lineament som korsar karterad bergskärning som uppvisar tydliga tecken på markant försämrad bergkvalitet.

Förekommande svaghetszoner redovisas med tillhörande klassning i Figur 29 (norra delen) respektive Figur 30 (södra delen). Dess lägen motsvarar bedömd zonutbredning vid markytan, tolkat utifrån topografiska lineament. Svaghetszonernas läge på tunnelnivå är, för de zoner som inte undersökts vidare med kärnbörning och efterföljande kartering av borrhärna, osäker. I figurerna redovisas även deformationszoner som är områden, tolkade av SGU, med sämre bergkvalitet som skapats av stora rörelser i berggrunden.



Figur 29: Översiktskarta över tolkade svaghetszoner längs sträckan km 15+000 till 17+100. Det förekommer inga svaghetszoner som har klassats som troliga längs med Tullgarnstunneln.



Figur 30: Översiktskarta över tolkade svaghetszoner längs sträckan km 17+100 till 19+200. Det förekommer inga svaghetszoner som har klassats som troliga längs med Tullgarnstunneln. Antiform bedöms inte påverka berggrundens vattenförande egenskaper.

Ett flertal av de tolkade svaghetszonerna har verifierats i fält genom kärnborring med efterföljande kartering av borrhälen. Därtill har vattenförlustmätningar utförts i ett urval av kärnborrhälen (totalt sju). De zoner som genom utförda vattenförlustmätningarna verifierats som vattenförande, och därmed bedöms ha en stor betydelse för vattentransporten i berget redovisas i Tabell 6 nedan med tolkad utbredning längs tunneln, zombredd samt utvärderade hydrauliska egenskaper.

Tabell 6. Verifierat vattenförande zoner som identifierats längs Tullgarnstunneln. Utbredning i förhållande till spårlinjen, bedömd zonbredd, samt tolkad transmissivitet och tolkad hydraulisk konduktivitet för zonen. Zonnummer följer tidigare framarbetade beteckningar.

Zon enligt IP	Från km	Till km	Zonbredd	T_{zon} [m ² /s]	K_{zon} [m/s]	Aktuellt borrhål/data
#84	15+744	15+759	30	$1,30 \times 10^{-6}$	$4,3 \times 10^{-8}$	OLP4K308
#167	17+264	17+284	10	$1,50 \times 10^{-6}$	$1,5 \times 10^{-7}$	OLP4K316
#166	17+464	17+500	20	$1,40 \times 10^{-7}$	$7,0 \times 10^{-9}$	OLP4K318

Skyddsinfiltration vid Nyköpingsbanan och uttag av vatten ur Långsjön

Vid cirka km 17+500 passerar den befintliga Nyköpingsbanan ovanför Tullgarnstunneln. Dokumentation om eventuella grundförstärkningar för Nyköpingsbanan på denna sträcka är bristfällig och det är därför osäkert hur sättningskänslig den är. För att motverka sättningar på Nyköpingsbanan kan skyddsinfiltration behövas.

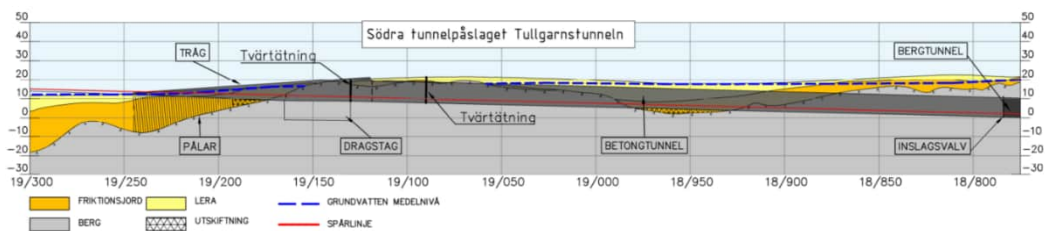
Vatten till skyddsinfiltration för att skydda Nyköpingsbanan kommer att tas ur den närliggande sjön Långsjön (Y17-001). Uttaget av vatten ur Långsjön planeras genom att en pump installeras i sjön och förses med galler eller spalter för att förhindra att fisk skadas vid vattenuttaget. Vattenledning anläggs i vattenområdet. Uttagsbehovet av vatten från Långsjön bedöms bli upp till 5 l/s. Skyddsinfiltration, och därmed uttag från Långsjön, kan komma att behövas i både bygg- och driftskede.

Ytterligare undersökningar av lermäktigheter och jordens egenskaper vid Nyköpingsbanan behöver utföras för att utreda vilka åtgärder utöver skyddsinfiltration som kan komma att behövas vidtas för att motverka sättningar.

Södra påslaget Tullgarnstunneln

Vid km 18+790 faller bergytan av samtidigt som profilen för järnvägslinjen stiger vilket leder till en succesivt minskad bergtäckning, Figur 31. Vid km 18+784 till km 19+245 passerar järnvägsanläggningen Magasin Vagnhärad och går parallellt med Magasin Vagnhärad östra. Den södra Tunnelmynningen till Tullgarnstunneln ligger inom översvänningsområde för Dike till Norasjön. För att förhindra inläckage av ytvatten eller grundvatten till Tullgarnstunneln samt undvika permanent grundvattenavsänkning under driftskedet kommer anläggningen att utformas som en tät konstruktion i form av en tät betongtunnel med tät botten följt av betongtråg (G18-001) på sträckan km 18+784–19+245 som ingår i södra påslaget Tullgarnstunneln. Högvattennivåerna ligger högt kontra tunnelpåslaget och det finns risk för inläckage redan vid ett 50-årsregn om inte åtgärder vidtas. För att förhindra inflöde av yt- och grundvatten till tunneln planeras tryckbanken att göras tät och med en krönnivå på +14 (Y19-005). Åtgärderna kommer att skydda anläggningen mot flöden som kan uppkomma vid regnklass 3 (högsta dimensionerande regnklass).

Tråg och betongtunnel anläggs även för att hindra att det sker en permanent avsänkning av grundvattennivåerna. Det kommer däremot att ske en temporär grundvattenbortledning för att hålla schakterna torra under byggtiden. Även en viss, mindre permanent grundvattensänkning kan ske runt tråg och betongtunnel även i driftskedet, se kapitel 7.3.1.2.



Figur 31: Profil över södra tunnelpåslaget till Tullgarnstunneln. Profil kan ses i större format i Bilaga C7 Profiler över spårlinjen.

7.3.1.2. Påverkan

Temporär påverkan uppstår vid anläggande av anslutande tråg och betongtunnlar till Tullgarnstunneln. Grundvattenbortledning vid uttag av processvatten (G15-008) för tunneldrivningen vid Tullgarnstunneln vid km 15+250 och uttag av processvatten (G15-006) till Tullgarn arbetstunnel vid km 15+800 skapar också en temporär grundvattensänkning i mindre uppbrutna grundvattenmagasin. Ett uttag av processvatten från grundvatten (G19-008) planeras även vid km 19+000 för tunneldrivningen vid Tullgarnstunnelns södra påslag.

En permanent grundvattensänkning kan även uppstå i driftskedet runt tråg och betongtunnel vid norra och södra tunnelpåslaget Tullgarnstunneln då de genomsläppliga fyllnadsmassorna bidrar till att dränera bort de högsta grundvattennivåerna. Eftersom grundvattnet endast dräneras vid höga grundvattennivåer innebär den permanenta avsänkningen inte någon risk för några riskexponerade objekt.

Samtidigt kan dämning uppstå i läge för södra betongtunneln under driftskedet. För att förhindra att det blir våtare förhållanden i åkermarken uppströms kommer dränering att utföras och anslutas till åkerdräneringen. En eventuell dämning bedöms därmed inte innebära några effekter på riskexponerade objekt.

Uttaget av grundvatten för processvatten kan komma att ske i jord för södra tunnelpåslaget men i övrigt sker grundvattenuttaget i berg vilket även kan bidra till en temporär avsänkning i friktionsjorden där det finns en kontakt med vattenförande sprickor i berget. Därmed finns det även risk för kompression av lera och att det blir sättningar till följd av uttaget.

Ansökan omfattar även uttag av processvatten från Dike till Norasjön (Y19-017). Medelvattenföringen i Dike till Norasjön beräknas till cirka 50 l/s och medel av årshögstaflöde är beräknat till 370 l/s. Medel av årslägst flöde är svåruppskattat. Diket har vid provtagningstillfällen som skett varit uttorkat i en lokal uppströms E4. Det ger en indikation på att medel av årslägst flöde innebär att diket tidvis är uttorkat eller nästintill torrt. Uppskattade volymer av uttaget av processvatten redovisas i *Teknisk beskrivning vattenverksamhet*, Bilaga C till ansökan för vattenverksamhet.

Planerade tätningsåtgärder för Tullgarnstunneln innebär ett inläckage till tunneln motsvarande drygt 80 % av grundvattenbildningen. Den södra delen av Tullgarnstunneln (km 17+150–18+784) ligger delvis inom tillrinningsområdet till SGU:s tolkade grundvattenmagasin som innefattar grundvattenförekomsten vid Fredriksdal, hädanefter benämnt Magasin Vagnhärad Norra.

Grundvattenbildningen till berg kommer sannolikt att öka under byggskede och i driftskede då en större tryckgradient uppkommer mellan grundvattenmagasin i jord och grundvattenmagasin i berg då avsänkningen av grundvattennivåer är större i berg än i

jord. Den ökade grundvattenbildningen till berg motverkar en ytterligare utbredning av påverkan i berg.

Det förväntade inläckaget till bergtunnlarna presenteras i Tabell 7. Det totala inläckaget till planerade bergtunnlar har beräknats som summan av det inläckage som bedöms ske via normalberg (typinläckage) och det inläckage som bedöms ske via verifierat vattenförande zonberg (zoninläckage). Utförda beräkningar av zoninläckage omfattar enbart de zoner som verifierats i samband med fältundersökningar (geofysik, lineamentstolkning och/eller kärnkartering av borrhärna) samt ansetts vara av betydelse för vattentransporten i berget, se Bilaga D.2.3. *PM Beräkningar Grundvatten*. Beräkningarna är gjorda utifrån en analytisk beräkningsmodell vilket innebär att grundvattennivån är statisk och tillgången av grundvatten är oändlig vilket medför att inläckaget kan vara överskattat. Över tid kommer grundvattennivåerna att sänkas av vilket minskar tryckskillnaden mellan berg och tunnel vilket sannolikt även minskar inläckaget.

För delar av Tullgarntunneln som passerar mindre grundvattenmagasin kommer inläckaget att bero på nederbördsvariationer då inläckaget överstiger grundvattenbildningen.

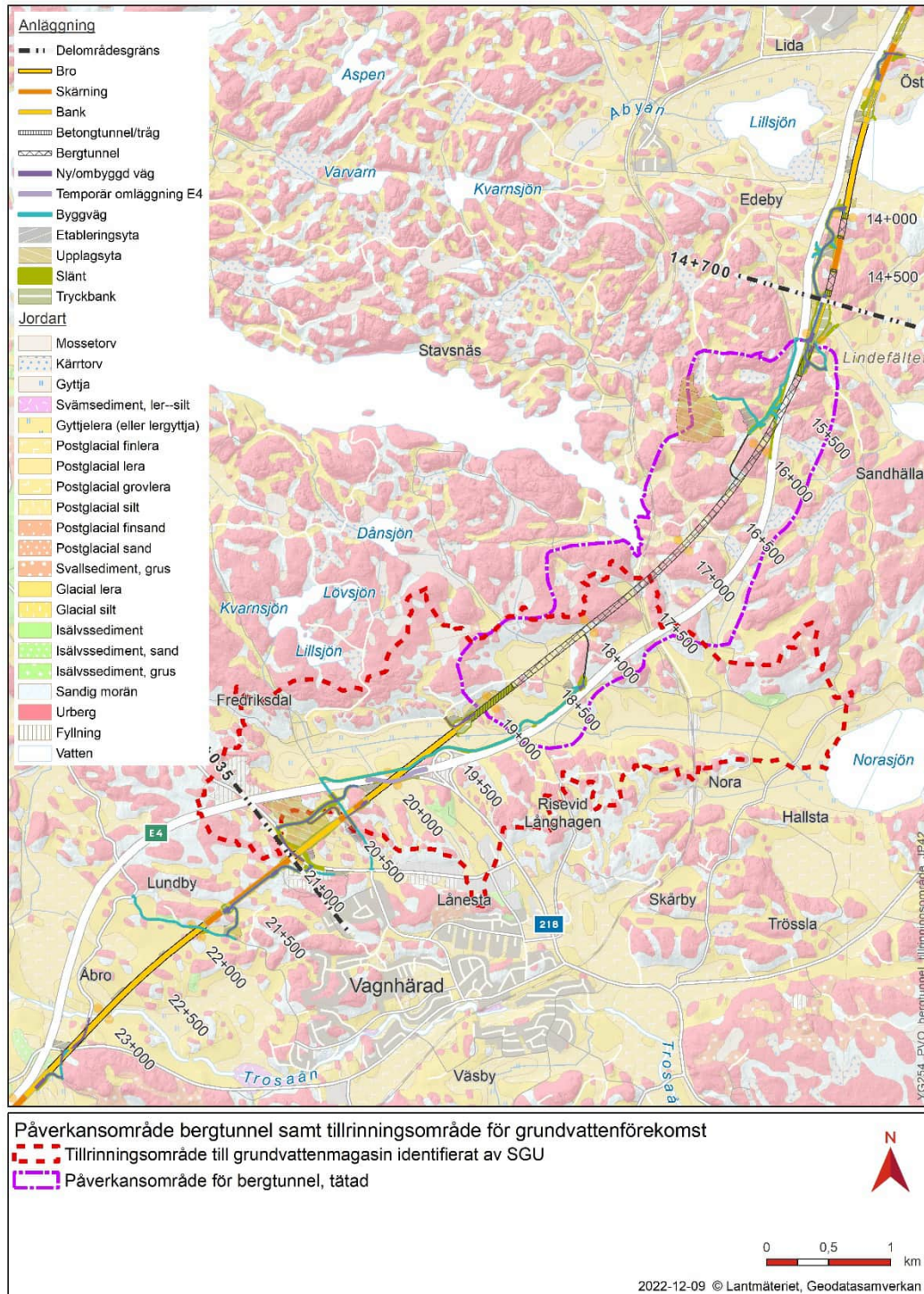
Tabell 7. Beräknat inläckage till Tullgarnstunneln, arbetstunneln och tillfartstunneln, där typinläckage är det inläckage som bedöms ske via normalberg och zoninläckage det inläckage som bedöms ske via verifierat vattenförande zonberg. Inläckaget till Tullgarnstunneln inkluderar både huvudtunnel och servicetunnel.

Tunnel	Delsträcka km-tal	Typ- inläckage	Typ- inläckage	Zon- inläckage	Totalt inläckage
		(l/min/100 m)	(l/min)	(l/min)	(l/min)
		Planerat utförande	Planerat utförande	Planerat utförande	Planerat utförande
Tullgarns- tunneln	15+339– 15+950	17	105	6	111
	15+950– 16+330	27	103	-	103
	16+330– 17+150	10	85	-	85
	17+150– 17+450	28	83	2	86
	17+450– 17+570	21	25	1	26
	17+570– 18+784	29	357	-	357
	15+339– 18+784	22	760	10	770
Arbets- tunnel Tullgarn norr	0+045– 0+534	16	76	-	76
Tillfarts- tunnel Tullgarn syd	0+017– 0+424	13	54	-	54

Påverkansområdet för Tullgarnstunneln visas bland annat i Figur 32. Avgränsningen är gjord med stöd av resultat från analytiska och numeriska beräkningar i kombination med konceptuella tolkningar och erfarenhetsmässiga bedömningar.

Ett påverkansområde har tagits fram för Tullgarnstunneln där den totala påverkan från vattenverksamheter i området ingår. Tullgarnstunneln (inklusive arbets- och tillfartstunnel) kommer att ge en sänkning av grundvattennivåerna i både bygg- och driftskedet på grund av inläckage av grundvatten. Eftersom Tullgarnstunneln är belägen i ett kuperat höjdområde med mindre avgränsade grundvattenmagasin i framför allt tunna moränjordar blir påverkan från bergtunneln begränsad i utbredning. Tillämpade beräkningsmetoder, antaganden och resultat för beräkningar av påverkansområden, inläckage samt vattenbalanser framgår av Bilaga D.2.3 *Beräkningar grundvatten* där även resonemang om beräkningsosäkerheter finns. Påverkansområdet förutsätter att planerade skadeförebyggande åtgärder i form av täta tråg och betongtunnlar norr och

söder om bergtunneln samt konventionell injektering på sträckan km 17+150–18+784 vidtas.



Figur 32: Tillrinningsområdet för SGU:s tolkade grundvattenmagasin, som innefattar grundvattenförekomsten vid Fredriksdal och delmagasin Vagnhärad Östra och Vagnhärad Norra, jämfört med påverkansområdet från tunneln.

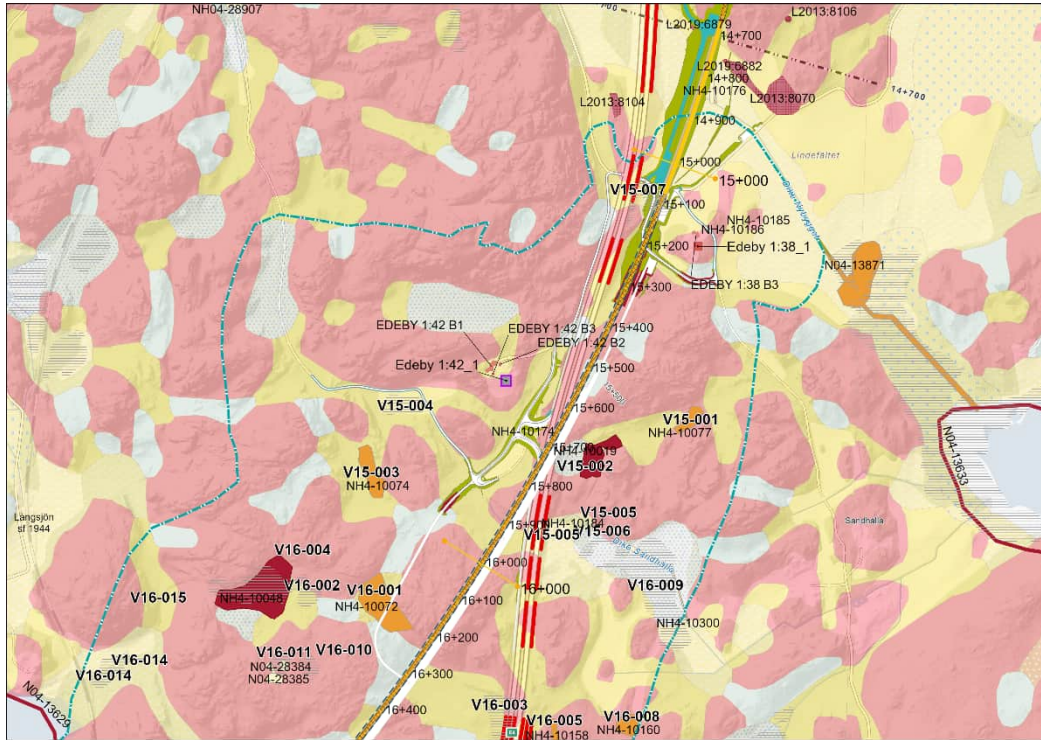
7.3.1.3. Riskexponerade objekt

Inom påverkansområdet för Tullgarnstunneln som inkluderar vattenverksamheterna G15-002, G15-003, G15-006, G15-008, G18-001, G19-008 och Y17-001 förekommer följande riskexponerade objekt:

- Grundvattenförekomst vid Fredriksdal
- Magasin Vagnhärad östra
- Brunn med okänd användning (Edeby 1:42_1, Trosa-Kumla S:1_3 och Fridens Torp)
- Grävd brunn (Trosa-Kumla 1:2_1 och Trosa-Kumla S:1_fritidshus)
- Borrard brunn (Edeby 1:38_1, Trosa-Kumla S:1_1, Stortorp 2:2_1 och Nora 1:1)
- Torrlägningsföretag Fredriksdal-Kumla år 1944
- Norasjöns sjösänkingsföretag år 1944
- E4
- Nyköpingsbanan vid km 17+500
- Byggnader med grundvattenberoende grundläggning (Edeby 1:38 B3, Edeby 1:42 (B1, B2 och B3), Kumla S:1 (B5, B10, B18), Fredriksdal 2:2 (B1, B19, B23 och B5)
- 7 dagvattenledningar
- Våtmarker utan naturvärde (V15-004, V15-005, V15-007, V16-001, V16-002, V16-003, V16-010, V16-012, V16-013, V16-014, V16-015, V17-005, V17-006, V17-007, V17-008)
- Våtmark V15-001 (Sumpskog NH4-10077)
- Våtmark V15-002 (Sumpskog NH4-10019)
- Våtmark V15-003 (Sumpgranskog NH4-10074)
- Våtmark V15-006 (Småvatten NH4-10184)
- Våtmark V16-001 (Sumpskog NH4-10072)
- Våtmark V16-004 (Sumpblandskog NH4-10048)
- Våtmark V16-005 (Sumpgranskog NH4-10158)
- Våtmark V16-006 (Lövsumpskogar NH4-10310)
- Våtmark V16-007 (Sumpblandskog NH4-10159)
- Våtmark V16-008 (Sumpblandskog NH4-10160)
- Våtmark V16-009 (Dike Sandhälla No4-13641)
- Våtmark V16-011 (Sumpskogar No4-28384 och No4-28385)
- Våtmark V17-001 (Sumpskog NH4-10313)
- Våtmark V17-002 (Lövsumpskog NH4-10161)
- Våtmark V17-003 (Sumpskog No4-28383)
- Våtmark V17-004 (Småvatten No4-28382)
- Våtmark V18-001 (Sumpskog No4-28381)
- Våtmark V18-002 (Sumpskog NH4-10315)
- Våtmark V18-003 (Myr NH4-13678)
- Dike Tullgarn (No4-13642)
- Långsjön (No4-13629)
- Dike till Norasjön (No4-13645, NH4-10226 och No4-13635)
- Övrig kulturhistorisk lämning (Lägenhetsbebyggelse L1982:7840)

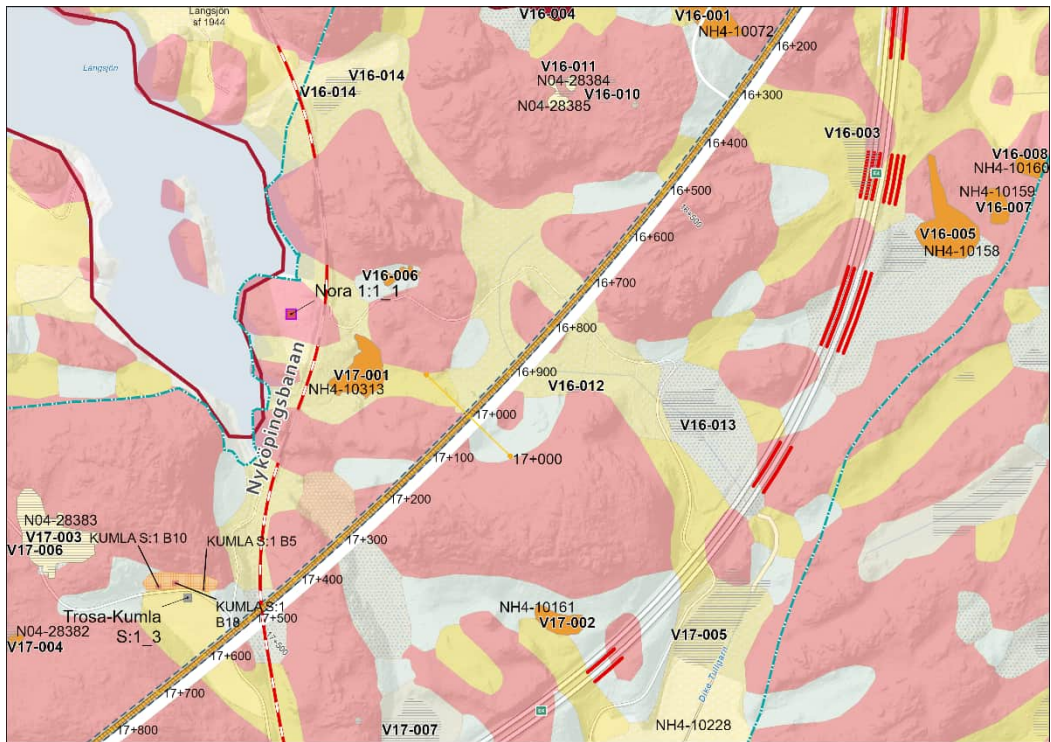
- Grundvattenkänslig fornlämning (Boplatsområde L2019:1275)
- Möjlig fornlämning (Stensättning L1984:8409)

Figur 33 visar en översikt över vattenverksamheten och de riskexponerade objekten vid Norra tunnelpåslaget Tullgarnstunneln (G15-003 och G15-002).



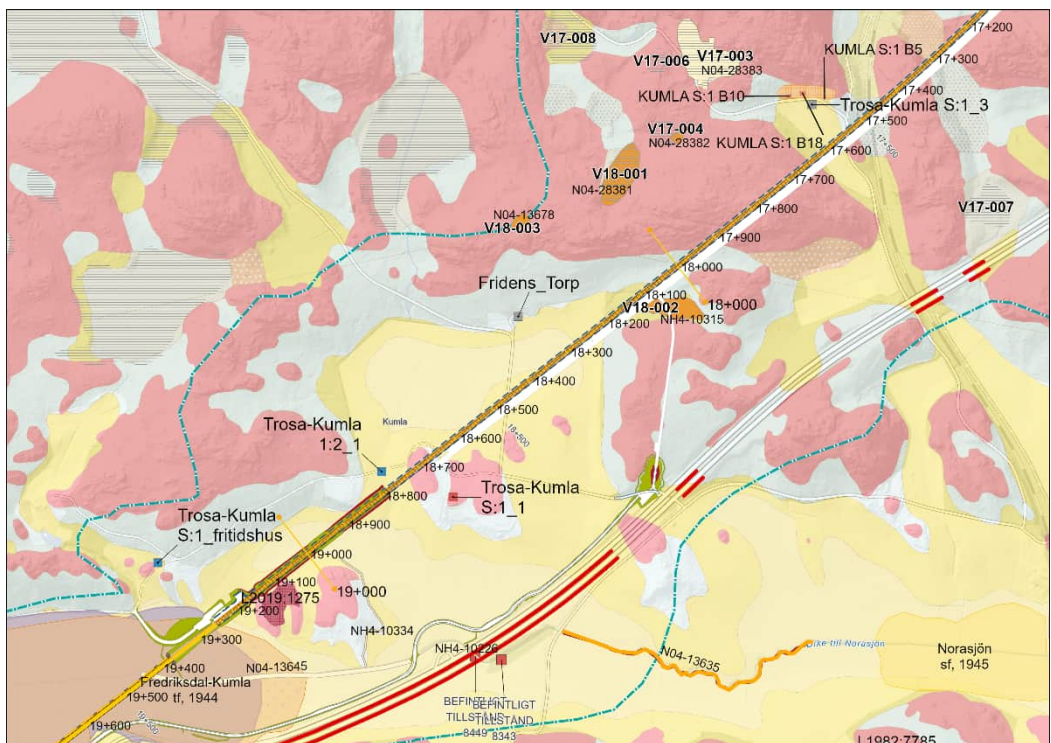
Figur 33: Riskexponerade objekt längs norra Tullgarnstunneln och norra tunnelpåslaget Tullgarnstunneln. För legend, se Figur 22 och Figur 23.

Figur 34 visar en översikt över vattenverksamheten och de riskexponerade objekten vid de centrala delarna av Tullgarnstunneln (G15-003).



Figur 34: Riskexponerade objekt längs de centrala delarna av Tullgarnstunneln. För legend, se Figur 22 och Figur 23.

Figur 35 visar en översikt över vattenverksamheten och de riskexponerade objekten vid Södra tunnelpåslaget Tullgarnstunneln (G15-003 och G18-001).



Figur 35: Riskexponerade objekt längs södra Tullgarnstunneln och södra tunnelpåslaget Tullgarnstunneln. För legend, se Figur 22 och Figur 23.

Påverkan från vattenverksamheten vid bergtunneln (G15-003) blir permanent. Förläggning i bergtunneln innebär att järnvägsanläggningen går under mark i merparten av passagen av Natura 2000-området Tullgarn Södra. Det finns dock inte några Natura 2000-naturtyper som är grundvattenberoende och bedöms kunna ta skada av grundvattensänkning eller annan vattenverksamhet.

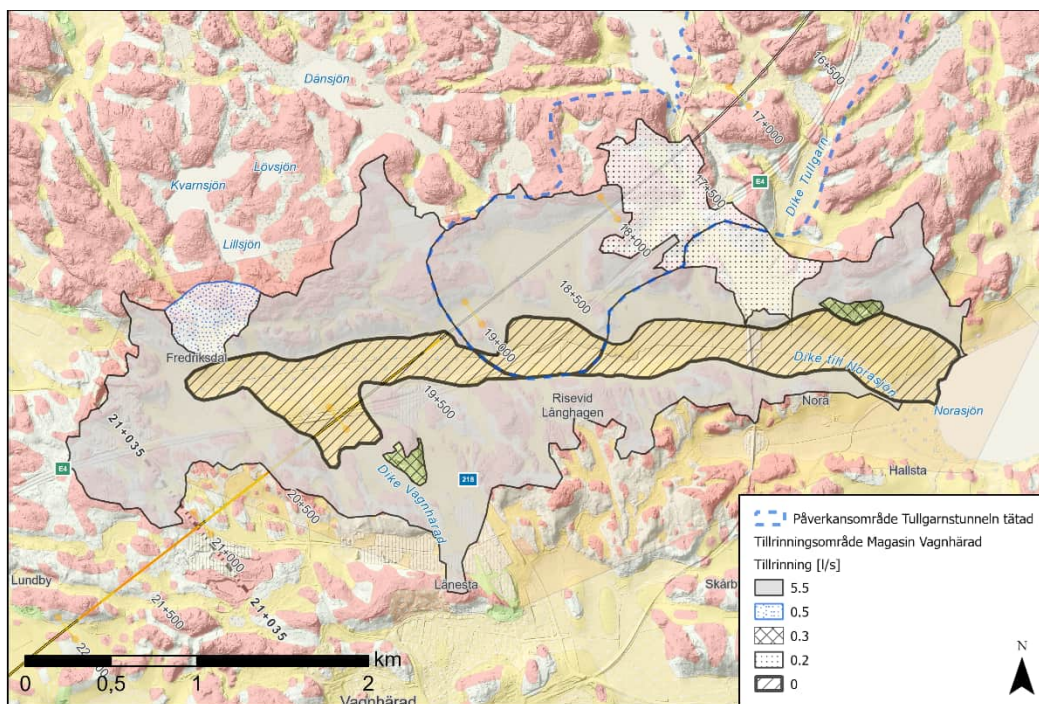
Magasin Vagnhärad och grundvattenförekomst vid Fredriksdal

Grundvattenförekomsten vid Fredriksdal, som ligger inom delmagasin Vagnhärad Norra, kommer att påverkas av temporär grundvattenbortledning i samband med anläggandet av tråg och betongtunnel invid det södra tunnelpåslaget, se Figur 35.

Mindre, permanent grundvattenpåverkan kan uppstå i driftskedet, då de genomsläppliga fyllnadsmassorna runt tråg och betongtunnel kan komma att dränera de högsta grundvattennivåtopparna. Dräneringen bedöms dock enbart komma att påverka tillrinningen till grundvattenförekomsten marginellt. Eftersom vare sig grundvattensänkningen i samband med anläggningsarbeten eller den permanenta dräneringen påverkar grundvattenförekomstens kvantitet eller kvalitet bedöms planerad anläggning inte medföra någon effekt på grundvattenförekomsten.

Delmagasin Vagnhärad Östra kan komma att påverkas permanent genom minskad tillrinning till följd av bortledning av grundvatten inom dess tillrinningsområde genom inläckage till Tullgarnstunneln (G15-003). Den minskade tillrinningen skulle potentiellt kunna medföra försämrade framtida uttagsmöjligheter från delmagasinet, som ingår i ett av SGU identifierat grundvattenmagasin (magasinsidentitet 250300030).

Geografiskt sett omfattar bergtunnelns bedömda påverkansområde cirka 1,4 km² (motsvarande drygt 30%) av det bedömda tillrinningsområdet till det av SGU:s identifierade grundvattenmagasinet (250300030) (se Figur 36). De delar av tillrinningsområdet till grundvattenmagasinet (250300030) som ligger utanför bergtunnelns påverkansområde bedöms således inte komma att påverkas, utan fortsatt bidra med tillrinning. Enligt SGU:s uppskattningar av tillrinning bidrar det överlappande området (påverkansområde/tillrinningsområde) med en tillrinning om cirka 1,25 l/s, vilket motsvarar knappt 20 % av den totala tillrinningen. Under förutsättning att tunnelanläggningen skulle ta all bedömd tillrinning inom det geografiskt överlappande området skulle således en minskning av tillrinning i denna storleksordning (20 %) kunna ske.



Figur 36: Bedömda tillrinningsytor som bildar tillrinningsområde till det av SGU identifierade grundvattenmagasinet (med magasinidentitet 250300030). Tillrinningsområdet sammanfaller med tillrinningsområden för delmagasin Vagnhärad Norra och Östra. (SGU, 2022)

Artesiska grundvattenförhållanden i kombination med att grundvatten i stor utsträckning bräddar till dräneringsdiken och avleds ytligt tyder på att det generellt finns ett överskott av vatten i området vid delmagasin Vagnhärad Norra och Östra i stort. Grundvattensystemet har således relativt goda förutsättningar att motstå påverkan från grundvattenbortledning. Grundvattenbortledningen bedöms i första hand kunna medföra risk för minskade flöden i förekommande dräneringsdiken mot Norasjön till följd av minskad omfattning av bräddning, snarare än att påverka uttagsmöjligheter i grundvattenformationen.

I SGU:s bedömningsgrunder (SGU 2013) för grundvatten utgår bedömningar av risk för påverkan vad avser grundvattnets kvantitativa tillstånd generellt från hur stor andel av den bedömda grundvattenbildningen som används för uttag. Skulle man likställa det uppskattade bortfallet av tillrinning (20 %) med ett vattenuttag skulle risken för påverkan enligt bedömningsgrunderna klassas som måttlig. Bedömningsgrunderna är, enligt uppgift från SGU, inaktuella vad gäller bedömning av påverkan på grundvattenmagasin. Bedömningsgrunderna har trots det, i detta fall, bedömts som relevanta som stöd för att kvantifiera effektbedömningen på grundvattenmagasinet. Magasin Vagnhärad östra riskerar även att påverkas av södra tunnelpåslaget Tullgarnstunneln.

Påverkansområdet från uttaget av processvatten vid km 19+000 (G19-008) går inom Magasin Vagnhärad östra. Påverkansområdet hamnar i huvudsak inom en del av magasinet som SGU klassat med en uttagskapacitet på < 1 l/s. Eftersom uttaget av processvatten sker under en begränsad tid bedöms effekten på Magasin Vagnhärad östra som obetydlig.

Den sammantagna effektbedömningen från samtliga vattenverksamheter som påverkar Magasin Vagnhärad östra, där uttaget från bergtunneln främst styr, blir att magasinet

får en måttlig effekt. En tillfällig påverkan bedöms även på grundvattenförekomst vid Fredriksdal motsvarande måttlig effekt eftersom bortledningen vid tråg och betongtunnel vid södra tunnelpåslaget Tullgarnstunneln i byggskedet ändå kan vara betydande. En tillfällig grundvattensänkning som ger upphov till en måttlig effekt på grundvattenförekomsten bedöms som acceptabel eftersom grundvattenförekomsten inte nyttjas för dricksvattenuttag och det finns heller inga planer på en sådan användning. Om en kommunal vattentäkt ändå skulle bli aktuell i framtiden skulle ett sådant uttag kunna bidra till en kumulativ effekt på förekomsten. Den sammanvägda effekten beror på vart dessa potentiella uttagsbrunnar skulle placeras inom förekomsten.

Brunnar

Längs Tullgarnstunneln förekommer ett antal brunnar där tre av brunnarna har okänd användning (Trosa-Kumla S:1_3, Edeby 1:42_1 och Fridens Torp), en grävd brunn (Trosa-Kumla 1:2_1) och fyra är borrade brunnar (Trosa-Kumla S:1_1, Edeby 1:38_1, Nora 1:1 och Stortorp 2:2). Brunn Edeby 1:42_1 är också en borrade brunn baserat på dess djup enligt uppgifter i SGU databas, även om användningen är okänd. Dessa riskerar att påverkas av den permanenta grundvattensänkningen från tunneln. Brunnarna Trosa-Kumla 1:2_1, Trosa-Kumla S:1_1 hamnar även inom påverkansområdet för uttaget av processvatten (G19-008). Brunnarna Edeby 1:38_1 och Edeby 1:42_1 hamnar även inom påverkansområdet från uttag av processvatten från G15-008 respektive från G15-006. Effektbedömningen för dessa brunnar anges som en sammanvägd bedömning av påverkan från Tullgarnstunneln och det temporära uttaget av processvatten.

Brunnarna med okänd användning har okänt djup och det finns därmed en risk att dessa skulle kunna påverkas permanent av avsänkningen. Samtliga brunnar med okänd användning ligger så pass nära bergtunneln att en omfattande bestående avsänkning, som innebär att brunnarna blir obrukbara, inte går att utesluta. Påverkan på brunnarna Trosa-Kumla S:1_3 och Fridens Torp bedöms därmed få en stor effekt. Även den grävda brunnen, Trosa-Kumla 1:2_1, som är grundare och därmed mer känslig för en grundvattensänkning riskerar att påverkas av bergtunneln. Den grävda brunnen på Trosa-Kumla 1:2_1 ligger i utkanten av påverkansområdet för bergtunneln och effekten från bergtunneln bedöms därmed som liten. Brunnarna Trosa-Kumla 1:2_1 kommer främst påverkas av anläggandet av tråg och betongtunnel (G18-001) vilket beskrivs vidare i nästkommande stycke. De bergborrade brunnarna är cirka 70–110 meter djupa och därmed mindre känsliga för en grundvattensänkning.

Brunnarna Edeby 1:38_1, Edeby 1:42_1 och Trosa-Kumla S:1_1 kommer påverkas av en betydande avsänkning från Tullgarnstunneln. Vid en jämförelse mellan planerat tunneldjup och brunnarnas djup bedöms ändå att brunnarnas funktion bör kunna bibehållas på grund av att tillräckligt stor vattenpelare i brunnarna kvarstår. Eventuellt kan brunnarna bli torra temporärt vid låga grundvattennivåer varför effekten från Tullgarnstunneln bedöms som måttlig för Edeby 1:38_1, Edeby 1:42_1 och Trosa-Kumla S:1_1.

Brunnarna Nora 1:1 och Stortorp 2:2_1 ligger båda i utkanten av påverkansområdet och avsänkningen bedöms bli liten. Avsänkningen blir försumbar i förhållande till brunnarnas djup på cirka 70–80 meter och effekten bedöms därmed som obetydlig.

Anläggandet av betongtunnel och tråg (G18-001) riskerar även att påverka den grävda brunnen (Trosa-Kumla 1:2_1) och en borrade brunn (Trosa-Kumla S:1_1). Eftersom dessa ligger på nära avstånd till tråg och betongtunnel riskerar båda att få en stor

påverkan från grundvattensänkningen i framför allt byggskedet men en permanent påverkan kan inte uteslutas, även med skyddsåtgärder. Brunnarnas vattenkvalitet riskerar även att påverkas permanent på grund av bland annat injektering av bergtunneln och arbetena vid tråg och betongtunneln vilket kan medföra risk för permanent, kemisk påverkan av dricksvattnet. Den sammanlagda effekten bedöms därför som stor för båda brunnarna.

Vid Vagnhärad riskerar en grävd dricksvattenbrunn Trosa-Kumla S:1_fritidshus påverkas av uttaget av processvatten. Uttaget av processvatten vid tunneldrivning av Tullgarntunnelns södra påslag och Tullgarns tillfartstunnel planeras under en byggtid motsvarande upp till 7 år, om arbetsordningen optimeras är den rimliga uttagstiden snarare cirka 4 till 4,5 år. I de grävda brunnarna är vattenpelaren generellt grundare och därmed mer känslig för en grundvattensänkning. Stor, temporär påverkan på brunnarna från uttaget av processvatten kan därför inte uteslutas som innebär att brunnarna blir obrukbara under en tid som motsvarar tiden för uttag av processvatten. Effekten bedöms som måttlig.

E4

Tråg och betongtunnel (G15-002) passerar delar av E4 som har grundvattenberoende grundläggning. E4 har grundvattenberoende grundläggning där den är grundlagd på lera och där sättningar kan uppkomma i leran vid en grundvattensänkning. I anslutning till schaktet för tråg och betongtunnel sker även en temporär grundvattenbortledning från schakt för brandvattenmagasin (G15-009). Sättningsberäkningar har utförts på E4 längs delar som riskerar att påverkas av den temporära grundvattenbortledningen. Vid km 15+000–15+100 och mellan km 15+200–15+400, se Figur 33, visar sättningsberäkningar att inga skadliga sättningar uppstår på E4.

Det förekommer även flertalet sträckor längs E4 fram till km 18+700, som kan påverkas av grundvattensänkningar från Tullgarnstunneln, där E4 ligger på sättningsbenägen mark. Merparten av dessa sträckor ligger i mindre lerfyllda dalgångar där lermäktigheten och därmed sättningskänsligheten bedöms vara begränsad. Det är där osäkert vilka förstärkningsåtgärder som har utförts och hur mycket sättningskänslig lera som finns kvar under vägbanken. Vidare undersökningar kommer utföras för att undersöka lermäktigheter och jordens egenskaper vid dessa platser för att utreda vilka åtgärder som behöver vidtas för att åtgärda eventuella skador på E4. Effekten bedöms som måttlig på dessa sträckor.

Mellan km 18+800 till km 20+230 påverkas E4 av både temporär och permanent grundvattensänkning. Den permanenta grundvattensänkningen uppstår från Tullgarnstunneln och den temporära grundvattensänkningen kan uppkomma under byggtiden vid schakt för tunnel och tråg vid Tullgarnstunnelns södra mynning samt för schakt för brostöd för bron över E4 vid Vagnhärad trafikplats. Beräkningar av sättningar längs med sträckan visar att E4 riskerar att påverkas av både temporära och permanenta grundvattensänkningar längs med sträckan eftersom beräknade sättningar överskrider sättningskravet. Även ramperna till Trafikplats Vagnhärad ligger inom påverkansområdet för tillfällig grundvattenpåverkan från betongtunnel och tråg (G18-001). Ramperna till trafikplatsen har förstärkts med bankpållning med träpållar. Ramperna norr om E4 rasade vid anläggandet ut mot åkermarken. De nya ramperna förstärktes med betongpållar men träpållar kan finnas kvar under de delar som inte påverkades av skredet. Träpållar är känsliga för grundvattensänkningar då en sänkning av grundvattnet till en nivå under pållskallarna medför risk för att de börjar ruttna.

Sättningar till följd av en temporär grundvattensänkning kan även leda till påhängslaster på befintliga betongpålar. E4 är därmed känslig för grundvattensänkningar i området.

Det kommer även att ske en temporär grundvattensänkning från det planerade uttaget av processvatten vid cirka km 15+250, km 15+800 och km 19+000 som riskerar att påverka delar av E4 som har grundvattenberoende grundläggning. Uttaget av grundvatten för processvatten kan behöva ske under hela byggtiden, upp till 7 år.

Den sammanvägda effekten, från vattenverksamheterna längs med Tullgarnstunneln, på E4, bedöms som stor.

Nyköpingsbanan

Vid cirka km 17+500 passerar bergtunneln i det närmaste vinkelrätt under den befintliga järnvägen "Nyköpingsbanan", se Figur 34. Nyköpingsbanan sträcker sig längs jordfylld svacka som följer en svaghetszon i berget. Svaghetszonen har undersökts genom bland annat kärnborring (OLP4K318) med efterföljande kartering samt vattenförlustmätning. Resultat från utförd vattenförlustmätning tyder på ett berg med relativt begränsade vattenförande egenskaper, men då kärnborrhålet funnits vara avslutat mitt i en zon finns risk att utvärderad vattengenomsläpplighet kan vara underskattad. Risk för avsänkta grundvattennivåer i området längs den jordfyllda svackan föreligger. Vid eventuell hydraulisk kontakt med ytvattnet i Långsjön kan dock påverkan komma att begränsas.

Underlaget avseende lerans mäktighet och egenskaper i områden där lera påträffats under järnvägen vid utförda geotekniska undersökningar är begränsad. Det finns heller ingen information om eventuella utförda grundförstärkningar för järnvägen vid aktuell sträcka. Vidare geotekniska undersökningar kommer att utföras vid Nyköpingsbanan. Effekten på Nyköpingsbanan bedöms som stor på grund av att osäkerheterna avseende såväl avsänkningarnas storlek som järnvägens sättningskänslighet är stora.

Byggnader med grundvattenberoende grundläggning

I höjd med km 15+600, på västra sidan av den planerade järnvägsanläggningen, förekommer tre komplementbyggnader (Edeby 1:42 (B1, B2 och B3)) på sättningsbenägen mark enligt jordartskartan, som kan påverkas av grundvattensänkning från Tullgarnstunneln och den temporära grundvattensänkningen vid uttag av processvatten från G15-006. Vid km 17+600 förekommer tre byggnader på fastigheten Kumla S:1 delvis på sättningsbenägen mark enligt jordartskartan (bostadshuset B18 samt komplementbyggnaderna B5 och B10) som kan påverkas av grundvattensänkningen från Tullgarnstunneln. Vid km 15+150 förekommer ett bostadshus som ligger delvis på sättningsbenägen mark på fastigheten Edeby 1:38 inom påverkansområde för den temporära grundvattensänkningen vid uttag av processvatten från G15-008. Bostadshuset B18 och komplementbyggnaden B10 på Kumla S:1 är grundlagda på murar eller plintar på fast mark enligt utförd fältinventering, för övriga byggnader saknas uppgift om grundläggning.

Den sammanlagda effekten på Edeby 1:38 bedöms utebli helt eftersom byggnaden ligger på en höjd (cirka +34 m) medan järnvägen och grundvattensänkningen sker i en dal som idag har nivå +26 m. En grundvattensänkning bedöms inte påverka byggnaden. Vid byggnaderna inom Edeby 1:42 bedöms lermäktigheten vara väldigt begränsad under byggnaderna på grund av närhet till berg. Den sammanlagda effekten bedöms på grund av den begränsade lermäktigheten som obetydlig. Byggnaderna inom Kumla S:1 där

lermäktigheten bedöms vara liten och byggnaderna står på moränjordar bedöms inga skadliga sättningar uppstå. För den mindre komplementbyggnaden B5 bedöms effekten avseende sättningar bli obetydlig eftersom grundläggningen är osäker.

Inom Fredriksdal 2:2 förekommer fyra byggnader (B1, B19, B23 och B5) med grundvattenberoende grundläggning som riskerar att påverkas av den temporära grundvattensänkningen vid betongtunnel och tråg vid södra påslaget (G18-001). Byggnaden B1 är en stor, äldre ladugård, byggnaderna B5 och B23 är bodar och B19 är ett garage. Byggnaderna B1 och B19 är grundlagda med platta på mark medan B23 och B5 är grundlagda på trästomme på plintar. Geotekniska undersökningar vid byggnaderna visar att det finns risk för att grundvattensänkningen innebär sättningar som överskrider sättningskravet och effekten bedöms därmed bli stor. Inom Fredriksdal 2:2 förekommer även mark med naturligt höga sulfidhalter och det finns därmed en risk för utlakning av metaller och salter vid oxiderade förhållanden. Med de skyddsåtgärder som presenteras i nedanstående kapitel, uteblir effekten helt eftersom ingen grundvattensänkning då uppkommer vid Fredriksdal 2:2.

De flesta fastigheter har egna brunnar. Korta servisledningar från dem och andra servisledningar (gas- och avloppsledningar) kan vara känsliga för grundvattensänkningar. Sättningskraven för byggnader har tillämpats även för dessa ledningar i de flesta fall.

Ledningar

Inom påverkansområdet för bergtunneln Tullgarnstunneln förekommer sju dagvattenledningar som ligger på sättningsbenägen mark och därmed kan påverkas av grundvattensänkningen. Fem av dessa riskerar även att påverkas av uttaget av processvatten (G15-006, G15-008 och G19-008).

Naturmiljö och våtmarker

Ett antal våtmarker kan komma att påverkas av förändrade grundvattenförhållanden på grund av inläckage till Tullgarnstunneln (G15-003) vilka presenteras nedan. En del av dessa påverkas även av uttag av processvatten (G15-008 och G15-006).

Våtmarker med höga naturvärden samt våtmarker med måttliga eller låga naturvärden som kan få direkt påverkan

Våtmarken V15-002, som omfattar naturvärdesobjektet sumpskog NH4-10019, ligger nära planerad tunnel, se Figur 33. Sumpskogen NH4-10019 har högt naturvärde. Områdets fuktighet och tillgång på död ved gör området intressant för insekter och fåglar. Kläckhål förekommer ofta, liksom tickor på träd. Järnvägsanläggningen passerar nära sumpskogen och avsänkningen från tunneln riskerar att avleda vatten från naturvärdesobjektet. Enligt jordartskartan ligger den västra delen av våtmarken på kärtrorv, vilket enligt avsnitt 5.5.1.1 Våtmarker indikerar kontakt med underliggande grundvatten och därmed att våtmarken kan påverkas permanent av grundvattensänkning från tunneln. Tillrinningen till våtmarken bedöms även minska på grund av ökad grundvattenbildning till berg då hela avrinningsområdet ligger innanför påverkansområdet. I våtmarken identifierades dock ett skapat utlopp med relativt stort flöde och effekten bedöms bli ett minskat utflöde från våtmarken. Avledningen av vatten som leder till minskat utflöde från biotopen bedöms ge obetydliga effekter för biotop och artsammansättning. I området finns flera naturvårdsarter som är

knutna till områdets fuktighet varav en rödlistad (veckticka NT). Inga skyddade arter förekommer.

Våtmarken (V16-001) vid km 16+200 ligger direkt ovan planerad arbetstunnel och innefattar naturvärdet NH4-10072 (sumpskog), se Figur 33. Våtmarken påverkas både av grundvattensänkningen vid Tullgarnstunneln och det temporära uttaget av processvatten G15-006. I sumpskogen (måttligt naturvärde) har några naturvårdsarter identifierats. Sumpskogen har bra biotopkvaliteter med fuktigt klimat, död ved och äldre träd med hål. Jorddjupen varierar enligt fältundersökningar mellan över 2 meter och områden med berg i dagen. Detta stämmer väl överens med jordartskartan där den norra delen av våtmarken ligger på lera och den södra på berg eller morän. Våtmarken har inget tydligt utlopp. Detta, tillsammans med delvis avsaknad av täta jordlager, indikerar att våtmarken kan stå i kontakt med grundvattnet i berg och det kan därmed finnas risk för direkt påverkan från en grundvattensänkning i berg. Påverkan kan också bestå av minskad tillrinning, framför allt moränområdet i våtmarkens södra del, där arbetstunneln kan orsaka en grundvattensänkning. Effekten på våtmarken bedöms bli att perioder med torrare förhållanden blir längre. Omfattningen av grundvattenbortledningen riskerar att påverka biotopens kvalitet och artsammansättning negativt genom torrare förhållanden i mark och luftfuktighet. De ekologiska funktionerna bedöms påverkas på lokal nivå. Effekten för biotopen bedöms därmed vara måttlig. I området finns flera naturvårdsarter som är knutna till områdets skogliga kontinuitet och fuktighet. Inga skyddade eller rödlistade arter förekommer. Effekten för förekommande arter bedöms vara liten. Den samlade effekten för naturmiljö bedöms bli måttlig.

Våtmarkerna (V16-002 och V16-004) vid km 16+260 och 16+330 ligger högt i terrängen men utgör troligtvis utströmningsområde för ett högre höjdområde i norr, se Figur 33. Detta styrks av att jordartskartan visar på kärrtorv i västra delen av V16-004. Jordartskartan visar på lera och berg för övriga delar av våtmarken. Eftersom våtmarkerna utgör utströmningsområde riskerar det att dräneras av tunneln. Eventuellt får våtmarkerna något mindre tillrinning på grund av ökad grundvattenbildning till berg och avsänkning i moränområde inom tillrinningsområdet. Våtmark V16-004 omfattar även naturvärdesobjekt sumpblandskog (NH4-10048). Sumpblandskog NH4-10048 (högt naturvärde) har höga biotopkvaliteter med mycket död ved och hög luftfuktighet. Flerskiktat och senvuxet. Flera naturvårdsarter förekommer. Den bedömda grundvattenbortledningen riskerar att påverka biotopens kvalitet och artsammansättning negativt genom torrare förhållanden i mark och luftfuktighet. Effekten för biotopen bedöms därmed vara måttlig. I området finns flera naturvårdsarter som är knutna till områdets fuktighet och skogliga kontinuitet. Inga rödlistade, eller för vattenverksamheten relevanta, skyddade arter förekommer. Effekten för förekommande arter bedöms vara måttlig. Den samlade effekten för naturmiljö bedöms bli måttlig. Perioder med torrare förhållanden bedöms bli längre för V16-002 och V16-004/NH4-10048.

Våtmarken (V16-005) vid km 16+400 ligger i utkanten av påverkansområdet, se Figur 34. Våtmarken ligger ovan en möjlig svaghetszon som även korsar tunneln. Om svaghetszonen är vattenförande skulle detta kunna ge en ökad risk för dränering via tunneln. Svaghetszonen har dock inte kunnat bekräftats vid närliggande kärnborring (OLP4K310). Fältundersökningar i området har generellt visat på att svaghetszonerna inte är mer vattenförande än övrigt berg. Den möjliga svaghetszonen bedöms därmed inte innebära en ökad risk för påverkan från tunneln. Våtmarken innefattar naturvärdet

NH4-10158 (sumpgranskog) med måttligt värde. Viss förekomst av död ved och naturvårdsarter. Ingår i landskapsområdet Tullgarn-Vagnhärad, vilket starkt bidrar till naturvärdet. Läget i terrängen indikerar att våtmarken ligger i ett utströmningsområde, vilket bekräftas av att jordartskartan visar på kärrtorv för delar av våtmarken. Den andra delen av våtmarken ligger enligt jordartskartan på berg. Förändringen i tillrinningen bedöms bli liten då tillrinningsområdet främst ligger i utkanten av påverkansområdet. Effekten på våtmarken bedöms bli att perioderna med torrare förhållanden blir längre. Grundvattenbortledningen riskerar att påverka biotopens kvalitet och artsammansättning negativt genom torrare förhållanden i mark och luftfuktighet. Effekten för biotopen bedöms därmed vara måttlig. I området finns flera naturvårdsarter som är knutna till områdets fuktighet. Inga rödlistade eller skyddade arter förekommer. Effekten för arter bedöms vara måttlig.

Våtmarken (V16-009) ligger relativt lågt i terrängen, se Figur 34. Underliggande jordart är enligt jordartskartan kärrtorv, vilket indikerar att våtmarken utgör ett utströmningsområde. Genom våtmarken går Dike Sandhälla (NO4-13641), se vidare under "vattendrag med naturvärden". I övrigt finns inga grundvattenberoende naturvärden i våtmarken. Delar av våtmarken ligger relativt nära tunneln och bedöms därmed kunna dräneras av tunneln. Även tillrinningen kan påverkas. Förhållandena i våtmarken bedöms kunna påverkas permanent och effekten blir att perioder med torrare förhållanden blir längre.

Våtmarken (V17-002) vid km 17+200 ligger högt i terrängen, i en sluttning, se Figur 34. Våtmarken innefattar en sumpskog (NH4-10161) med måttligt naturvärde. Området bedöms ha ett måttligt artvärde och lågt biotopvärde. Ovanlig, kalkpåverkad och artrik miljö med förekomst av naturvårdsarter. Ingår i landskapsområdet Tullgarn-Vagnhärad, vilket starkt bidrar till naturvärdet. Underliggande jordart är enligt jordartskartan till största delen morän. Vid fältbesök återfanns inget tydligt utlopp. Tillrinningen från höjden ovanför bedöms vara så stor att allt vatten inte hinner infiltrera i moränen och där sluttningen börjar plana ut bildas ett utströmningsområde. Våtmarken bedöms kunna få ökad dränering till följd av grundvattensänkning i berg. Våtmarken är främst beroende av yttlig avrinning från höjden ovanför men i perioder utan regn bedöms effekten bli att våtmarken blir torrare. Grundvattenbortledningen riskerar att påverka biotopens kvalitet och artsammansättning negativt genom torrare förhållanden i mark och luftfuktighet. Effekten för biotopen bedöms därmed vara måttlig. I området finns flera naturvårdsarter som är knutna till områdets fuktighet. Inga rödlistade eller skyddade arter förekommer. Effekten för arter bedöms vara måttlig.

Våtmarken (V18-002) ligger mycket nära planerad tunnel och direkt ovanför planerad arbetstunnel och innefattar en sumpskog (NH4-10315), se Figur 35. Sumpskogen har måttligt naturvärde och är ett fuktigt, varierat område med en del död ved. Lövinslag av klibbal och björk är värdefullt för fågellivet. Läget i terrängen indikerar att våtmarken ligger i ett utströmningsområde. Jordartskartan indikerar underliggande lera vilket även observerats i fält, men jorddjupet uppmättes i centrala delarna av våtmarken till endast 0,6 meter. Direkt dränering av våtmarken kan inte uteslutas på grund av dess läge i förhållande till tunneln och arbetstunneln. Våtmarken korsar även en möjlig svaghetszon som även korsar tunneln och arbetstunneln. Om svaghetszonen är vattenförande skulle detta kunna ge en ökad risk för dränering via tunneln. Inga fältundersökningar har dock gjorts i denna möjliga svaghetszon och den har inte heller bekräftats i fält. Fältundersökningar i området har generellt visat på att svaghetszonerna inte är mer vattenförande än övrigt berg. Den möjliga svaghetszonen bedöms därmed

inte innebära en ökad risk för påverkan från tunneln. Tillrinningen till våtmarken kan påverkas då hela tillrinningsområdet ligger nära tunnel och arbetstunnel där en större avsänkning i berg och morän förväntas. Förhållandena i våtmarken bedöms kunna påverkas permanent och effekten blir att perioder med torrare förhållanden blir längre. Grundvattenbortledningen riskerar att påverka biotopens kvalitet och artsammansättning negativt genom torrare förhållanden i mark och luftfuktighet. Effekten för biotopen bedöms därmed vara måttlig. I området finns en naturvårdsart som är knuten till områdets fuktighet och död ved. Inga rödlistade eller skyddade arter förekommer. Effekten för förekommande arter bedöms vara liten-måttlig. Den samlade effekten för naturmiljö bedöms bli måttlig.

Våtmarker med måttliga eller låga naturvärden som kan få indirekt påverkan

Vid inventering av våtmarker har flertalet våtmarker bedömts ha tät botten, det vill säga de berörs inte direkt av grundvattenbortledningen i berg som sker via Tullgarnstunneln eller dess uttag av processvatten. Ett fåtal våtmarker ligger även så långt ut i påverkansområdet att påverkan blir liten även om de inte har tät botten. Påverkan kan dock ske inom våtmarkernas tillrinningsområde där en ökad grundvattenbildning till berg kan förväntas till följd av bergtunnelns dränering. Det medför en minskad tillrinning till våtmarkerna. Eftersom tillrinningsområdet för flera av våtmarkerna ligger i utkanten av, eller utanför påverkansområdet bedöms dock den här påverkan vara liten och förhållandena i våtmarken bedöms endast påverkas marginellt.

Flera av dessa våtmarker innehåller även naturvärden. För de naturvärden som har bedömts ha lågt eller måttligt värde (NH4-10074, NH4-10077, NH4-10184, NH4-10159, NH4-10160, NH4-10310, N04-28381, N04-28384, N04-28385, NH4-10313, N04-28383, N04-28382, N04-13678) gäller att den begränsade grundvattenbortledningen medför att biotopkvaliteterna och artsammansättning påverkas i begränsad omfattning eller att de helt består. Effekten för biotoperna bedöms därmed vara liten eller obetydlig. Inga rödlistade, eller för vattenverksamheten relevanta, skyddade arter förekommer för naturvärdena.

För naturvärdena NH4-10159, NH4-10160 samt N04-28381 finns flera naturvårdsarter som är knutna till områdets fuktighet och/eller skogliga kontinuitet, se Figur 34 och Figur 35. Effekten för förekommande arter i våtmarker som kan beröras indirekt bedöms vara liten. Den samlade effekten för naturmiljö bedöms för dessa platser därmed bli liten.

De våtmarker och naturvärden som endast berörs indirekt av grundvattenbortledningen i berg beskrivs i följande stycken:

Våtmark V15-001, som omfattar naturvärdesobjektet alsumpskog (NH4-10077), är relativt liten till ytan och utgör en separat enhet, se Figur 33. Sumpskogen är fuktig till blöt vilket utgör en viktig småbiotop för många insekter som i sin tur även gynnar fågellivet. Naturmiljövärdet bedöms vara måttligt. Våtmarken (V15-001) bedöms ligga i ett inströmningsområde och har ett tydligt utlopp vilket indikerar tät botten eller god tillrinning av ytvatten. Lera påträffades vid inventeringen. Jordartskartan visar på berg på platsen, vilket indikerar att jorddjupen är små. Vid fältinventering underskred uppmätt jorddjup dock inte 1,5 meter.

Våtmarken (V15-003), som innefattar naturvärdesobjektet sumpgranskogen NH4-10074 (måttligt naturvärde), ligger nära en av bergtunnelns arbetstunnlar, se Figur

33. Sumpgranskogen har fuktigt klimat med äldre träd och flerskiktning. Jordartskartan visar på underliggande lera vilket även bekräftades vid fältbesök. Ett tydligt utlopp har identifierats vilket indikerar tät botten eller god tillrinning av ytvatten.

Vid våtmarken V15-006 visar jordartskartan på underliggande lera, vilket tyder på tät botten, se Figur 33. Våtmarken utgörs av naturvärdet NH4-10184 med lågt naturvärde, som är ett småvatten med en diameter på cirka 2 meter.

Våtmarken (V16-006) vid km 16+900 innefattar lövsumpskogen NH4-10310 (måttligt naturvärde), se Figur 33. Vid lövsumpskogen förekommer block, början till socklar, fuktigt mikroklimat och lite död ved. Underliggande jordart är enligt jordartskartan morän, och läget i terrängen indikerar att det är ett utströmningsområde. Våtmarken och dess tillrinningsområde ligger dock i utkanten av påverkansområdet och förhållandena i våtmarken bedöms inte påverkas.

Våtmarken (V16-007) innefattar sumpblandskogen NH4-10159 (måttligt naturvärde), se Figur 34. Viss förekomst av ekologiska strukturer och naturvårdsarter. Ingår i landskapsområdet Tullgarn-Vagnhärad, vilket starkt bidrar till naturvärdet. Våtmarken ligger i utkanten av påverkansområdet och underlagras enligt jordartskartan av berg.

Våtmarken (V16-008) ligger i utkanten av påverkansområdet och innefattar en sumpblandskog (NH4-10160) med måttligt naturvärde, se Figur 34. Våtmarken underlagras enligt jordartskartan av berg.

Våtmarken (V16-011) ligger enligt jordartskartan på berg, se Figur 34. Våtmarken ligger högt i terrängen vilket indikerar tätt berg. V16-011 omfattar även ett småvatten (NO4-28384) med lågt naturvärde och sumpskog NO4-28385 (lågt naturvärde) som båda har viss markfuktighet med enstaka död ved.

Våtmarken V17-001 omfattar naturvärdesobjektet NH4-10313 (måttligt naturvärde). NH4-10313 är en sumpskog med mycket döda granar, se Figur 34. Klibbal med sockelbildning förekommer. Miljön är fuktig med en bäck som leder ut från objektet. Våtmarken underlagras enligt jordartskartan av lera och silt. Vid fältbesök observerades ett utlopp vilket tillsammans med de täta underlagrande jordarterna tyder på tät botten. Läget i terrängen tyder dock på att det skulle kunna vara ett utströmningsområde. Våtmarken korsas även av en trolig svaghetszon som även korsar tunneln, vilket skulle kunna innebära en ökad risk för påverkan från tunneln. Vattenförlustmätning i närliggande kärnborrhål (OLP4K315) visar dock inte på mer vattenförande berg än övrigt berg. Sammantaget bedöms risken för påverkan från tunneln som liten då det finns vissa indikationer på tät botten och den ligger långt ut i påverkansområdet, samt att tillrinningsområdet är stort och det därmed troligen finns ett stort överskott av vatten. Eventuell effekt bedöms i så fall bli minskat flöde i bäcken som utgör utlopp.

Våtmarken (V17-003) vid km 17+700 ligger i utkanten av påverkansområdet, se Figur 34. Våtmark V17-003 omfattar även naturvärdesobjekt sumpskog (NO4-28383) med lågt naturvärde. Objektet har trädskikt som är för homogent och likåldrigt för att ge naturvärde. Enligt jordartskartan är underliggande jordarten för delar av våtmarken kärrtorv vilket indikerar att det utgör ett utströmningsområde. Våtmarken ligger relativt högt i terrängen och den största tillrinningen av såväl yt- som grundvatten bedöms komma från höjden nordost om våtmarken. Detta område ligger i utkanten av påverkansområdet och påverkan från tunneln bedöms därför bli begränsad.

Våtmarken (V17-004) vid km 17+900 ligger högt upp i terrängen och omgärdas av berg i dagen, se Figur 34. Våtmarken omfattar ett naturvärdesobjekt småvatten (NO4-28382)

med måttligt naturvärde. Småvattnet har kontinuitet i trädsiktet och potential som lekvatten för groddjur. Enligt jordartskartan underlagras våtmarken av berg. På grund av läget i terrängen bedöms berget vara tätt och våtmarken därmed sakna kontakt med grundvattnet.

Våtmarken (V18-001) vid km 18+000 innefattar sumpskogen (NO4-28381) med måttligt naturvärde, se Figur 35. Sumpskogen har kontinuitet i trädsiktet. I sumpskogen finns liggande död ved, torrakor och flertalet smågölar med varierande ljusförhållanden. Tallticka är registrerad i ett naturvärdesobjekt i närheten. En möjlig svaghetszon korsar både våtmarken och tunneln. Om svaghetszonen är vattenförande skulle detta kunna ge en ökad risk för dränering via tunneln. Inga fältundersökningar har dock gjorts i denna möjliga svaghetszon och den har inte heller bekräftats i fält. Fältundersökningar i området har generellt visat på att svaghetszonerna inte är mer vattenförande än övrigt berg. Den möjliga svaghetszonen bedöms därmed inte innebära en ökad risk för påverkan från tunneln. Våtmarken ligger enligt jordartskartan på mosstorv, vilket indikerar att den är beroende av tillskott från nederbörd snarare än underliggande grundvatten. Vid fältbesöket observerades att jordarten var lera och att våtmarken hade ett tydligt utlopp, vilket indikerar att våtmarken har en tät botten. Våtmarken bedöms därmed inte påverkas av direkt dränering från tunneln.

Våtmarken (V18-003) vid km 18+200 är beläget högt i terrängen och helt omgiven av berg i dagen, se Figur 35. Våtmarken innefattar en myr (NO4-13678) med måttligt naturvärde. Myren består av en orörd tallmosse med senvuxna tallar. Inga påträffade naturvårdsarter. Jordartskartan visar på underliggande berg och våtmarkens läge i terrängen indikerar att berget är tätt. Våtmarken antas därmed inte stå i kontakt med grundvattnet i det underliggande berget. Ett möjligt utlopp identifierades, vilket är ytterligare en indikation på att våtmarken inte står i kontakt med grundvatten.

Våtmarker utan naturvärden

Tretton våtmarker utan yt- eller grundvattenberoende naturvärden ligger inom påverkansområdet för Tullgarnstunneln och/eller uttag av processvatten.

Våtmarkerna V15-004, V16-014 och V16-015 ligger enligt jordartskartan på lera vilket indikerar tät botten, se Figur 33. Vid V15-004 löper en möjlig svaghetszon, vilket skulle kunna öka risken för dränering från tunneln. Fältundersökningar har dock visat på att genomsläppligheten inte är högre i dessa svaghetszoner än i övrigt berg och det bedöms därför inte finnas en ökad risk för V15-004. De bedöms därmed inte påverkas av direkt dränering från tunneln eller uttag av processvatten. Tillrinningen till våtmarkerna kan dock påverkas på grund av ökad grundvattenbildning till berg. För V15-004 bedöms detta kunna leda till att perioder med torrare förhållanden blir något längre. För V16-014 och V16-015 bedöms ingen betydande påverkan på vattennivån ske då tillrinningsområdena ligger i utkanten av påverkansområdet.

Våtmarkerna V15-005, V16-012, V16-003, V16-010, V17-005 och V17-006 ligger enligt jordartskartan helt eller delvis på berg, vilket skulle kunna innebära att kontakt finns mellan våtmarken och grundvatten i berg, se Figur 33 och Figur 34. För våtmarkerna V15-005 och V16-012 bedöms en sådan kontakt kunna finnas och våtmarken kan därmed påverkas genom att perioder med torrare förhållanden blir något längre till följd av grundvattenbortledning i berg. För våtmarkerna V16-003, V16-010, V17-005 och V17-006 finns dock indikationer på att botten är tät och våtmarkerna bedöms därmed inte påverkas av direkt dränering till följd av grundvattenbortledning. Tillrinningen till

våtmarkerna kan dock påverkas på grund av ökad grundvattenbildning till berg och/eller grundvattensänkning i moränområde i tillrinningsområdet. Vid V16-003 löper en möjlig svaghetszon, vilket skulle kunna öka risken för dränering från tunneln. Fältundersökningar har dock visat på att genomsläpligheten inte är högre i dessa svaghetszoner än i övrigt berg och det bedöms därför inte finnas en ökad risk för dränering av V16-003. För V16-003, V16-010 och V17-006 bedöms vattenverksamheten kunna leda till att perioder med torrare förhållanden blir något längre, medan det inte bedöms ge någon betydande påverkan för V17-005.

Våtmarkerna V16-013 och V17-007 ligger enligt jordartskartan på torv, se Figur 34. Båda våtmarkerna ligger ovanför eller mycket nära en tydlig svaghetszon, som även korsar tunneln. Detta skulle kunna öka risken för dränering från tunneln. Fältundersökningar har dock visat på att genomsläpligheten inte är högre i dessa svaghetszoner än i övrigt berg och det bedöms därför inte finnas en ökad risk för dränering av våtmarkerna. V16-013 ligger på kärrtorv, vilket indikerar att de är utströmningsområden. Detta indikerar att våtmarkerna kan påverkas av dräneringen från tunneln. Tillrinningen kan även minska på grund av ökad grundvattenbildning till berg. Våtmarkerna bedöms påverkas genom att perioder med torrare förhållanden blir längre till följd av den permanenta grundvattenbortledningen. Jordartskartan visar att våtmarkerna V17-007 underlagras av mosstorv vilket indikerar att vattnet i mossen är beroende av tillskott från nederbörd. Våtmarkerna ligger relativt lågt i terrängen och tillrinningen till våtmarkerna riskerar att minska till följd av ökad grundvattenbildning till berg. Våtmarkerna bedöms påverkas genom att perioder med torrare förhållanden blir något längre.

Våtmarkerna V17-008 ligger enligt jordartskartan till största delen på lera men till viss del på sand, se Figur 35. Sanden indikerar att kontakt kan finnas med underliggande grundvatten. Påverkan från grundvattenbortledningen blir dock begränsad då våtmarkerna ligger i utkanten av påverkansområdet. V17-008 korsas av en möjlig svaghetszon, vilket skulle kunna öka risken för dränering från tunneln. Fältundersökningar har dock visat på att genomsläpligheten inte är högre i dessa svaghetszoner än i övrigt berg och det bedöms därför inte finnas en ökad risk för dränering av V17-008. Våtmarkerna bedöms inte påverkas av vattenverksamheten.

Större delen av våtmarkerna V15-007 kommer att försvinna då anläggningen korsar våtmarkerna, se Figur 33. Detta är en konsekvens av järnvägens markanspråk och inte vattenverksamheten och bedöms därför inte vidare här. Den kvarvarande delen av våtmarkerna riskerar att påverkas av grundvattensänkningen och den ligger enligt jordartskartan på dels lera, dels berg. Lera indikerar tät botten men våtmarkerna kan stå i kontakt med grundvattnet i de delar som har underliggande berg. Våtmarkerna bedöms påverkas genom att perioder med torrare förhållanden blir längre till följd av den permanenta grundvattenbortledningen.

Vattenförekomst med naturvärden

Långsjön (NO4-13629) har högt naturvärde och ligger inom Trosaåns avrinningsområde och avvattnas via ett vattendrag till sjön Sillen. Uttagpunkten för ytvatten till skyddsinfiltation (Y17-001) ligger inom den del av Långsjön som ligger inom naturvårdsområdet för Tullgarns naturreservat vilket också är ett Natura 2000-område. Medelflödet inom delavrinningsområdet är enligt SMHI 300 l/s. Ett uttag på 5 l/s motsvarar ca 1,7% av utflödet från Långsjön. Eftersom uttaget utgör en så liten del av vattenföringen förväntas obetydlig effekt på vattenstånd eller naturvärden till följd av uttaget.

Vattendrag med naturvärden

Naturvärdet (N04-13642) är ett litet skogsdike med lågt naturvärde, som är en del av Dike Tullgarn, beläget vid km 16+700–17+000. Diket ligger i utkanten av påverkansområdet från bergtunneln och bedöms därmed inte påverkas nämnbart av den permanenta grundvattensänkningen. Effekten blir ett något minskat flöde i diket på grund av minskad tillrinning och effekten bedöms som obetydlig.

Dike Sandhälla N04-13641 är ett dike som sträcker sig genom kultiverad gräsmark (ej naturvärdesobjekt). Diket bedöms som grundvattenberoende och bedöms därmed kunna påverkas av en grundvattensänkning. Effekten bedöms dock bli liten. Dike Sandhälla ligger även inom våtmarksområdet till våtmark V16-009.

Vid km 19+100–20+400 ligger Dike till Norasjön som omfattas av det generella biotopskyddet. Diket är uppdelat som flera naturvärdesobjekt. Både väster om E4 (N04-13645) samt under E4 (NH4-10226) utgörs diket av ett uträtat dike i jordbruksmark. Naturvärdet för dessa dikessträckningar är lågt då biotopkvaliteter och artvärden saknas som når upp till en naturvärdesklassning enligt inventeringsmetodiken. Öster om E4 (N04-13635) har diket ett mer naturligt lopp och bedöms därmed ha måttligt värde. Dike till Norasjön (N04-13645, NH4-10226, N04-13635) har en hydraulisk förbindelse med grundvattenförekomst vid Fredriksdal och skulle därmed kunna påverkas av lägre grundvattennivåer vid den temporära grundvattensänkningen vid Södra tunnelpåslaget (G18-001) men även av minskad tillrinning av både yt- och grundvatten inom det uppströms belägna påverkansområdet. Samtliga naturvärden ligger även inom påverkansområdet för uttag av processvatten, G19-008. Uttag av processvatten kan öka risken för uttorkning i Dike till Norasjön. I byggskedet kommer det tillfälligt att ledas något mindre vatten till Dike till Norasjön då länshållningsvatten från Tullgarnstunneln planeras att ledas till Trosaån. För att förebygga risken för uttorkning begränsas uttaget vid låg vattenföring (se vidare *Platsspecifika skyddsåtgärder, kapitel 9.1 MKB*). I drift leds vatten från Tullgarnstunneln till Dike till Norasjön. Dräneringsvatten från tunneln i driftskedet kommer att utgöra ett kontrollerat och jämnt flöde i storleksordningen 0,01 m³/s.

Effekten bedöms sammantaget bli liten för naturvärdena i Dike till Norasjön.

Kulturvärden

Inom påverkansområdet för Tullgarnstunneln, G15-003, finns en övrig kulturhistorisk lämning (Lägenhetsbebyggelse L1982:7840) vid km 17+500 och en grundvattenkänslig fornlämning (Boplatssområde L2019:1275) vid km 19+150. Fornlämningen L2019:1275 riskerar även att påverkas av uttaget av processvatten, G19-008 och den temporära bortledningen av grundvatten från betongtunnel och tråg, G18-001. L2019:1275 ligger enligt jordartskartan delvis på berg och delvis på lera. Delarna på lera riskerar att påverkas av permanent avsänkta grundvattennivåer. Effekten på kulturmiljöobjektet är en grundvattensänkning vilket kan utsätta objektet för en syrerik miljö. Den sammanlagda effekten på L2019:1275 bedöms som stor om organiskt material eller metaller finns under nuvarande grundvattennivå. L1982:7840 ligger enligt jordartskartan delvis på lera. I kulturmiljöregistret är dock angivet att den ligger på en sandig avsats. Topografiska kartan antyder också att hela lämningen ligger på berg/morän. Lämningen bedöms därmed inte vara känslig för grundvattensänkning och ingen effekt kommer uppkomma från vattenverksamheten.

Det förekommer en möjlig fornlämning L1984:8409 (Stensättning), beläget vid km 20+350, inom påverkansområdet för betongtunnel och tråg (G18-001). Stensättningen

kan innehålla organiskt material. Den temporära grundvattensänkningen sker i friktionsjord under leran, vilket riskerar att dränera leran och på så sätt utsätta fornlämningarna för en syrerik miljö. Dräneringen av leran bedöms dock ta längre tid än schaktarbetena, och därmed grundvattenbortledning, pågår. Sonderingar i närheten visar även på att översta delen av leran består av torrskorpelera, vilket indikerar att fornlämningen ligger i en torr miljö åtminstone delar av året. Risken för att stensättningen ska utsättas för en syrerikare miljö på grund av grundvattensänkningen bedöms som obetydlig. Effekten för kulturobjektet klassas som obetydlig.

Markavvattningsföretag

Till följd av att vatten från Tullgarnstunneln planeras att släppas till Dike till Norasjön under drift påverkas Torrlägningsföretag Fredriksdal-Kumla år 1944 och Norasjöns sjösänkingsföretag år 1944 av ökat tillflöde. Likaså kommer länshållningsvatten från södra tunnelpåslaget under byggskedet att ledas till Dike till Norasjön. Flödesökningen är dock så pass begränsad att påverkan på företagen bedöms som obetydlig. Här förekommer även de befintliga tillstånden 8449 och 8343 som inte bedöms påverkas (se Kapitel 4.2.1).

7.3.1.4. Skadeförebyggande åtgärder

De skadeförebyggande åtgärder som projekterats för att minska effekterna av grundvattensänkningen vid Tullgarnstunnelns norra påslag är att tunnelpåslagen anläggs med en tät konstruktion i form av tråg och betongtunnel (G15-002) mellan km 15+130 och km 15+340. Under byggskedet av de täta konstruktionerna planeras stödkonstruktion användas runt schaktet av byggnadstekniska skäl. Stödkonstruktionen kommer i första hand utgöras av stålspons. Dessa arbeten kommer att medföra en temporär bortledning av grundvatten inom stödkonstruktion under byggskedet i samband med att jordmassor schaktas bort och tråg och betongtunnel gjuts.

Även schakten för brandvattenmagasinet planeras att utföras inom samma schakt som för tråg och betongtunnel (G15-002).

Tätning bergtunnel

Inläckaget av grundvatten till bergtunnelns norra delar (km 15+339 till km 17+150) förväntas innebära en begränsad påverkan på omgivningen, även vid analys av påverkan för en otätad tunnel. Behovsanpassad tätning kommer att utföras av de sprickzoner som efter vidare undersökningar av bergmassan i byggskedet bedöms stå i kontakt med sättningkänsliga delar av E4, för att förebygga att större sättningar uppkommer. I övrigt förväntas endast obetydliga, små eller måttliga effekter (Brunnarna Edeby 1:38_1, Edeby 1:42_1 och Nora 1:1, Byggnaderna Edeby 1:42, Edeby 1:38, dagvattenledningar, våtmarker) där risken för effekter inte med säkerhet minskar även om injektering av tunnel utförs. Delar av tunneln kan dock ändå komma att tätas för att säkerställa att funktionskrav för byggbarhet och arbetsmiljö kan innehållas. För detta ändamål kommer behovsanpassad injektering, där tätning koncentreras till vattenförande sprickor och svaghetszoner, att utföras. Eftersom omfattning av den behovsanpassade tätningen inte kan beskrivas i detalj baseras effekt- och konsekvensbedömningarna på att ingen tätning av tunneln utförs på denna sträcka.

Inläckaget av grundvatten till bergtunnelns södra delar (km 17+150 till km 18+784) kan dock medföra stor påverkan på vissa riskexponerade objekt vid ett otätat utförande. Längs tunnelns södra delar förekommer bland annat sättningkänslig infrastruktur i form av Nyköpingsbanan och E4, med stora samhällsekonomiska värden. För att i ett

första steg begränsa risken för skadlig omgivningspåverkan, primärt med hänsyn till nämnda objekt, kommer behovsanpassad tunneltätning genom konventionell förinjektering med cementbruk att utföras inom Tullgarnstunnelns samtliga bergförlagda delar belägna söder om km 17+150. Genom tillämpande av konventionell förinjektering bedöms berget i den tätade zonen runt tunneln kunna uppnå en täthet som motsvarar en hydraulisk konduktivitet på 1×10^{-8} m/s. Utförda beräkningar visar att denna täthet skulle kunna reducera storleken av förväntat inläckage till tunneln kraftigt, liksom storleken av förväntad grundvattenavsänkning runt tunneln. På kortare sträckor skulle ännu högre täthet kunna uppnås, men det innebär ett mer tids- och kostnadskrävande injekteringsförfarande, eventuellt kompletterat med kemiska injekteringsmedel.

Inom påverkansområdet för denna södra del av Tullgarnstunneln finns E4, Nyköpingsbanan, två enskilda brunnar (Trosa-Kumla S:1_3 och Fridens torp) och ett kulturvärde (L2019:1275) som riskerar en stor effekt från Tullgarnstunneln, om ingen tätning av tunneln utförs. Sammantaget bedöms konventionell förinjektering vara en miljömässigt, såväl som samhällsekonomiskt, motiverad åtgärd i syfte att begränsa risken för skadlig grundvattenpåverkan, medan ytterligare ökade tätningsåtgärder inte är samhällsekonomiskt motiverade i föreliggande fall. För Nyköpingsbanan pågår kompletterande undersökningar av undergrunden. För att hantera återstående risker för skador på E4 och Nyköpingsbanan finns ett flertal skyddsåtgärder (se nedan).

De våtmarker som finns inom påverkansområdet, både på norra och södra delen av tunneln, skulle kunna få minskad tillrinning enligt avsnitt 7.3.1.3 *Naturmiljö och våtmarker*. Det är i huvudsak mindre våtmarker och endast två har några högre naturvärden. Var en grundvattensänkning i jordlagren kan uppkomma till följd av inläckage till tunneln är svårt både att förutsäga och mäta, både med anledning av att våtmarkernas hydrologi i första hand är nederbördsberoende och att pågående klimatförändringar gör att det kommer att vara svårt att urskilja olika typer av påverkan.

Det är även svårt att förutsäga om injektering av tunnel skulle ge minskad risk för hydrologisk påverkan vid våtmarkerna, då det är ett flertal parametrar som inverkar, bland annat hur vattenförande sprickor är sammanlänkade, genomsläpplighet mellan jord och berg, vilket överskott av ytvatten som föreligger och hur naturvärden påverkas av viss ändring i hydrologin.

Inom påverkansområdet för bergtunnelns norra del (km 15+339 till km 17+150) förekommer, utöver våtmarker, även tre brunnar, naturvärdena med lågt till högt naturvärde och två byggnader med grundvattenberoende grundläggning. Byggnader och brunnar bedöms inte få en betydande påverkan från bergtunneln.

Eftersom effektbedömningen är att naturvärden med något undantag kommer att bestå är Trafikverkets bedömning att injektering av den norra delen av tunneln, utöver den behovsanpassade tätningen, i syfte att försöka bibehålla nuvarande hydrologiska förhållanden vid våtmarkerna och naturvärdena, inte är motiverat.

7.3.1.5. Skyddsåtgärder

De skyddsåtgärder som planeras för att minska omgivningspåverkan från grundvattenbortledning från bergtunneln är skyddsinfiltration i anslutning till riskexponerade objekt eller åtgärder vid objekten.

För Nyköpingsbanan och E4, som Trafikverket har underhållsansvar för, utförs åtgärder efter bedömning av var åtgärderna gör bäst nytta utifrån samhällsekonomi och

driftsäkerhet. Skyddsinfiltration (G18-002) bedöms behövas i byggskedet för att motverka skadliga sättningar för E4 vid dalgången vid Vagnhärad. Infiltrationsanläggningar kommer här att vara installerade i god tid innan större sättningar kan uppkomma, framför allt vid schakt för betongtunnel (G18-001). Det finns även mindre lokala dalgångar inom det topografiska höjdområdet längs Tullgarnstunneln där E4 kan vara sättningSkänslig. Här kan det bli aktuellt med tillfällig infiltration till dess att eventuell tätning av tunneln är utförd.

Nivåjustering av vägbanan längs Tullgarnstunneln inklusive påslag utförs om kontroller och avvägningar visar att uppkomna sättningar behöver åtgärdas.

För Nyköpingsbanan kan det bli aktuellt med skyddsinfiltration i både bygg- och driftskedet. Det kan även bli aktuellt med förstärkningsåtgärder på banan men det är tekniskt komplicerat och kräver sannolikt avstängning av tågtrafiken. Kompletterande geotekniska undersökningar av järnvägsbanan och dess underliggande jordlager samt grundvattenförhållanden utförs under 2023, och kommer att ligga till grund för att avgöra vilka åtgärder som är mest lämpliga. Genom kontroller, övervakningar och uppföljningar under och efter byggtiden kan skyddsåtgärder och andra åtgärder sättas in och anläggningarnas funktion säkerställas, med hänsyn till samhällsnytta.

Med planerade åtgärder bedöms den sammantagna effekten på E4 och Nyköpingsbanan som liten.

Inom påverkansområdet för Tullgarnstunneln finns även ett fåtal brunnar och byggnader.

Påverkan på brunnar och byggnader kommer att följas upp i bygg- och driftskedet.

I byggskedet har Trafikverket förberedelse för att säkerställa vattenförsörjning om Trafikverkets arbeten skulle medföra att befintliga brunnars kapacitet inte är tillräcklig. Uppkommer permanent påverkan överenskommes lämplig åtgärd med respektive markägare.

7.3.1.6. Övriga skyddsåtgärder

Uttaget av ytvatten från Långsjön (Y17-001) planeras utföras genom att en pump installeras i sjön. Intaget förses med galler eller spalter som en skyddsåtgärd för att förhindra att fisk skadas.

För att begränsa inströmningen av grundvatten till schaktet för betongtunnel och tråg vid Tullgarns södra påslag (G18-001) under byggskedet kommer schaktning att ske inom tätskärm. Tätskärmen planeras att bestå av tätande spont med jetinjektering, sannolikt i kombination med ridåinjektering i berg. Med skyddsåtgärder uteblir effekten helt på de riskexponerade objekten möjlig fornlämningen L1984:8409 och E4. Även grundvattenförekomst vid Fredriksdal får en obetydlig effekt i byggskedet eftersom det, med tätskärm, är en så pass liten del av förekomsten som berörs.

7.3.1.7. Vattenhantering

Vattenhantering i bygg- och driftskedet beskrivs under avsnitt 8 i *Teknisk beskrivning vattenverksamhet*, Bilaga C till ansökan för vattenverksamhet och Bilaga D *MKB vattenverksamhet*, avsnitt 7.2.4.

7.3.2. Bro över E4 vid Vagnhärad trafikplats

7.3.2.1. Förutsättningar

Vid km 19+370–20+256 övergår tryckbanken i en bro som kommer innebära schakt för brostöd (G19-003). Bron kommer då att passera huvuddelen av grundvattenförekomsten vid Fredriksdal. Grundvattentrycket i området är högt, bland annat i de centrala delarna av grundvattenförekomsten vid Fredriksdal där det förekommer artesiska nivåer på upp till 1,5 meter över markytan som högsta uppmätta nivå. Kring Dike till Norasjön är medelnivån cirka 1 meter över markytan, eller mer. Vid passage av befintlig E4 är medelnivåer fortfarande artesiska men något lägre (cirka 0,2 meter över markytan i cirka km 20+000). Anläggandet av bron medför en temporär grundvattenbortledning då brostöden grundläggs och en potentiell risk för påverkan på bland annat E4 och grundvattenberoende fornlämningar i området samt även på grundvattenförekomsten vid Fredriksdal. Störst är risken för att grundvattenbortledning krävs vid grundläggning av brostöden inom området närmast Vagnhärad trafikplats där grundvattentrycket är högt och lermäktigheten är mindre. Järnvägsbron korsar befintlig E4 cirka åtta meter över vägen.

Dike till Norasjön kommer att passeras på bro vid cirka km 19+450, se Figur 37. Schakt och anläggande av vissa brostöd inom vattenområde för Dike till Norasjön innebär vattenverksamhet (Y19-001).



Figur 37. Planerad bro över Dike till Norasjön vid km 19+450.

7.3.2.2. Riskexponerade objekt

Inom påverkansområdet för bron över E4 vid Vagnhärad trafikplats förekommer följande riskexponerade objekt:

- Grundvattenförekomst vid Fredriksdal
- En grävd brunn (Trosa-KumlaS:1_fritidshus)
- E4
- Fredriksdal 2:2 (B1, B19, B23 och B5)
- Grundvattenkänslig fornlämning (Boplatsområde L2019:1275)
- Möjlig fornlämning (Stensättning L1984:8409)
- Dike till Norasjön NO4-13645, NO4-13635 och NH4-10226
- Tre dagvattenledningar
- Sekretessklassad ledning
- Fredriksdals-Kumla 1944 torrlägningsföretag

Se Figur 23 för en översikt över vattenverksamheten och de riskexponerade objekten vid bro över E4 vid Vagnhärad trafikplats.

Den temporära bortledningen av grundvatten vid grundläggning av brostöden riskerar att påverka det grundvattenmagasin där även grundvattenförekomsten vid Fredriksdal ingår. Om inga skyddsåtgärder vidtas riskerar effekten på grundvattenförekomsten bli måttlig. Måttlig effekt innebär i föreliggande fall att uttagsmöjligheterna minskar temporärt från grundvattenförekomsten, eftersom bortledningen av grundvatten under byggtiden kan vara betydande men dock temporär. Det bedöms inte förekomma någon påverkan på grundvattenförekomstens kvantitativa status eftersom påverkan är temporär och inget uttag sker idag från grundvattenförekomsten.

Den grävda brunnen inom Trosa-Kumla S:1_fritidshus skulle kunna påverkas vid bortledningar av grundvatten vid grundläggningen av brostöden, uppskattningsvis med en avsänkning motsvarande 1,5–0,5 meter, då brunnen ligger vid den yttre gränsen av påverkansområdet för brostöd. Avsänkningen bedöms vara betydande och det finns risk att brunnen blir obrukbar under tiden som grundvattensänkningen sker (cirka 2 år totalt för samtliga brostöd). Effekten bedöms därmed som måttlig.

Bron över Dike till Norasjön och E4 planeras att genomföras med hjälp av omledning av E4 strax söder om trafikplats Vagnhärad. Inledande arbeten planeras vara markförstärkningsåtgärder för omledning av E4, vilka planeras genomföras med KC-pelare, pålning och lättfyllning. Lättfyllning som åtgärd innebär att delar av väg- och bankropp byts ut mot ett lättare material för att inte orsaka sättningar på grund av anläggningens egen vikt. Omledningen möjliggör byggnation av brostöd i mittremsan mellan norr- och södergående körfält på E4.

Ramperna till trafikplatsen har förstärkts med bankpålning med träpålar. Delar av ramperna norr om trafikplatsen rasade vid anläggandet ut mot åkermarken. De nya ramperna förstärktes med betongpålar men träpålar kan finnas kvar under de delar som inte påverkades av skredet. Träpålar är känsliga för grundvattensänkningar då en sänkning av grundvattnet till en nivå under pålskallarna medför risk för att de börjar ruttna. Sättningar till följd av en temporär grundvattensänkning kan även leda till påhängslaster på befintliga betongpålar. E4 är därmed väldigt känslig för grundvattensänkningar i området.

De delarna av E4 som ligger innan och efter delen som planeras att byggas om har grundvattenberoende grundläggning. Mellan omledningen av E4 och trafikplats Vagnhärad överskrids sättningskravet på 0,1 m för aktuell sträcka efter 2 år, om inga skyddsåtgärder vidtas. Innan omledning av E4 vid 20+200 har nedpressning rekommenderats för E4 på den nya omledda delen. Det är osäkert om lera finns kvar under vägbanken. Lerparametrarna kan variera mycket vid nedpressning och är svårbedömda. Inga känslighetsanalyser har utförts för denna sträcka. Den sammanvägda bedömningen av effekt på E4 från den temporära grundvattenbortledningen hanteras i *kapitel 7.3.1.3 Riskexponerade objekt- E4*.

Inom Fredriksdal 2:2 förekommer fyra byggnader (B1, B19, B23 och B5) med grundvattenberoende grundläggning som riskerar att påverkas av den temporära grundvattensänkningen vid anläggandet av brostöd vid Vagnhärad trafikplats. Den sammanvägda bedömningen för effekten på-samtliga byggnader inom fastigheten redovisas under *kapitel 7.3.1.3 Riskexponerade objekt- Byggnader med grundvattenberoende grundläggning*.

Dike till Norasjön, NO4-13645, NO4-13635 (lågt respektive måttligt naturvärde) och NH4-10226 (lågt värde) har en hydraulisk förbindelse med grundvattenförekomsten vid Fredriksdal. Eventuell påverkan av grundvattenbortledningen bedöms som försumbar och ingen effekt bedöms därmed uppstå.

Det förekommer en möjlig fornlämning L1984:8409 (Stensättning), beläget vid km 20+350 och en grundvattenkänslig fornlämning (Boplotsområde L2019:1275) vid km 19+150, inom påverkansområdet från brostöd över E4 vid Vagnhärad trafikplats. Den sammanvägda bedömningen för effekten på fornlämningarna redovisas under *kapitel 7.3.1.3 Riskexponerade objekt- Kulturvärden*.

Vid km 19+500 förekommer en dagvattenledning och vid km 20+000 förekommer två dagvattenledningar vid E4 som riskerar att påverkas av en grundvattensänkning. Ledningarna ligger på sättningsbenägen mark och bedöms vara grundvattenberoende. Arbetena förväntas pågå under begränsad tid vilket minskar risken för sättningar.

Inom påverkansområdet för bro över E4 finns en sekretessklassad ledning på sättningsbenägen mark och risk för sättningar kan inte uteslutas.

Cirka 10 av bropelarna (Y19-001) anläggs inom båtnadsområdet för Fredriksdals-Kumla 1944 torrlägningsföretag. Tillsammans upptar de en yta av cirka 1 300 m², som utgör cirka 0,4 % av det totala båtnadsområdet. Brostöden placeras utanför fåran för vattendraget och kommer således inte att påverka företagets anläggning fysiskt. På platsen förekommer idag tidvis översvämningssproblem av vattendraget på grund av begränsad kapacitet i diket. Anläggning av brostöden kommer inte att innebära ökad översvämningssrisk i området. Till följd av det ringa intrånget i båtnadsområdet, att företagets anläggning inte berörs av Y19-001 samt att brostöden inte leder till ökad översvämningssrisk bedöms effekten på företaget som obetydlig. Här förekommer även den befintliga tillstånden 8449 och 8343 som inte heller bedöms påverkas (se Kapitel 4.2.1).

7.3.2.3. Skyddsåtgärder

Vid anläggandet av brostöd för bron kan den temporära grundvattenbortledningen även leda till skador på E4 om inte skyddsåtgärder för att begränsa avsänkningen runt schakterna vidtas. Dessa åtgärder är även fördelaktiga för att förenkla produktionen då genomsläppligheten i friktionsjorden bedöms vara stor och en avsänkning inom schakt

utan tätande åtgärder kan bli svår. Åtgärderna som kan utföras vid behov är att brostöden kan utföras i vattenfyllda schakt, där det förekommer artesiska nivåer, eller inom schakter med tätskärm. Att utföra schakten i vattenfyllda schakt innebär att grundvattensänkning inte behöver utföras för att förhindra bottenuppträckning, därigenom minskar även risken att skapa kontaktvägar för grundvatten genom leran. Därmed bedöms effekterna på grundvattenförekomsten som obetydlig.

Till följd av att arbetet utförs i vattenfyllda schakt eller inom schakt med tätskärm kommer negativa effekter på omgivningen att minska. Utöver dessa skyddsåtgärder så kan skyddsinfiltration vid behov utföras för att skydda E4. Med skyddsåtgärder bedöms effekten på samtliga riskexponerade objekt som obetydlig.

7.3.2.4. Anläggning av byggväg inkl. bank i vattenområde samt anläggning av trummor Y18-002, Y19-006, Y19-008, km 18+700–19+700

Inom vattenområdet för Dike till Norasjön planeras en tillfällig byggväg att anläggas (Y18-002) för anläggandet av bron. Byggväg inklusive vägbank är cirka 10 m bred och upptar en yta av cirka 11 000 m² inom vattenområdet. Byggvägen korsar Dike till Norasjön vid cirka km 19+000 genom en dubbeltrumma (Y19-006, Y19-008). Diket omfattas av generellt biotopskydd (N04-13645) och bedöms i höjd med järnvägspassagen ha lågt naturvärde. Medelvattenföringen i diket är cirka 50 l/s, vilket gör att det finns risk för spridning av grumlande partiklar nedströms vid anläggandet av trummor och byggväg.

De i vattendraget förekommande arterna bedöms inte vara grumlingskänsliga utifrån att grumling antas vara en vanlig förekomst i samband med nederbörd, åkerbruk eller dikesrensning. Effekten av grumlingen på förekommande naturvärden bedöms därför vara liten. Endast en kortvarig grumling antas uppstå vid byggskedet. Den fysiska påverkan som uppstår på vattendraget i samband med anläggande av de drygt 20 meter långa dubbeltrummorna bedöms vara liten utifrån att trummorna utgör en liten del av diket totala längd som i befintligt tillstånd är bitvis rörlagt. Därutöver är trummor och byggväg temporära anläggningar varför den fysiska påverkan på diket också är temporär. Den permanenta fysiska effekten på diket bedöms således som obetydlig.

Delar av byggvägen (cirka 4 600 m²) anläggs inom båtlandsområdet för torrlägningsföretag Fredriksdal-Kumla (av år 1944). Ytan som upptas utgör drygt en procent av den totala ytan av båtlandsområdet. Dubbeltrummorna Y19-006 och Y19-008 medför även en tillfällig ändring av torrlägningsföretagets anläggning. Trummorna i Dike till Norasjön har dimensionerats så att funktionen i torrlägningsföretaget inte påverkas och trummorna är endast tillfälliga konstruktioner varvid påverkan på torrlägningsföretaget bedöms som obetydlig.

7.3.2.5. Anläggning av diken och trummor under byggväg, Y18-001, Y18-003, Y19-012, Y19-013, Y19-014, Y19-015

Under byggvägen vid Dike till Norasjön ska tre trummor (Y18-001, Y19-012, Y19-014) med anslutande diken (Y18-003, Y19-015, Y19-013) anläggas. De två trummorna med tillhörande diken vid cirka 19+400 anläggs inom båtlandsområdet för torrlägningsföretag Fredriksdal-Kumla (av år 1944) och upptar en yta om cirka 300 m² av båtlandsområdet. Åtgärderna utförs i de perifera delarna av området och upptar en mycket liten del av båtlandsområdet samt förväntas inte påverka flödet till markavvattningsföretaget varvid effekten av åtgärderna bedöms vara obetydliga.

Trumman och diket vid cirka km 18+900 (Y18-001, Y18-003) anläggs utanför båtnadsområdet för Tf Fredriksdal-Kumla. Diket leds till företagets anläggning men kommer inte att medföra någon ändring av anläggningens fysiska utformning och kommer inte påverka flödet till företaget varvid effekten på företaget bedöms vara obetydlig. Trumman anläggs cirka 20 meter uppströms Dike till Norasjön och bedöms inte riskera att påverka något riskexponerat objekt.

7.3.2.6. Bank, etableringsyta, serviceväg, trumma och diken, Y19-007, Y19-009, Y19-010, Y19-011, km 19+225–19+390

I anslutning till den nya järnvägsbron ska en järnvägs- och vägbank uppföras (del av Y19-005) inom Dike till Norasjöns vattenområde. Invid bankens nordöstra sida ska ett bankdike anläggas (Y19-009). Bankdiket avvattnas till en trumma (Y19-007) för att sedan ledas via ett nytt dike (Y19-010) mot Dike till Norasjön. Därutöver ska en serviceväg anläggas (del av Y19-005) inom vattenområdet, väster om den planerade järnvägen. Delar av servicevägens dike (Y19-011) används för att leda om ett befintligt mindre dike från nordväst.

Samtliga av ovan nämnda vattenverksamheter utförs helt eller delvis inom båtnadsområdet för torrlägningsföretag Fredriksdal-Kumla (av år 1944). Åtgärderna upptar en yta av båtnadsområdet om cirka 8 270 m², vilket motsvarar drygt 3 % av båtnadsområdet. Ett av diken (Y19-010) leds till företagets anläggning men kommer inte att medföra någon ändring av anläggningens fysiska utformning. Effekten bedöms således som obetydlig.

7.3.2.7. Ny rörledning Y19-016, km 19+490-19+520

Till följd av anläggandet av ett brostöd (vid cirka km 19+890) för bron över Dike till Norasjön och E4 behöver en befintlig ledning läggas om på en sträcka av cirka 100 meter. Ledningen anläggs inom båtnadsområdet för torrlägningsföretag Fredriksdal-Kumla (av år 1944) men effekten av vattenverksamheten bedöms vara obetydlig, då den inte påverkar flödet till företaget.

7.3.2.8. Schakt för brostöd och ny rörledning Y20-006, Y20-007, km 20+040–20+110

Sydväst om Vagnhärad trafikplats (km 20+250) övergår bron till fastmark, schakt för grundläggning av brostöd (Y20-006) planeras vid km 20+110 vilket ligger inom vattenområdet för den kulverterade delen av Dike Vagnhärad. Inom området planeras även omläggning av en befintlig rörledning söder om E4, vid km 20+040–20+110, längs en sträcka om cirka 130 meter (Y20-007). Detta görs eftersom den befintliga åkerkulverten hamnar under planerat brostöd. Den nya kulverten anläggs med samma dimension och lutning som den befintliga och ansluts till befintlig kulvert under E4 mot Dike till Norasjön. Omläggning av den befintliga kulverten säkerställer att dränering av åkermarken inte förändras jämfört med befintlig situation. Avrinningsförhållandena uppströms och nedströms bedöms inte påverkas till följd av omläggningen och anläggandet av brostödet. Således bedöms effekten på den enskilda ledningen (befintlig åkerkulvert) av de två vattenverksamheterna som obetydlig.

7.3.3. Skärningar

Inom delområde Tullgarn och Vagnhärad förekommer sju skärningar som ger upphov till permanent grundvattenbortledning. Av dessa bedöms tre av skärningarna varken påverka några enskilda eller allmänna intressen eftersom det inte finns några grundvattenberoende objekt inom påverkansområdena.

De vattenverksamheter som inte bedöms påverka några enskilda eller allmänna intressen är:

- G15-004, km 15+200
- G20-007, km 20+500
- G21-007, km 21+000

De vattenverksamheter där riskexponerade objekt finns inom bedömt påverkansområde är:

- G15-005, km 15+900
- G20-009, km 20+290–20+590
- G20-008, km 20+500
- Y20-005, 20+430–20+460

Vattenverksamheten G15-004, G15-005, G20-007 och G20-008 uppkommer på grund av skärning för service- bygg- eller ersättningsvägar.

7.3.3.1. Skärning G15-005 km 15+900

Inom påverkansområdet för skärningen förekommer en dagvattenledning som ligger på sättningsbenägen mark och därmed kan påverkas av grundvattensänkningen. Dagvattenledningen kommer att ersättas av en ny trumma då vägen byggs om (Y15-015 och Y15-016). Skärningen bedöms därmed inte innebära någon effekt.

7.3.3.2. Skärning G20-009 km 20+290–20+590, G20-008 km 20+500, Y20-005 km 20+430–20+460

Skärningen G20-009 är den första av två skärningar som påverkar våtmark (V20-001), se *Teknisk beskrivning vattenverksamhet*, Bilaga C1 för ritning i plan. Skärningen G20-008 uppkommer till följd av ombyggnationen av Kalkbruksvägen och innebär en permanent grundvattensänkning som riskerar att sänka av vattennivån i ytterkanten av våtmarken. Skärningen som går igenom våtmarken V20-001 innebär även arbete i vattenområde och har därmed även tilldelats ett ID för ytvatten, Y20-005. Åtgärden inom vattenområdet upptar cirka 1 200 m² yta av våtmarken, vilket utgör cirka 14 % av den totala ytan av objektet. Det blöta området i den utpekade våtmarken (V20-001), vid km 20+500, utgörs mestadels av ett dike men det förekommer även andra ytor med våtmarkskaraktär. Våtmarken består av en barrblandskog med blöt karaktär (naturvärdesobjekt NO4-28882, högt värde).

Jordartskartan visar på, i huvudsak, underliggande morän och berg men fältbesök i läge för skärningen indikerade lera. Under fältbesöket noterades relativt små jorddjup i våtmarken. Längs påverkansområdesgränsen, söder om järnvägen, var jorddjupet mindre än 20 cm och runt om noterades berg i dagen. Längs påverkansområdesgränsen, norr om järnvägen noterades också ett grunt jorddjup. I mitten av våtmarken var dock djupet cirka 0,6 meter. Våtmarken har ett avrinningsområde på cirka 4 ha och har ett beräknat medeltillflöde från avrinningsområdet på cirka 0,4 l/s. Vid marksondering i våtmarken påträffades ingen mäktighet av torv utan markprofilen under det översta organiska materialet bestod till stor del av lera. Till följd av anläggandet av järnvägen kommer våtmarken att skäras av. Avskärningen av våtmarken medför att delen i nordväst kommer att få minskad tillrinning vilket leder till torrare förhållanden. Den minskade tillrinningen beräknas till cirka 0,2 l/s. Cirka 30 % av våtmarken (den nordvästra delen) bedöms bli påverkad med 50 % minskad tillrinning.

Skärningen G20-009/Y20-005 kommer även innebära att delar av våtmarken förviner i den norra delen av våtmarken. Trots att lera påträffats i området går det inte att utesluta att våtmarken står i kontakt med grundvattnet och därmed påverkas av avsänkningen från skärningen. Samtidigt är den södra delen och den allra nordligaste änden av våtmarken fortsatt ytvattenförsörd. Tillförseln av ytvatten överskrider sannolikt grundvattenbortledningen varför stora delar av våtmarken förväntas fortsatt vara blöta.

Längs med sträckan kommer det även utföras en hel del utskiftning som kommer innebära en temporär grundvattenbortledning.

Det finns risk för att delar av våtmarken torrläggs på grund av påverkan från de två skärningarna. Vissa delar av våtmarken kommer sannolikt att bli mindre blöta under delar av året, på grund av grundvattenbortledningen, men den största delen av våtmarken förväntas dock kvarstå. En mindre del av naturvärdesobjektet kommer att tas i anspråk av järnvägsanläggningen. För det återstående naturvärdesobjektet blir markförhållanden torrare i biotopen men objektets naturvärden är främst knutna till skoglig kontinuitet och äldre träd som inte direkt är kopplade till markfuktighetsgraden, dock bidrar fuktstråket i området till biotopens helhetsvärde och effekten för naturmiljön bedöms bli liten till måttlig. De naturvårdsarter som finns registrerade är främst knutna till den torrare marken som omger naturvärdesobjektet. De fuktkrävande arter som registrerats är vanligt förekommande arter, inga rödlistade eller skyddade arter. Därmed bedöms effekten för förekommande arter vara liten. Den samlade effekten för naturmiljö bedöms bli liten–måttlig. Behov av skyddsåtgärder har utretts. Eftersom värdena inte är direkt kopplade till blötheten bedöms det inte finnas behov av skyddsåtgärder.

7.3.4. Tillfälliga schakt

Inom delområde Tullgarn och Vagnhärad finns ytterligare tio platser med tillfälliga schakt som var för sig ger upphov till temporär grundvattenpåverkan genom bortledning av grundvatten. Av dessa bedöms tre av schakterna varken påverka några enskilda eller allmänna intressen eftersom det inte finns några grundvattenberoende objekt inom påverkansområdena.

De vattenverksamheter som inte bedöms påverka några enskilda eller allmänna intressen är:

- G20-006, km 20+778
- G20-013, km 20+840–20+850
- G20-015, km 20+900–20+940.

De vattenverksamheter där riskexponerade objekt finns inom bedömt påverkansområde är:

- G15-009, km 15+130
- G20-002, km 20+630–20+730
- G20-003, km 20+975–21+015
- G20-011, km 20+740–20+770
- G20-012, km 20+780–20+830
- G20-014, km 20+860–20+890
- G21-011, km 21+015–21+030.

7.3.4.1. *Utskiftning G20-002, G20-011, G20-012, G20-014, G21-011, km 20+630–21+030*

Viss utskiftning planeras att utföras på flera platser mellan km 20+630 och km 21+030. Längs sträckan påträffas berg i dagen men även jorddjup på upp mot 9 meter. Det förekommer högt grundvattentryck i de mindre lerpartierna mellan cirka km 20+400 och km 21+900. Detta innebär att det finns en risk för bottenupptryckning av jordmassor vid grundläggning i leran. För utskiftningen kommer en temporär bortledning av grundvatten att erfordras. Den avsänkingsnivån som uppstår till följd av utskiftningen kommer variera längs med sträckan men motsvarar som mest en nivå cirka 4 meter under grundvattnets trycknivå.

Påverkan från utskiftningarna G20-002, G20-011, G20-012, G20-014, G21-011 bedöms som temporär och berör riskexponerade objektet våtmarken V20-003 som innefattar en fuktig gräsmark med ett dike som löper genom området (NO4-28885) med lågt värde.

Våtmarkerna V20-003 ligger på lera vilket indikerar tät botten och att våtmarkerna inte står i kontakt med grundvattnet. Bortledningen av grundvatten och därmed avsänkningen bedöms bli liten och tidsbegränsad. Förhållandena i våtmarken bedöms inte påverkas i någon betydande omfattning. För NO4-28885 bedöms effekten vara obetydlig-liten för både biotop och arter. Inga rödlistade, skyddade eller andra naturvårdsarter förekommer. Våtmarken V20-003/ NO4-28885 kommer att försvinna i sin helhet med anledning av anläggandet av Vagnhärad resecentrum där planläggning pågår av Trosa kommun.

7.3.4.2. *Schakt för brostöd G20-003, km 20+975–21+015*

Vid Kalkbruksvägen (väg 838) kommer den planerade järnvägsanläggningen att gå på bro mellan km 20+975 och km 21+015, vilket medför att befintlig väg kommer att behöva sänkas cirka 1–1,5 meter under passage av järnvägen. Anläggningen av vägen bedöms inte medföra vattenverksamhet. Vid grundläggning av brostöd kommer det att krävas en temporär bortledning av grundvatten.

7.3.5. Dikes-, trum- och rörlägningsåtgärder

Inom delområde Tullgarnstunneln utförs ett fyrtiotal dikes-, trum- och rörlägningsåtgärder som ger upphov till vattenverksamheter. Av dessa bedöms 10 varken påverka några enskilda eller allmänna intressen då det inte finns något riskexponerat objekt som berörs av dessa. Kulvert- och dikesåtgärderna samt anläggandet av trummor utgör vattenverksamhet till följd av arbete i vattenområde eller omledning av vatten från vattenområde.

De vattenverksamheter som inte bedöms påverka några enskilda eller allmänna intressen är:

- Y14-011, km 14+900–15+060, anläggning av dike för omledning av befintlig rinnväg
- Y15-002, km 15+060, anläggning av trumma under järnväg i befintlig rinnväg för omledning av rinnväg och bortledning av vatten vid extrema skyfall
- Y15-003, km 15+070, anläggning av trumma under järnväg i befintlig rinnväg för omledning av rinnväg och bortledning av vatten vid extrema skyfall
- Y15-004, km 15+070–15+080, anläggning av trumma under lokalgata för omledning av rinnväg och bortledning av vatten vid extrema skyfall
- Y15-005, km 15+050–15+080, bank, bankdike och teknikgård bland annat för omledning av rinnväg
- Y18-001, km 18+850, anläggning av trumma under byggväg för genomledning av rinnväg
- Y20-002, km 20+800, ny trumma under allmän väg för genomledning av rinnväg
- Y20-003, km 20+850, ny trumma under spår för genomledning av rinnväg
- Y20-012, km 20+970–21+000, nytt dike längs serviceväg för omledning av dike
- Y21-003, km 21+020–21+030, ny trumma under serviceväg för omledning av dike
- Y21-004, km 21+030–21+080, nytt dike längs serviceväg för omledning av dike.

De vattenverksamheter som har riskexponerade objekt som riskerar att påverkas av vattenverksamheten är:

- Y14-003, Bank, bankdike och etableringsyta
- Y14-008, km 14+720–15+100, omläggning av rörledning och delvis rörläggning av dike som anpassning till järnvägsanläggning
- Y15-008, km 15+170–15+200, fördjupning av befintligt åkerdike
- Y18-003, km 18+850–18+870, anläggning av dike
- Y19-006, km 19+000, anläggning av trumma under byggväg (en av två dubbeltrummor)
- Y19-007, km 19+350, trumma under ny serviceväg
- Y19-008, km 19+000, anläggning av trumma under byggväg (en av två dubbeltrummor)
- Y19-009, km 19+255, anläggning av nytt dike
- Y19-010, km 19+360–19+390, anläggning av nytt dike
- Y19-011, anläggning av nytt dike
- Y19-012, km 19+410, ny trumma under byggväg
- Y19-013, km 19+410–19+460, anläggning av nytt dike
- Y19-014, km 19+460–19+470, ny trumma under byggväg
- Y19-015, km 19+450–19+461, anläggning av nytt dike
- Y19-016, km 19+490–19+520, anläggning av ny rörledning.

Dessa vattenverksamheter ligger i diken som omfattas av biotopskydd, påverkan på de biotopskyddade diken till följd av järnvägsanläggningen hanteras i MKB för järnvägsplanen:

- Y15-009, km 15+560, ny trumma under byggväg för omledning av dike
- Y15-010, km 15+650–15+670, ny trumma under byggväg för omledning av dike
- Y15-011, km 15+700–15+720, ny trumma under byggväg för omledning av dike
- Y15-012, km 15+680, ny trumma under byggväg för omledning av dike
- Y15-013, km 15+830, ny trumma under byggväg för omledning av dike
- Y15-014, km 15+825, ny trumma under byggväg för omledning av dike
- Y15-015, km 15+830, ny trumma under byggväg för omledning av dike
- Y15-016, km 15+830–15+830, nytt dike för omledning av dike
- Y15-017, km 15+825–15+830, nytt dike för omledning av dike
- Y15-018, km 15+840–15+850, nytt dike för omledning av dike
- Y15-019, km 15+560–15+840, fyllning av väg
- Y15-020, km 15+560–15+650, nytt dike för omledning av dike
- Y15-021, km 15+670–15+700, nytt dike för omledning av dike
- Y15-022, km 15+720–15+840, nytt dike för omledning av dike.

7.3.5.1. Omläggning av rörledning Y14-008 km 14+720–15+100 och fördjupning av befintligt åkerdike Y15-008 km 15+170–15+200

På Lindefältet öster om spårområdet planeras omläggning av befintlig rörledning (Y14-008) där mynningen går ut en bit i befintligt dike, Dike Nybygget, som anpassning till järnvägsanläggningen. Den nya rörledningen är av större dimension än den befintliga och anläggs djupare än befintlig ledning för att erhålla tillräckligt fall på sträckan. Den större dimensionen ska möjliggöra omhändertagande av dräneringsvatten från tunneln. Nedströms rörledningen fördjupas befintligt dike (Y15-008), Dike Nybygget, längs en sträcka av cirka 60 meter som anpassning till den fördjupade rörledningen, se *Teknisk beskrivning vattenverksamhet*, Bilaga C1 för ritning i plan över Y14-008 och Y15-008.

Medelvattenflöde i rörledningen är cirka 0,003 m³/s. Avrinning från avrinningsområdet uppströms den nya rörledningen är idag begränsad av befintlig trumma under E4. Denna kommer även fortsättningsvis begränsa tillflödet mot åkermarken från större delen av avrinningsområdet uppströms. Fördjupning av rörledningen och diket innebär en viss förbättrad avvattning av åkermarken på grund av en lokal sänkning av grundvattennivåer. Sammantaget bedöms omläggning av rörledningen i åkermarken ge en liten permanent effekt på åkermarkens avvattningssystem.

Det anslutande Dike Nybygget, där fördjupning görs (Y15-008), är biotopskyddat och en del av naturvärdesobjektet NO4-13871 med måttligt naturvärde och med förekomst av åkergroda, vanlig groda och mindre vattensalamander, som har starkt skydd enligt artskyddsförordningen. Naturvärdesobjektet NO4-13871 utgörs av dike och viltvatten (viltvattnet uppströms Sörsjön). Hela dikessträckan ned till Sörsjön inkl. viltvattnet är cirka 530 m och viltvattnet, som har en yta på cirka 8 600 m², är lokaliserad cirka 50 meter nedströms den planerade dikesfördjupningen. Dike Nybygget mynnar ut i Sörsjön (NO4-13633) som har högt naturvärde. Ungefär 4 meter av det öppna diket kommer att rörläggas, vilket motsvarar cirka 0,8 % av hela dikessträckan. Effekten på biotopen NO4-13871 av rörläggning och fördjupning av diket bedöms som liten i driftskedet eftersom återetablering av naturvärden i större delen av diket är möjlig efter en tid. I byggskedet finns risk för grumling, som kan påverka naturmiljön i diket och viltvattnet.

Grävning i aktuell dikessträcka av Dike Nybygget (Y15-008, Y14-008) kan påverka åkergrodan, en art som har starkt skydd enligt artskyddsförordningens 4 §. Som skyddsåtgärd för åkergroda i samband med schaktarbeten i Dike Nybygget kommer arbete i vattendraget ske i torrhet eller med omledning av vattnet förbi arbetsområdet, för att förhindra grumling i Dike Nybygget och viltvattnet nedströms. Groddjursstängsel kommer att användas vilket placeras ut inom den period som groddjur inte finns i vattnet. Arbete i vattendraget kommer ske i torrhet eller med omledning av vattnet förbi arbetsområdet. Om skyddsåtgärder vidtas bedöms effekten på förekommande arter bli obetydlig. Utan skyddsåtgärder bedöms påverkan på objektet bli stor i byggskedet om den skyddade arten förekommer i diket vid grävningstillfället. Vattenverksamheterna i form av dikesfördjupning och rörläggning (Y14-008, Y15-008) bedöms inte medföra någon effekt på naturvärdena i Sörsjön (NO4-13633) och Dike Nybygget. Viltvattnet uppströms Sörsjön bedöms förhindra att grumling som kan uppstå vid vattenverksamheterna under byggskedet når vidare till Sörsjön. I driftskedet leds inläckage grundvatten från Tulgarnstunneln till Norasjön, vilket gör att tillrinningen mot Sörsjön beräknas minska med 6 l/s. Det medför att vattenomsättningen i Sörsjön minskar men bedöms inte medföra några konsekvenser på växt- och djurliv.

Vattendrag ska enligt Trafikverkets riktlinjer av tekniska skäl korsas järnvägsanläggningen vinkelrätt mot anläggningen. Detta medför att dikes-/kulvertsträckan blir längre än tidigare och att kulverten nedströms järnvägen behöver sänkas för att bibehålla tillräckligt fall. Fördjupningen/sänkningen om cirka 0,2 m medför ökat avvattningsdjup lokalt kring den sänkta kulverten och längs den fördjupade dikessträckan nedströms anläggningen. Avvattningen är dock en bieffekt och syftet med åtgärden är en teknisk anpassning av kulverten till järnvägsanläggningen. Syftet berör vare sig avvattning för att förbättra fastighetens lämplighet för anläggningen eller annat skydd mot vatten. Fördjupningen/sänkningen betecknas därför inte som markavvattning. Fördjupningen bedöms ge en liten och mycket lokal avvattningspåverkan på omgivande mark.

7.3.6. Övrigt

7.3.6.1. *Bank, bankdike och etableringsyta Y14-003 km 14+700–15+040*

Mellan km 14+700 och km 15+040 kommer järnvägen att gå på bank över vattenområdet vid Lindefältet. Det kommer att anläggas en tryckbank och etableringsytor samt utföras grävning av bankdike (Y14-003). Den yta som ska fyllas inom vattenområdet uppgår till cirka 1,5 ha (järnvägsbank och upplagsyta). Cirka 300 meter nedströms ligger ett biotopskyddat dike (NO4-13871) med måttligt naturvärde och förekomst av åkergroda, som har starkt skydd enligt artskyddsförordningen. Eventuell påverkan på NO4-13871 kan uppstå vid avrinning från åtgärdsytan (Y14-003) via en åkerkulvert, se avsnitt, se Y14-008. Medelvattenflöde i åkerkulverten är cirka 3 l/s vilket innebär att det tidvis är torrt i kulverten. Avståndet mellan åtgärdsplatsen för Y14-003 och NO4-13871 samt det ringa medelvattenflödet i åkerkulverten gör att effekten på NO4-13871 bedöms som obetydlig om arbete inte genomförs vid stora regnhändelser.

7.3.6.2. *Upplagsyta, Y20-004 km 20+800–20+980*

Anläggandet av upplagsytan (Y20-004) påverkar en våtmark (V20-002) som utgörs av två alsumpskogar (NO4-28881 och NO4-28884). NO4-28884 har lågt naturvärde och NO4-28881 har måttligt naturvärde. Våtmarken och alsumpskogarna kommer att förvinna helt i och med genomförande av järnvägsplanen och någon påverkan på våtmark och naturvärden uppkommer därför inte till följd av vattenverksamheten.

7.3.6.3. *Dagvattenmagasin G20-010 km 20+990*

Ett dagvattenmagasin, med syfte att flödesutjämna, planeras på östra sidan av anläggningen vid km 20+990. Magasinets bottennivå ligger på cirka +30. Det bedöms motsvara cirka 1 meter under grundvattnets trycknivå, vilket medför att en permanent grundvattenbortledning kan ske genom dagvattensystemet. Beräkningar av påverkansområdet från den permanenta avsänkningen vid dagvattenmagasinet visar att inga omgivande objekt riskerar att påverkas av grundvattenbortledningen.

8 Trosaåns dalgång och Hillesta, km 21+035 – km 27+860

8.1. Översikt

I delområdets norra del kommer järnvägsanläggningen att gå i omväxlande skärning och på bank genom höjdparter mellan km 21+035–21+910. Därefter kommer planerad järnvägsanläggning att passera Trosaåns dalgång på en 1,7 kilometer lång bro för att sedan återigen gå i omväxlande skärning och bank genom ett låglänt område. Vid passage av höjdparter söder om Hillesta planeras en drygt 600 meter lång bergtunnel med efterföljande cirka 600 meter lång bergskärning. Därefter följer skärningar, broar och bankar till slutet av delområdet.

Det förekommer ett flertal anläggningsdelar och arbetsmoment som ger upphov till vattenverksamheter längs sträckan, såsom bergtunnel, skärningar, tillfälliga schakt, broar, passage av våtmarker med mera. Samtliga vattenverksamheter i delområde Trosaåns dalgång och Hillesta redovisas i Figur 38 och Figur 39.

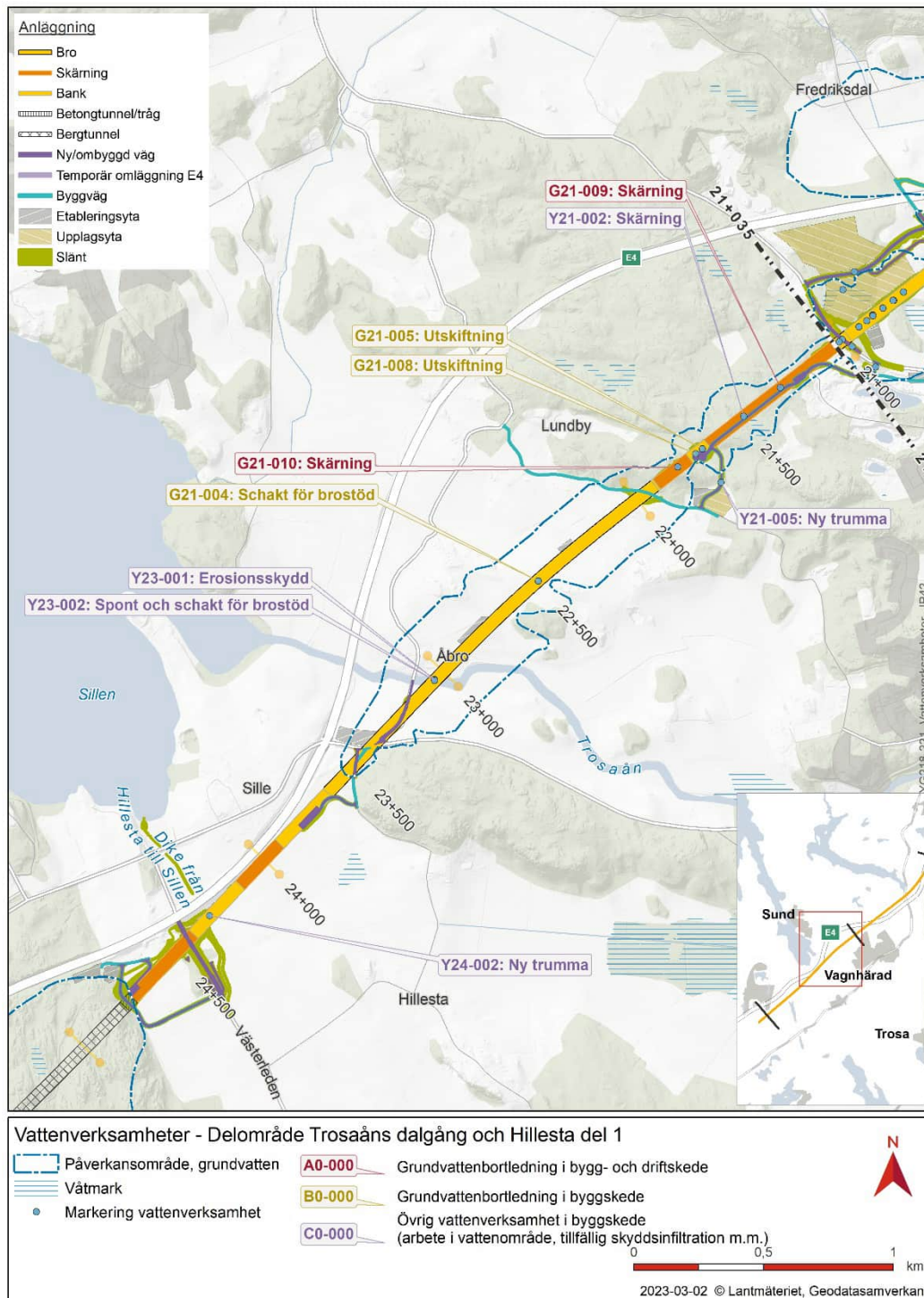
Dricksvattenbrunnar inom påverkansområdet har identifierats väster om planerad järnvägsanläggning vid Trosaån (km 23+000) samt norr om planerad järnvägsanläggning vid km 25+700. Energibrunnar har identifierats vid Trosaån. I Trosaåns dalgång passerar järnvägsanläggningen Tunsätter grundvattenförekomst. Längs sträckan förekommer även grundvattenkänsliga kulturobjekt på ömse sidor om planerad järnväg och i höjdparter passerar järnvägen våtmarker såväl söder som norr om Trosaåns dalgång. Naturvärden finns dels i våtmarkerna, dels i vattendrag längs med sträckan.

Hydrogeologiska kartor med vattenverksamheter, påverkansområden, mätpunkter för grundvatten och hydrauliska tester presenteras i Bilaga D.2.1 *Hydrogeologiska kartor med planerade vattenverksamheter och påverkansområden 4.2* och Bilaga C.1 *Översikt anläggning och vattenverksamheter i plan 4.2*.

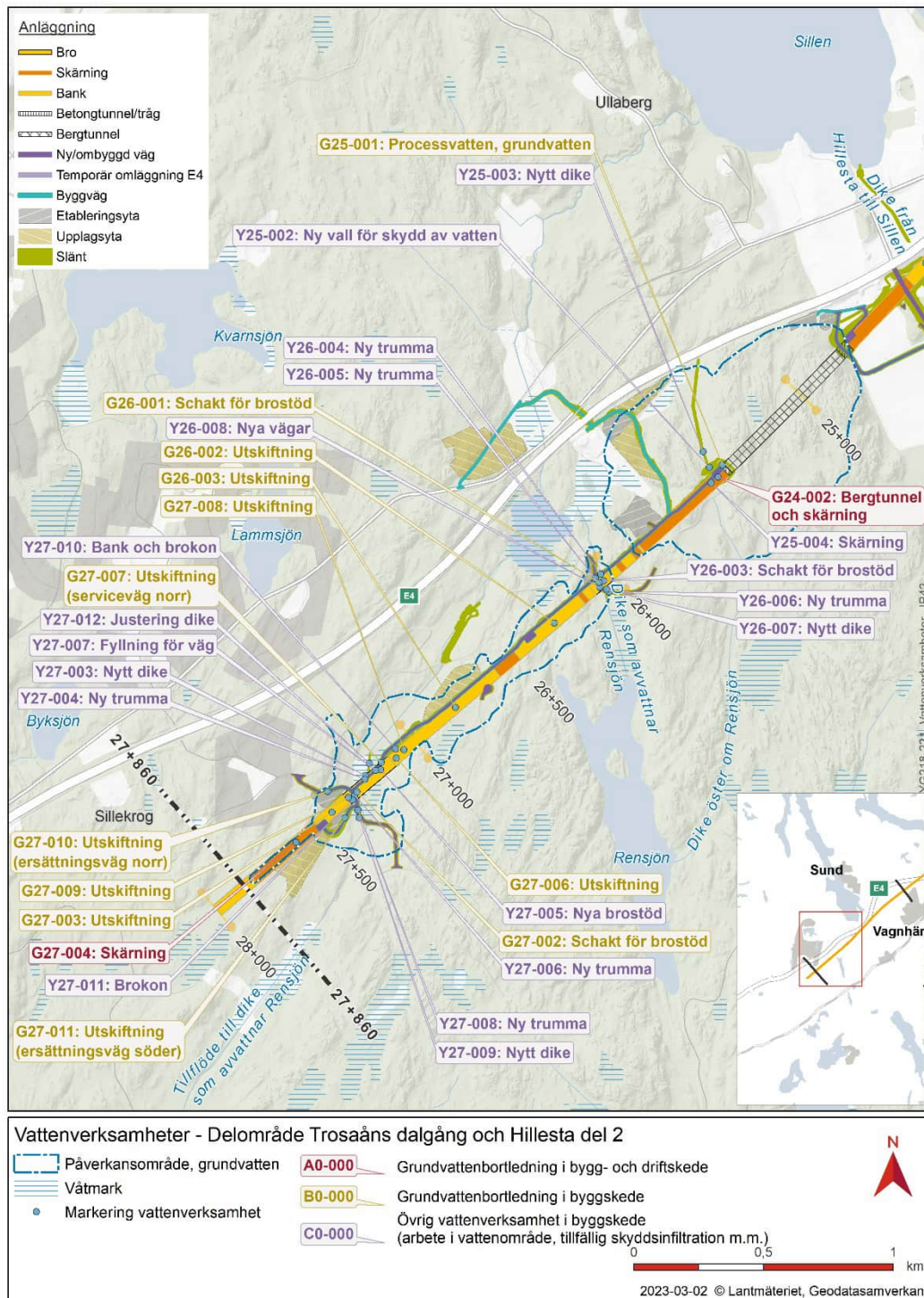
Samtliga inventerade värden och objekt redovisas i Bilaga D.2.2 *Yt- och grundvattenberoende objekt 4.2*. Alla riskexponerade objekt inom delområdet redovisas i Figur 44 och Figur 45.

I Bilaga D.2.3 *Beräkningar grundvatten* redovisas underlag, metoder, antaganden och beräkningsresultat som påverkans- och effektbedömningar i ansökan baseras på.

I Bilaga D.1 *Bedömningsgrunder* redovisas en bedömningsskala enligt vilka de riskexponerade objektens värde bedömts samt vilken effekt som uppstår på grund av vattenverksamheten. För vissa objekt har det inte varit möjligt att ange generella bedömningsgrunder utan varje bedömning har behövt göras objektspecifikt, till exempel bedömning på sättningskänsliga byggnader och våtmarker.



Figur 38: Vattenverksamheter inom norra delen av delområde Trosaåns dalgång och Hillesta. Angiven markering för vattenverksamhet är en centrumpunkt. Våtmark (randig symbol) är en sammanslagning av våtmarker och sankmark från marktäckedatabasen och terrängkartan. G i namnet på vattenverksamheten innebär vattenverksamhet som medför grundvattenbortledning eller infiltration och Y arbeten i ytwaterområde.



Figur 39: Vattenverksamheter inom södra halvan av delområde Trosaåns dalgång och Hillesta. Markering vattenverksamhet är en centumpunkt. Våtmark (randig symbol) är en sammanslagning av våtmarker och sankmark från marktäckedatabasen och terrängkartan. G i namnet på vattenverksamheten innebär vattenverksamhet som medför grundvattenbortledning eller infiltration och Y arbeten i ytvattenområde eller markavvattning.

8.2. Områdesbeskrivning

8.2.1. Topografi och markanvändning

Topografin varierar kraftigt på delsträckan och järnvägsanläggningen kommer att passera flera höjdparter men även den större dalgången kring Trosaån samt dalgången längre söderut vid Västerleden.

I norra delen av delområdet kommer anläggningen att passera flera mindre höjdparter i en skärning mellan km 21+040–21+910. Därefter kommer anläggningen att gå över Trosaåns dalgång på en drygt 1,7 kilometer lång bro som sedan övergår i växelvis bank grund skärning över efterföljande dalgång vid Hillesta. Söder om dalgången kommer planerad järnvägsanläggning att gå in i en bergtunnel som följs av en bergskärning. Söder därom passerar järnvägen höjdparter och mindre låglänta partier på omväxlande bank, bro och i skärning till delområdets södra gräns.

Längs delområdet förekommer endast gles bebyggelse. Markanvändningen domineras av jordbruk och skog. Jordbruksmark förekommer främst längs med Trosaåns dalgång, cirka km 22+000–24+750.

8.2.2. Mark- och vattenförhållanden

8.2.2.1. Berggrund

Planerad sträckning passerar ett relativt högt fastmarksområde mellan km 23+400–23+600 med berg i dagen. Berg i dagen har också påträffats vid km cirka 22+400 och mellan km 23+750–23+850. Ett fåtal hållar, bestående av sedimentgnejs, pegmatit och granitisk gnejs med underordnad pegmatit och diabas har karterats.

Vid cirka km 24+750 till slutet av delområdet kommer planerad järnvägsanläggning passera genom höjdområden med endast ett fåtal mindre svackor. Höjdområdena utgörs av berg i dagen som delvis överlagras av tunnare jordlager. Fram till km 25+900 består berggrunden av metavacka med ådergnejsstruktur enligt SGU:s kartmaterial. Mellan km 25+900 och km 26+400 består berggrunden av gnejs med tonalitisk – granodioritisk sammansättning. Från km 26+400 består berggrunden av metavacka med ådergnejsstruktur.

En tydlig svaghetszon går tvärs över planerad tunnel (Hillestatunneln) vid km 25+105–25+145. Det finns också fyra troliga svaghetszoner samt åtta möjliga svaghetszoner längs sträckan. Svaghetszonerna är potentiellt vattenförande. Grundvattennivåmätningar i berg visar på relativt marknära grundvattennivåer som fluktuerar mellan marknivå och ett par-tre meter under densamma. En samvariation med nivåer i jord har noterats.

8.2.2.2. Ytvatten

De nordligaste 200 meterna av delområdet går genom delavrinningsområdet 653840-160114 som mynnar i Gälöfjärden (WA43490660). Därefter korsar anläggningen delavrinningsområdet 653709-159308 som har sitt utlopp i Sillen (WA24383157) och Trosaåns avrinningsområde (653361-160003). Det fjärde avrinningsområdet som berör delområdet är Rensjöns avrinningsområde (653419-159202) som anläggningen korsar i den norra delen av avrinningsområdet. Den södra delen av delområdet korsar ett avrinningsområde (653631-159189) som också mynnar ut i Sillen. Både Rensjön och Sillen avvattnas via Trosaån som mynnar i Trosafjärden (WA35006227).

Järnvägsanläggningen kommer att passera Trosaån på bro vid cirka km 23+000. Trosaån är ett för regionen stort vattendrag med en årsmedelvattenföring på 3,8 m³/s. Ån utgör vattenförekomst (WA24889316) och omfattas av strandskydd. Vid korsningen

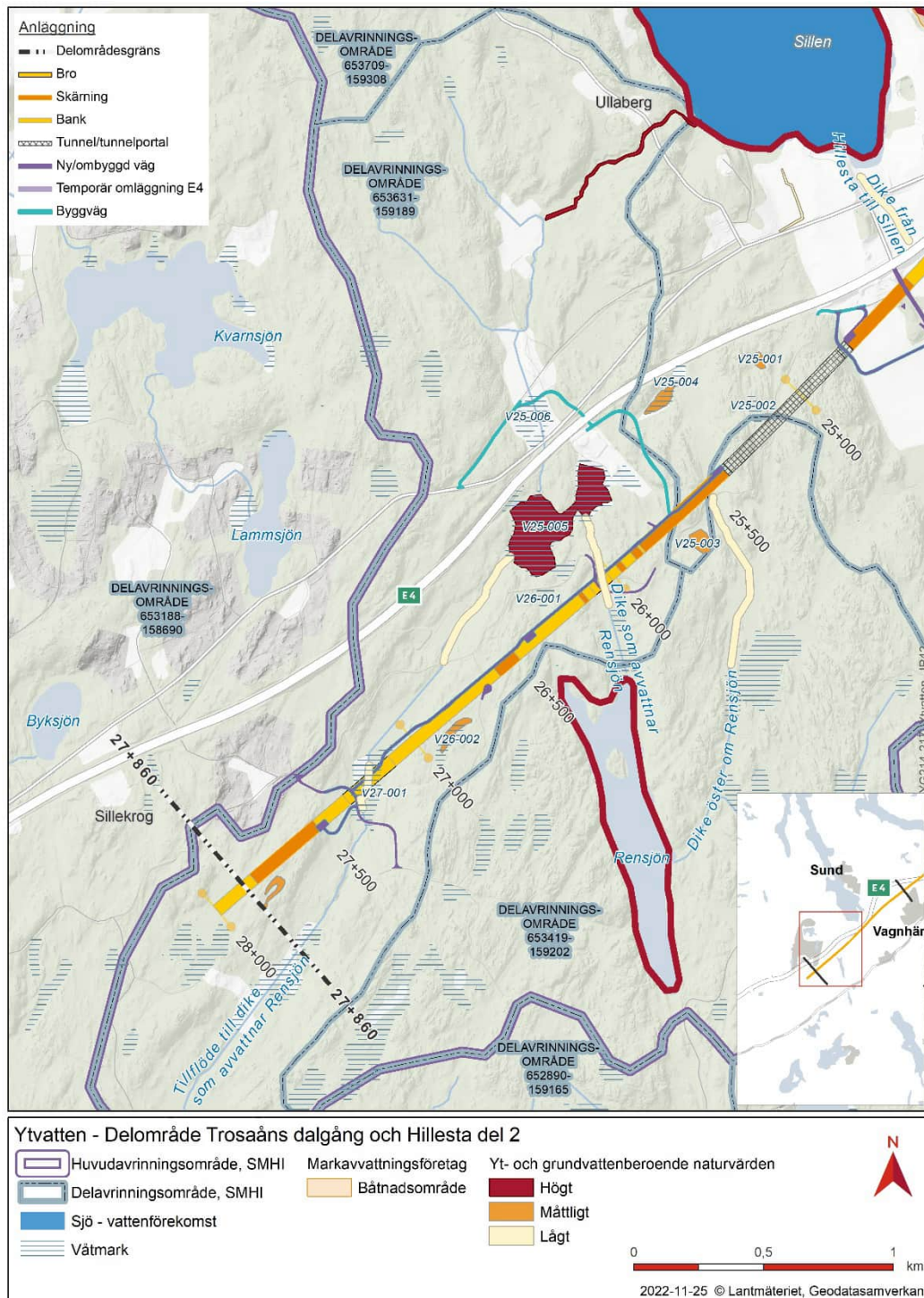
med den planerade järnvägen är vattendraget cirka 15 meter brett och fyra meter djupt. Trosaån är påverkad av uträtning och övergödning men utgör med sin storlek och sina ekologiska funktioner en värdefull miljö med många fiskarter och fyra stormusselarter (varav en rödlistad), varför naturvärdet bedöms som högt.

Sillen och Rensjön berörs inte direkt men järnvägsanläggningen kommer att korsa deras tillrinningsområden då anläggningen kommer att gå på bro som korsar ett dike som rinner mellan Rensjön och Sillen (Dike som avvattnar Rensjön). Därefter kommer järnvägsanläggningen att gå på bro över ett dike vid km 27+250 (Tillflöde till Dike som avvattnar Rensjön). Detta dike rinner via Brännvretens våtmark vidare mot Sillen. Dikena är små och har låga naturvärden. Dock har Brännvretens våtmark, belägen vid km 25+800 till 26+300, pekats ut i artskyddsutredningen som ett särskilt viktigt område.

På sträckan kommer järnvägsanläggningen att passera ett antal vattendrag och våtmarker. Vissa av dessa våtmarker inrymmer naturvärden, se Figur 40 och Figur 41.



Figur 40: Översiktskarta över ytvatten i norra halvan av delområde Trosaåns dalgång och Hillesta. Klassning av grundvattenberoende naturvärden (högt-måttligt-lågt) har endast gjorts på inventerade/berörda naturvärden. Våtmark (randig symbol) är en sammanslagning av våtmarker och sankmark från marktäckedatabasen och terrängkartan.



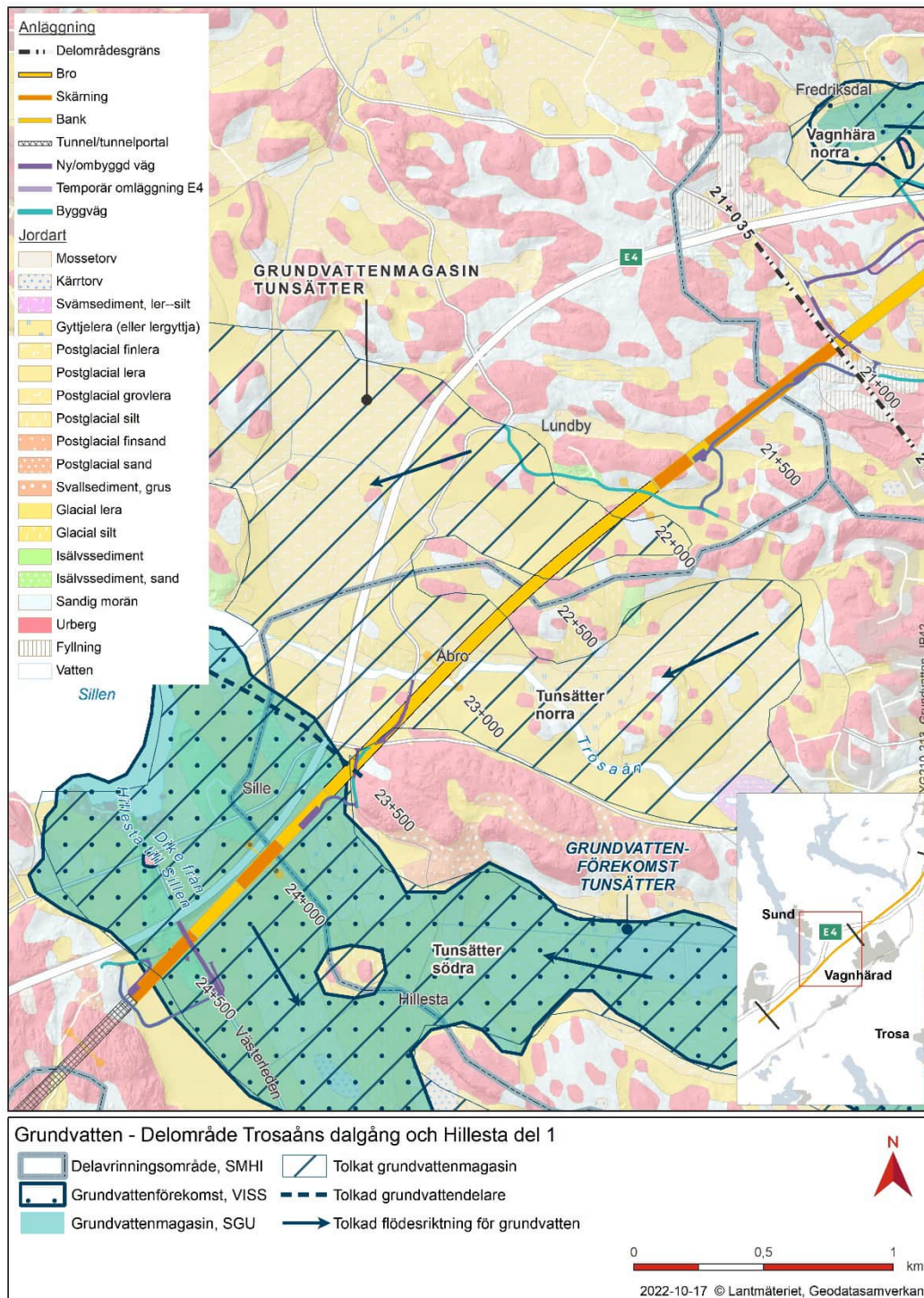
Figur 41: Översigtskarta över ytvatten i södra halvan av delområde Trosaåns dalgång och Hillesta. Klassning av grundvattenberoende naturvärden (högt–måttligt–lågt) har endast gjorts på inventerade/berörda naturvärden. Våtmark (randig symbol) är en sammanslagning av våtmarker och sankmark från marktäckedatabasen och terrängkartan.

8.2.2.3. Grundvatten och jordartsgeologi

Det tolkade grundvattenmagasinet Tunsätter, även kallat Magasin Tunsätter, finns i friktionsjorden under leran i Trosaåns dalgång och efterföljande lågområde och har huvudsaklig utbredning i nordvästlig-sydöstlig riktning, se Figur 42. Mellan den norra och södra delen av magasinet, vid cirka km 23+500, förekommer en bedömd grundvattendelare.

Det norra delmagasinet benämns här Tunsätter norra. Mellan km 22+000 och 23+000 är det uppmätta jorddjupet generellt 8–13 meter och jordlagerföljden består av varvig lera med siltskikt ovan friktionsjord. Mellan km 23+000 och 23+300 varierar jorddjupet mellan cirka 4–17 meter och jordlagerföljden består generellt av tunn lera ovanpå siltjord/finsandig silt/siltig morän. Vid Trosaån, cirka km 23+020, består det översta jordlagret av silt med lerskikt. Djup till berg är cirka 16 meter enligt utförda undersökningar i fält.

Vid passage av Tunsätter norra är medelgrundvattennivån cirka 1–5 meter under markytan, vilket motsvarar nivåer mellan +7,3 till +24,6. Grundvattenbildningen till det tolkade delmagasinet Tunsätter norra bedöms främst ske i magasinets ytterkanter där friktionsjord går i dagen och de små områdena med friktionsjord närmast höjdområdena i norr samt eventuell infiltration från Trosaån. Jordlagren består enligt sonderingar nära Trosaån av silt/sandig silt som antingen ligger direkt på friktionsjord eller på tunna (mindre än en meter) lerlager som överlagrar friktionsjord. Modellerad nivå för Trosaån vid medelvattenföring är +9,2, vilket stämmer väl överens med grundvattennivåer nära ån. Detta tyder på att kontakt kan finnas mellan grundvattenmagasinet och ån. Inom Tunsätter norra är bedömt grundvattenflöde mot sjön Sillen.



Figur 42: Översigtskarta över grundvatten i norra halvan av delområde Trosaåns dalgång och Hillesta.

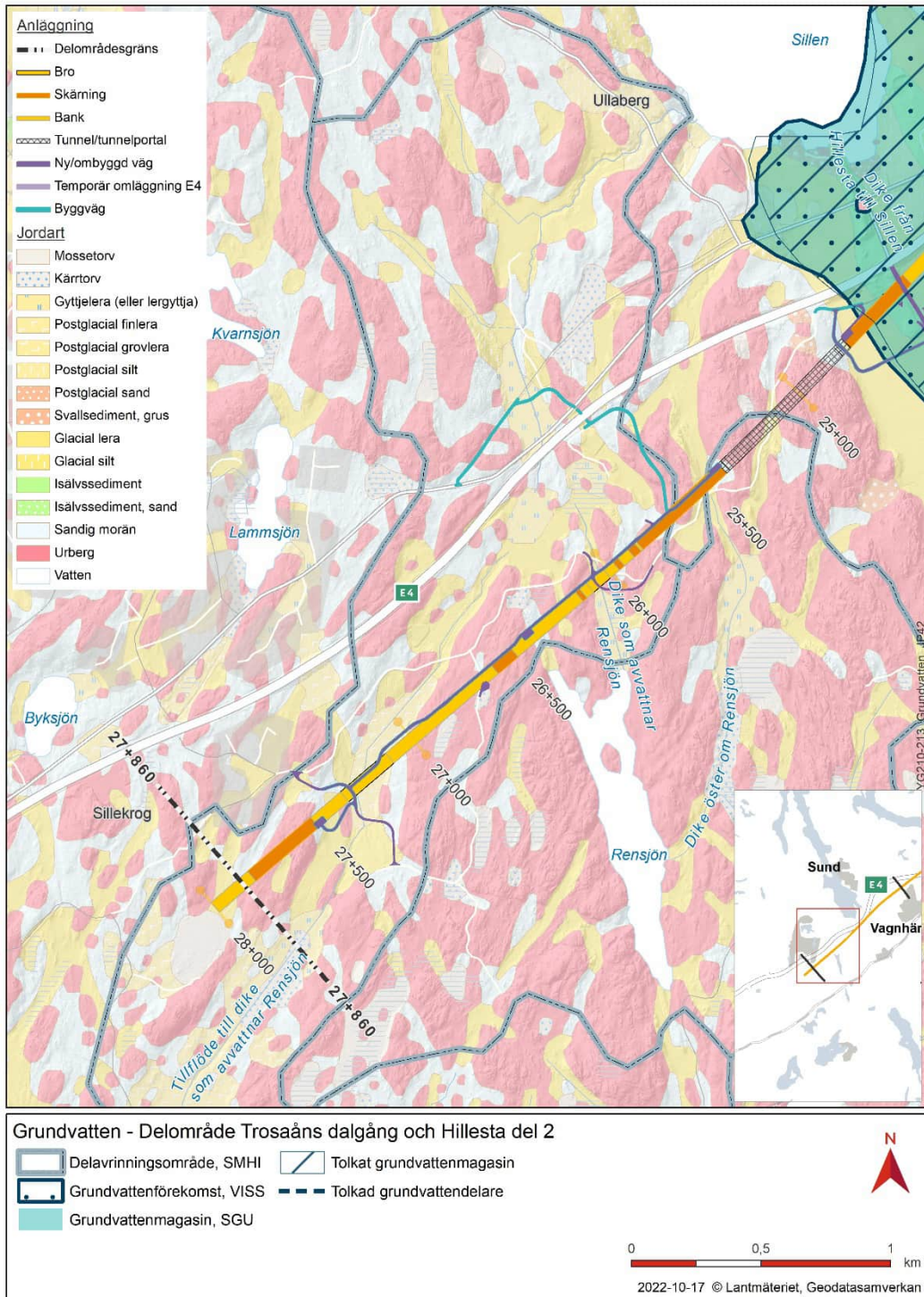
Delmagasinet söder om grundvattendelaren kallas här Tunsätter södra och omfattar Tunsätter grundvattenförekomst (WA90945606) samt SGU:s definierade grundvattenmagasin med ID 230700119. Enligt SGU är uttagsmöjligheterna 5–25 l/s. Jordlagerföljden i Tunsätter södra är generellt 1–2 meter varvig sandig/siltig lera ovan mäktiga, mer grovkorniga jordlager som i den övre delen består av silt/siltig lera och som mot djupet övergår till finsand/finsandig silt och grusig sandig siltig morän. I läget för Västerleden vid cirka km 24+400 passerar planerad järnvägsanläggning en grusås och här saknas helt lerlager. Friktionsjordmäktigheten inom förekomsten är stor, mer än 50 meter friktionsjord har uppmätts. Inom Tunsätter södra är den högst observerade grundvattennivån cirka +9, vilket motsvarar cirka 7–9 meter under markytan. Grundvattenbildningen till det tolkade delmagasinet Tunsätter södra bedöms främst komma från kontakt och infiltration mellan magasinet och Sillen samt infiltration från omgivande höjdområden och där friktionsjord går i dagen. Inom Tunsätter södra förekommer en svagt sydöstlig gradient från sjön Sillen mot Hållsviken belägen cirka fem km söderut vilket medför att flödet sker mot sydost.

Trosa kommun har två vattentäkter varav huvudvattentäkten ligger i Tunsätters grundvattenförekomst cirka fem kilometer nedströms den planerade järnvägsanläggningen. Vattenskyddsområdets (fastställt 5 april, 1979) yttre gräns ligger cirka tre kilometer nedströms järnvägsanläggningen. Arbete pågår med uppdatering av vattenskyddsföreskrifter och vattenskyddsområde. Enligt muntlig uppgift från projektledare på Trosa kommun (april 2023) så kommer det nya vattenskyddsområdet att sträcka sig längre norrut än idag. Det innebär att järnvägsanläggningen kommer att passera genom tertiär zon, cirka 1,5 km uppströms föreslagen sekundär zon.

Beräknad grundvattenbildning inom hela avrinningsområdet för det tolkade Magasin Tunsätter är 101 mm/år (52 l/s). Det har inte utförts några undersökningar av magasinet hydrauliska konduktivitet men eftersom magasinet utgörs av en sand- och grusförekomst bedöms den hydrauliska konduktiviteten som relativt hög (mellan cirka 10^{-2} m/s och 10^{-5} m/s).

Sträckan från km 24+700 till den södra gränsen av delområdet utgörs främst av skogbeväxt fastmark avbruten av mindre svackor med lösmark. Marknivån längs sträckan är växlande och varierar mellan +65 på toppar och +40 i sänkor. Jorddjupen i svackorna är mycket varierande där största jorddjup uppmätts till 16 meter. I detta område bedöms inget sammanhängande grundvattenmagasin i jord finnas utan endast mindre, uppbrutna grundvattenmagasin. Uppmätta grundvattennivåer visar på relativt ytliga grundvattennivåer och i lerområdena förekommer även grundvatten med artesiskt tryck. De grunda jordlagren tyder på en grundvattenströmning som följer topografin och som därmed huvudsakligen går i nordlig riktning, mot Sillen, inom delområdet.

Grundvatten förekommer även i berg och beskrivs utförligt i kapitlet om Hillestatunneln.



Figur 43: Översiktskarta över grundvatten i södra halvan av delområde Trosaåns dalgång och Hillesta.

8.2.3. Yt- och grundvattenberoende objekt

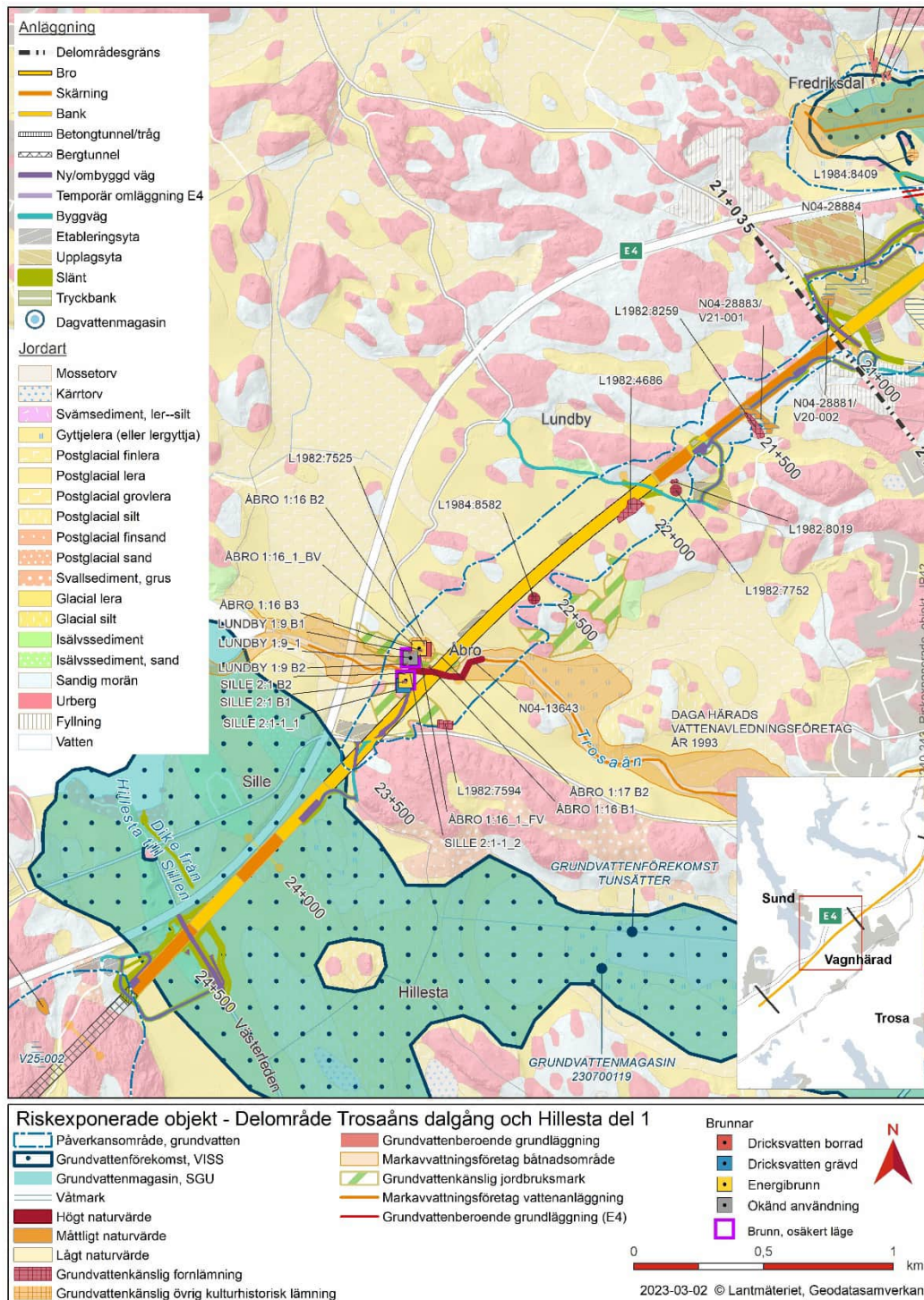
Samtliga inventerade objekt inom utredningsområdet finns i Bilaga D.2.2.

Risikexponerade objekt inom delområde Trosaåns dalgång och Hillesta framgår av Figur 44 och Figur 45.

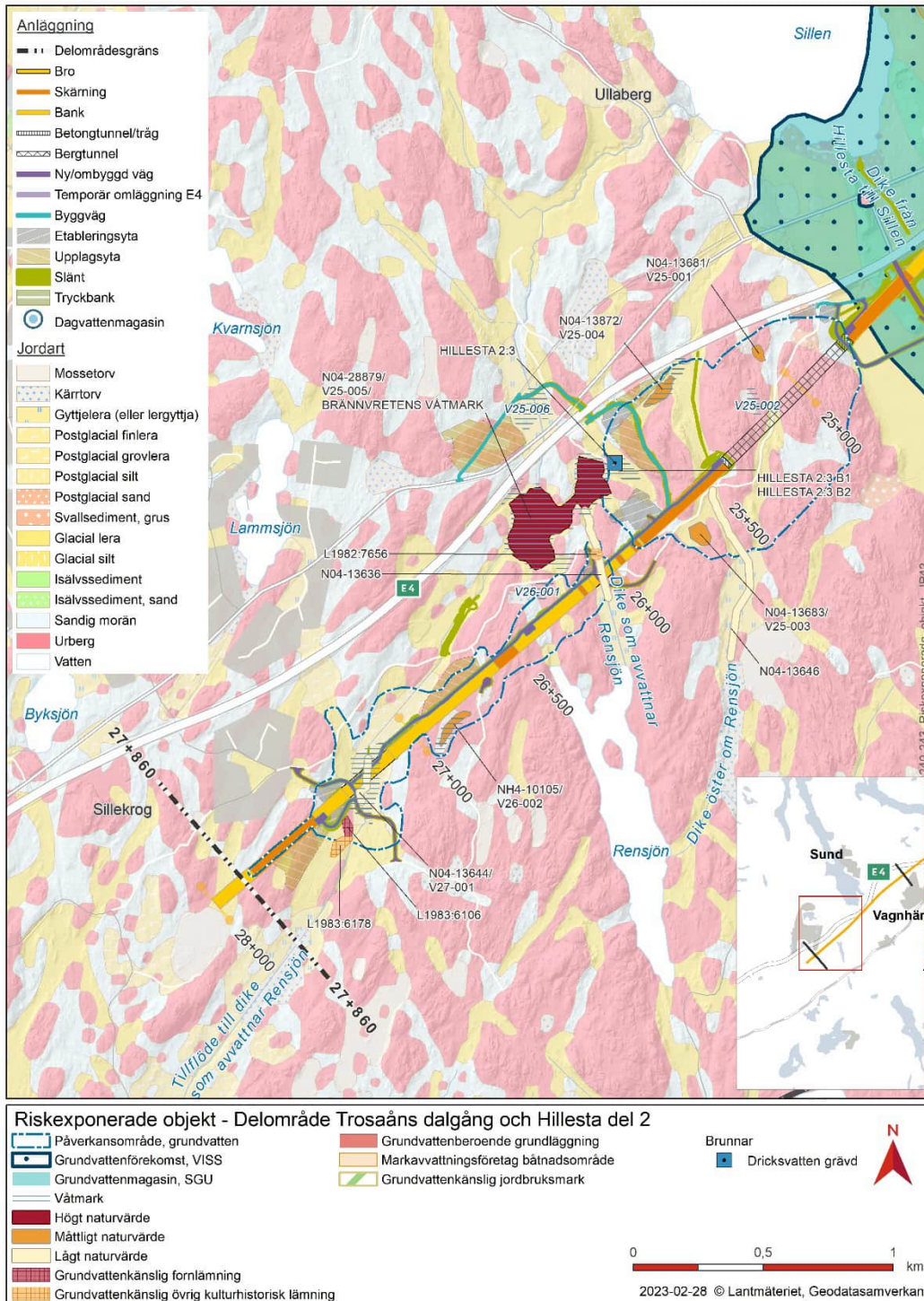
Fördjupade utredningar inom delområde Trosaåns dalgång och Hillesta har fokuserat på:

- Skredrisk vid Trosaån.
- Byggnader med grundvattenberoende grundläggning: Åbro 1:16, Lundby 1:9, Sille 2:1 och Hillesta 2:3.
- Misstänkt förorenat område vid Kalkbruksvägen.
- Södra påslaget Hillestatunneln.

Vid fördjupade utredningar har vissa objekt inte visat sig utgöra risikexponerade objekt. Till exempel gällde det ett område vid Kalkbruksvägen (cirka km 21+000) som misstänktes vara ett område för förorenings-spridning från tidigare verksamheter avseende kalkbrytning, kalkbränning, försäljning och bearbetning av kalk, förbränning av kemikalier och spillojor samt deponering av oljehaltiga massor. Undersökningar visade att alla uppmätta halter motsvarade naturliga bakgrundshalter.



Figur 44: Riskexponerade objekt i delområde Trosaåns dalgång och Hillesta, del 1. Våtmark (randig symbol) är en sammanslagning av våtmarker och sankmark från marktäckedatabasen och terrängkartan.



Figur 45: Riskexponerade objekt i delområde Trosaån och Hillesta, del 2. Våtmark (randig symbol) är en sammanslagning av våtmarker och sankmark från marktäckedatabasen och terrängkartan.

8.3. Vattenverksamheter Trosaåns dalgång och Hillesta

I detta avsnitt redovisas vattenverksamheter inom delområde Trosaåns dalgång och Hillesta. En sammanställning av vattenverksamheterna med bedömd påverkan och effekt redovisas i avsnitt 8.3.1-8.3.4.

En teknisk beskrivning av de anläggningar och åtgärder som ger upphov till vattenverksamheter finns i Bilaga C *Teknisk beskrivning vattenverksamhet*.

8.3.1. Bro över Trosaåns dalgång

I detta avsnitt hanteras vattenverksamheter i anslutning till bron över Trosaåns dalgång. De vattenverksamheter som ingår i detta avsnitt är:

- G21-004, km 21+920–23+640 Schakt för grundläggning av brostöd för Järnvägsbro över Trosaåns dalgång och Stationsvägen
- Y23-002, km 23+030–23+090 Anläggande av spont och schakt för brostöd vid sidan av Trosaån
- Y23-001, km 23+030–23+090 Anläggande av erosionskydd i Trosaån.

8.3.1.1. Förutsättningar

Över Trosaåns dalgång och Trosaån kommer en järnvägsbro att sträcka sig mellan km 21+920 och km 23+640 och passera både väg 800 och 837. Brostöden planeras att grundläggas på pålar längs delar av sträckan. Plattgrundläggning för landfästen och brostöd på fast mark kan ske där lera saknas eller har mindre mäktighet. I samband med att brostöden grundläggs kan det krävas en temporär bortledning av grundvatten från schaktet. Grundvattensänkning bedöms krävas för större delen av brosträckan. Undantag är två sträckor med lägre grundvattennivåer: vid cirka 22+400–22+500 samt från cirka km 23+550 till slutet av bron.

Trosaån är ett reglerat vattendrag och den aktuella sträckan ingår i markavvattningsföretaget "Daga Härad vattenavledningsföretag år 1993". Markavvattningsföretaget berör ett omfattande område och reglerar bland annat nivåerna i sjön Sillen. Nedströms planerat broläge regleras Sillen av en bjälksättdamm i Mølna bro som tillhör markavvattningsföretaget.

Järnvägsbrons brostöd vid Trosaån placeras vid sidan om vattendraget, utanför det definierade vattenområdet (HW100). Brostöden planeras att pågrundläggas. Pålängden bedöms variera mellan 4 och 12 meter. På grund av brostödens närhet till Trosaån planeras arbetet med grundläggning av brostöden att utföras med schakt inom spont. Sponten förväntas under byggtiden fylla mindre än ca 10 m² av vattenområdet (utanför åns utbredning vid medelvattenföring 3,8 m³/s). Avrinningsområdet till den punkt där järnvägsanläggningen korsar ån är cirka 540 km² stort och 100-års flödet uppgår till cirka 25 m³/s.

Befintliga slänter längs Trosaån är skredbenägna och utsatta för erosionsrisk och därför anläggs ett erosionskydd på vattendragets botten och slänter längs en ca 80 meter lång sträcka i anslutning till brostöden.

Vid brons start i nordost är marknivån cirka +35. Därefter sjunker terrängen i riktning mot Trosaån som utgör en lågpunkt (cirka +10). Söder om Trosaån stiger markytan längs med längdmätning till cirka +20 vid brons slut.

Bergytans nivå varierar längs med sträckan. Jordartskarta och geotekniska sonderingar visar på att områden med berg i dagen och jorddjup på cirka 10 meter förekommer norr om Trosaån. Bergöverytans djupaste punkt längs med planerad järnvägsanläggning är vid passagen över Trosaån där berget påträffats cirka 17 meter under markytan. Söder om Trosaån stiger bergytan igen och går i dagen, men sluttar kraftigt i sidled mot väster.

Ett tolkat grundvattenmagasin förekommer i friktionsjorden under lera (grundvattenmagasin Tunsätter norra). Leran ovan magasinet är av torrskorpekaraktär de översta 2–3 metrarna och övergår till varvig lera med ställvisa inslag av siltskikt och finsand.

Där bron börjar i norr är grundvattnets trycknivå cirka 2,5 meter under markytan vilket motsvarar en nivå på cirka +24,6 (15AT022G). I riktning mot Trosaån återfinns lägre grundvattennivåer på cirka +18,6, vilket motsvarar en grundvattenyta cirka 5,1 meter under markytan (20G0012G). Vid Trosaån är dock grundvattenytan mer marknära, cirka 1–2 meter under markytan, vilket motsvarar nivåer mellan +7 och +10. Modellerad vattennivå i Trosaån vid medelvattenföring är cirka +9,3, vilket stämmer väl överens med grundvattenmedelnivån för grundvattenrören Trosaån (23G0011G, 23G0010G, 15ATAV09). Detta tyder på att kontakt kan finnas mellan ån och grundvattenmagasinet.

Huvudsakligt grundvattenflöde på större del av delsträckan sker i friktionsjorden och bedömd strömningsriktning är mot Sillen. Vid cirka km 23+500 förekommer en tolkad grundvattendelare som delar in det tolkade Magasin Tunsätter i en nordlig (Tunsätter norra) och sydlig del (Tunsätter södra). Tunsätter södra sammanfaller med grundvattenförekomsten Tunsätter. Bron går in över den nordöstra delen av grundvattenförekomsten. Ingen grundvattenbortledning sker dock söder om grundvattendelaren, där grundvattenförekomst Tunsätter finns, då grundvattennivåerna är lägre där i förhållande till grundläggningsnivåerna. Huvudströmningsriktningen i Tunsätter södra är mot sydost, det vill säga mot Hållsviken.

8.3.1.2. Påverkan

Schakt för anläggande av brostöd (G21-004) innebär att grundvatten behöver ledas bort i byggskedet för att arbeten ska kunna utföras i torrhet. Detta kan ge en temporär påverkan på grundvattennivåerna i tolkat Magasin Tunsätter norra. Utbredningen av Magasin Tunsätter norra redovisas i Figur 42. Påverkansområdet redovisas i Figur 44.

För brostöd närmast Trosaån innebär anläggande av brostöd även att tillfälligt schakt behöver göras inom vattenområde (Y23-002), dock utanför medelvattennivå.

Grundläggningsarbeten vid byggande av brostöden bedöms maximalt vara cirka 2 månader. Då det är cirka 40–50 meter mellan brostöden och påverkansområdet på sträckan är upp till 200 meter bedöms varje punkt kunna påverkas av avsänkningen från fyra till fem brostöd som skulle kunna utföras efter varandra. Varje punkt inom påverkansområdet bedöms därmed kunna påverkas av grundvattensänkning i som mest cirka åtta till tio månader.

Anläggandet av erosionsskydd i Trosaån (Y23-001) bedöms medföra en stor påverkan på den berörda åsträckan genom att botten och stränder grävs ur och ersätts med erosionsskyddande material som i det översta lagret kommer vara rundat. Utan några skyddsåtgärder bedöms omfattande grumling och sedimentation uppstå i områden nedströms.

I driftskedet kommer slänter och botten vid passagen att bestå av sten och grus i stället för finpartikulärt material som i nuläget. På lång sikt bedöms bottnarna i åtminstone delar av åfåran sedimentera igen av finpartikulärt material vilket i så fall gör att mjukbotten åter etableras. Därigenom kommer bottnarna på lång sikt sannolikt utgöras av en kombination av rundat erosionsmaterial och finpartikulärt material.

8.3.1.3. Riskexponerade objekt

Inom påverkansområdet för Bro över Trosaåns dalgång, där vattenverksamheterna G21-004, Y23-001 och Y23-002 ingår, förekommer följande riskexponerade objekt, se Figur 44:

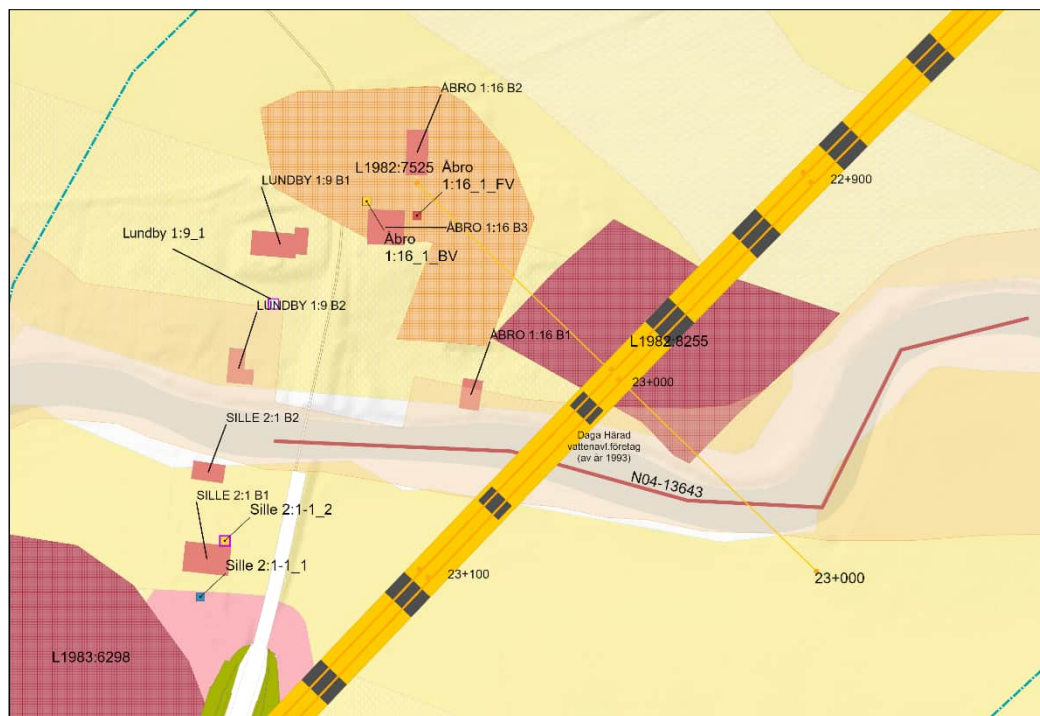
- Tunsätter grundvattenförekomst
- 1 borrar dricksvattenbrunn i jord (Sille 2:1-1_1)
- 1 borrar dricksvattenbrunn (Åbro1:16_1_FV)
- 1 brunn med okänd användning (Lundby 1:9)
- Tillståndsgivna dammbyggnader (anläggningsnummer 75145 och 75146)
- Byggnader med grundvattenberoende grundläggning (Sille 2:1, Lundby 1:9, Åbro 1:16)
- 2 energibrunnar (Åbro1:16_1_BV och Sille 2:1-1_2)
- Trosaån (NO4-13643)
- Daga Härad vattenavledningsföretag år 1993 inklusive en bjälksättdamm vid Mölna bro som reglerar Sillen.
- Grundvattenkänslig fornlämning (boplats L1982:8019)
- Grundvattenkänslig fornlämning (lägenhetsbebyggelse L1982:7752)
- Grundvattenkänslig fornlämning (grav- och boplatssområde L1982:4686)
- Grundvattenkänslig fornlämning (skärvstenshöj L1984:8582)
- Grundvattenkänslig fornlämning (lägenhetsbebyggelse L1982:7594)
- Grundvattenkänslig övrig kulturhistorisk lämning (bytomt/gårdstomt L1982:7525)
- Areell näring i form av tre områden med grundvattenkänslig jordbruksmark

Bron över Trosaåns dalgång kommer att gå in över de norra delarna av Tunsätter grundvattenförekomst. Högsta uppmätta grundvattennivåer ligger på +8,6 respektive +8,4 (24G00017G och 24G0005G), vilket motsvarar nivåer 7–9 meter under markytan. Detta innebär att grundvattenbortledning inte kommer att krävas för att anlägga brostöd. Grundvattenbortledning kommer inte heller att vara aktuellt för efterföljande bank och skärning. Hillestatunneln, se kapitel 8.3.2, anläggs i grundvattenförekomstens tillrinningsområde. Det grundvatten som leds bort från tunneln avleds till sjön Sillen. Eftersom Sillen står i kontakt med isälvsformationen där grundvattenförekomsten finns kommer det bortledda vattnet att bidra till att upprätthålla vattenbalansen och grundvattennivåer i grundvattenförekomsten. Därmed uppkommer ingen effekt på förekomsten från den planerade vattenverksamheten.

Tre dricksvattenbrunnar ligger inom påverkansområdet för grundvattensänkning: en borrar brunn i jord¹ på fastigheten Sille 2:1, en borrar brunn på fastigheten Åbro 1:16, samt en brunn med okänd användning på Lundby 1:9 se Figur 46. Då brunnen på

¹ Redovisas i karta som grävd. Borrade brunnar hämtar normalt sitt vatten från grundvatten i berg och grävda brunnar från grundvatten i jord. Denna brunn är dock borrar i jord, det vill säga hämtar sitt vatten från magasin i jord.

Lundby 1:9 är fastighetens enda brunn antas denna vara en dricksvattenbrunn. Grundvattensänkning vid brunnarna bedöms bli relativt liten, cirka 1–2 meter, och brunnarna är djupa. Grundvattenpåverkan bedöms även pågå under maximalt tio månader. Grundvattensänkning bedöms inte påverka brunnarnas kvalitet eller kvantitet och ingen effekt bedöms uppkomma.



Figur 46: Riskexponerade objekt vid Trosaån. För legend, se Figur 44 och Figur 45.

I Trosaån finns två tillståndsgivna dammbyggnader (Anläggningsnummer 75145 och 75146) nedströms anläggningen, vid Vagnhärad. Tillstånden förväntas inte beröras av sökta åtgärder för järnvägsanläggningen då vare sig flöden eller vattennivåer förändras.

Byggnader med grundvattenberoende grundläggning finns på tre fastigheter: Sille 2:1, Lundby 1:9 och Åbro 1:16.

På fastigheten Sille 2:1 finns ett bostadshus (B1) och en komplementbyggnad (B2) som är grundlagda på murar och/eller plintar på sättningsbenägen mark och därmed har grundvattenberoende grundläggning. Berg i dagen har dock observerats strax söder om B1 som har byggts med kryppgrund. På Lundby 1:9 finns två bostadshus med grundvattenberoende grundläggning. Det ena är grundlagt på murad grund och har byggts med kryppgrund (B1) och det andra (B2) delvis på murar med kryppgrund och delvis på pålar. Sättningsanalys för byggnaderna på Sille 2:1 och Lundby 1:9 visar att inga skadliga sättningar bedöms uppkomma vid den tillfälliga och begränsade grundvattensänkning som bedöms uppkomma vid byggnaderna. Detta innebär att effekten för de byggnaderna blir obetydlig.

På fastigheten Åbro 1:16 finns ett bostadshus (B3) och två komplementbyggnader (B1 och B2) med grundvattenberoende grundläggning. B2 har jordkällare. Byggnaderna är grundlagda på murad grund. För byggnaderna på fastigheterna Åbro 1:16 finns osäkerheter i mäktigheten av sättningsbenägna jordlager under byggnaderna. Olika mäktigheter har därför fått ansättas vid sättningsberäkningar. Vid konservativt ansatta mäktigheter av de sättningsbenägna jordlagren bedöms skadliga sättningar kunna uppstå för byggnaden närmast ån på Åbro 1:16 (B1) om inga skyddsåtgärder vidtas vid

anläggandet av brostöden. Detta klassas som stor effekt på denna byggnad. Vid de andra två byggnaderna på fastigheten bedöms grundvattensänkningen bli mindre, eftersom avståndet till anläggningen är större, och därmed bedöms inga skadliga sättningar uppstå. Effekten klassas som obetydlig.

Två energibrunnar på fastigheterna Åbro 1:16 och Sille 2:1 ligger inom påverkansområdet, se Figur 46. Energibrunnarna på Åbro 1:16 och Sille 2:1 är enligt inventering 180 meter djupa. Vid en grundvattennivåsänkning minskar kontakten mellan kollektorslangen och vattnet, vilket medför att effektuttaget minskar. Grundvattensänkningen i området kommer dock ske i jord och påverkan på grundvattennivåerna i de bergborrade energibrunnarna bedöms därmed bli marginell. Grundvattensänkningen i de båda brunnarna bedöms bli maximalt någon meter och grundvattenpåverkan sker under maximalt 10 månader. Denna avsänkning bedöms inte påverka energiförsörjningen från respektive anläggning och ingen effekt bedöms därmed uppkomma.

Trosaån bedöms ha högt naturvärde (NO4-13643). I samband med utskiftningen kommer musslor och övrig bottenfauna att försvinna inom den 80 meter långa sträcka där erosionsskyddet anläggs. De fyra arterna av stormusslor bedöms vara utspridda över merparten av vattendraget och effekten av att 80 meter av deras livsmiljö tillfälligt försvinner bedöms ge små effekter på beståndet som helhet. Inom sträckan för erosionsskyddet bedöms det inte finnas några för vattendraget unika reproduktionsområden för fisk. Eftersom förekommande fiskarter bedöms kunna reproducera sig inom andra sträckor innebär inte utskiftningen negativa effekter på fiskbeståndet. Utskiftningen bedöms ge upphov till omfattande grumling och sedimentation samt en risk att känsliga livsmiljöer, växter och djur täcks av sediment eller att arter kvävs till följd av att partiklar sätter igen deras respirationsorgan. Ett lek område för havsöring finns i Vagnhärad (Trosa amatörfiskeklubb), drygt tre kilometer nedströms arbetsområdet, samt ytterligare ett par potentiella lek områden längre nedströms. Partiklar som uppkommer vid utskiftningen bedöms delvis sedimentera i de lugnflytande delarna uppströms öringlek områdena, men trots det bedöms det finnas en risk för negativ påverkan i form av ökad sedimentation och försämrad reproduktionsframgång för fisken. Detta samt den stora lokala påverkan i åsträckan som ersätts med erosionsskydd gör att effekten bedöms som stor i byggskedet.

En effekt i driftskedet av erosionsskyddet bedöms vara att förutsättningar för arter som lever i mjuka sediment försämras, medan det erosionsskyddande stenlagret gynnar andra arter som föredrar hårt substrat. På lång sikt bedöms bottenarna i åtminstone delar av åfåran sedimentera igen av finpartikulärt material vilket i så fall gör att mjukbotten åter etableras. Därigenom kommer bottenarna på lång sikt sannolikt utgöras av en kombination av rundat erosionsmaterial och finpartikulärt material. På lång sikt bedöms även vegetation återetableras längs stränderna. Effekten av utskiftningen bedöms vara obetydlig på lång sikt. Endast en mycket liten andel av den 12 kilometer långa vattenförekomsten kommer att påverkas varför den påverkade andelen av vattenförekomsten ökar endast obetydligt (se *PM Miljö kvalitetsnormer för vatten*, Bilaga 3 till Bilaga D.3 MKB för järnvägsplan, avsnitt 15.3.9.2, sidan 84).

Trosaån bedöms stå i kontakt med grundvattnet. En grundvattensänkning i samband med grundläggning av brostöd skulle kunna kompenseras genom infiltration från ån eller minskat utflöde till ån. Flödet i vattendraget är dock så stort att det inte kommer att påverkas märkbart och naturvärdet påverkas inte.

Erosionsskyddet anläggs i markavvattningsföretaget "Daga Härad vattenavledningsföretag år 1993" anläggning och brostöden anläggs inom företagens båtnadsområde. Åfårans sektion och profil med erosionsskydd har utformats för att inte komma i konflikt med tillståndet. I nuläget skiljer sig dock åsektionen något åt från tillståndet och erosionsskyddet följer i huvudsak befintlig utformning. Flödeskapaciteten påverkas inte av erosionsskyddet. Förutsättning för underhåll och åtkomst i broläget kan i någon mån påverkas av erosionsskyddet och bron. Sammantaget bedöms effekten på markavvattningsföretagets vattenanläggning som liten. Endast en mycket liten del av båtnadsområdet tas i anspråk av brostöden, varvid påverkan på markavvattningsföretagets båtnad till följd av anläggandet av brostöden bedöms vara obetydlig.

Inom påverkansområdet för grundvattensänkning finns fem grundvattenberoende fornlämningar som kan påverkas av vattenverksamheten: två lägenhetsbebyggelser (L1982:7752 och L1982:7594), ett grav- och boplotsområde (L1982:4686), en boplat (L1982:8019) och en skärvtenshög (L1984:8582). Det finns även en grundvattenkänslig övrig kulturhistorisk lämning i form av en bytomt/gårdstomt (L1982:7525). Effekten på kulturmiljöobjekten är en grundvattensänkning vilket kan utsätta objektet för en syrerik miljö. Fornlämningarna L1982:4686 och L1982:8019 ligger enligt jordartskartan delvis på berg/morän i höjdområden och delvis på lera. L1982:7525 ligger delvis på silt. Övriga kulturobjekt ligger enligt jordartskartan på lera. L1982:7752 ligger enligt jordartskartan på lera men enligt kulturminnesregistret på en moränhöjd. De delar av kulturobjekten som ligger på morän och/eller berg i höjdområden bedöms inte påverkas av grundvattensänkningen då dessa sannolikt redan utsatts för en syrerik miljö till följd av grundvattennivåns naturliga fluktuationer.

Den temporära grundvattensänkningen sker i friktionsjord under leran/silten, vilket riskerar att dränera leran/silten och på så sätt utsätta fornlämningarna för en syrerik miljö. Dräneringen av leran/silten bedöms dock ta längre tid än schaktarbetena, och därmed grundvattenbortledning, pågår. Lägsta uppmätta grundvattennivåer i grundvattenrören på sträckan varierar mellan 1,7 och 3,8 meter under marknivå (15AT022G, 15ATAV09, 22G0012G, 23G0004G, 23G0006G, 23G0010G, 23G0011G), vilket innebär att fornlämningarna troligtvis redan ligger ovan naturlig grundvattennivå åtminstone delar av året. Sonderingar visar även på torrskorpelera de översta meterna, vilket ytterligare indikerar att fornlämningarna ligger i en torr miljö åtminstone delar av året. Det innebär att kulturobjekten troligtvis inte kommer påverkas ytterligare av den temporära grundvattensänkningen som orsakas av schaktarbeten. Risker för att fornlämningarna (L1982:7752, L1982:7594, L1982:4686, L1982:8019, L1982:7525 och L1984:8582) ska utsättas för en syrerikare miljö på grund av grundvattensänkningen bedöms som obetydlig. Effekten för samtliga kulturobjekt klassas som obetydlig. L1982:8019 påverkas även av en permanent grundvattensänkning orsakad av G21-009, se avsnitt 8.3.3, men enligt ovan bedöms fornlämningen redan ligga ovan grundvattenytan. Den sammanlagda effekten på L1982:8019 bedöms därför bli obetydlig.

Inom påverkansområdet kan areell näring påverkas genom att det finns tre områden med jordbruksmark på siltjord som kan påverkas av den temporära grundvattensänkningen. En grundvattensänkning bedöms kunna öka sårbarheten för torrperioder i siltjordar där kapillärkraften gör att grundvattenytans läge kan påverka markvattenhalten. Tiden som jordbruksmarken påverkas av en grundvattensänkning är dock kort, maximalt tio månader. Om tiden för grundvattensänkningen sammanfaller

med en torrperiod kan dock effekt på jordbruket i form av minskad tillväxt inte uteslutas. Effekten bedöms bli liten.

8.3.1.4. Skyddsåtgärder

För att minimera grumling vid anläggande av erosionsskydd i Trosaån kommer grumlingsskydd att användas. Anläggningsarbetet görs innanför grumlingsskyddet längs en strand i taget för att möjliggöra fiskvandring förbi arbetsområdet. Grumlingsskyddet kommer att bestå av spont som sätts i cirka 45 graders vinkel mot strandlinjen och ut till åfårans mitt med början cirka 5 meter uppströms erosionsskyddet och slut cirka 5 meter nedströms erosionsskyddet. Däremellan sätts grumlingsavskiljande struktur, såsom siltgardiner eller spont, i mitten av åfåran längs med vattendragets sträckning. Således kan vatten flöda på den sida av vattendraget som inte arbeten pågår i, se även Bilaga C *Teknisk beskrivning vattenverksamhet*.

Efter att grumlande arbete slutförts kommer det avskiljande grumlingsskyddet som anlagts för att minska grumlingen att tas bort. Det kan göras genom att spontan dras upp med hjälp av maskiner som placeras på ömse sidor av vattendraget eller kapas under den nya bottennivån.

I syfte att minska grundvattenpåverkan vid byggnaderna närmast schakterna vid Trosaån så planeras schakt för brostöd här att utföras inom tätskärm (se avsnitt 7.5 i Bilaga C *Teknisk beskrivning vattenverksamhet*), alternativt kan arbeten utföras i vattenfyllda schakt. Övriga schakt planeras att utföras inom stödkonstruktion.

8.3.1.5. Påverkan och effekter med skyddsåtgärder

Effekterna på Trosaåns naturvärden som helhet bedöms som små även om påverkan lokalt inom arbetsområdet blir stor vid anläggande av erosionsskydd och brostöd. Användning av grumlingsskydd bedöms minimera grumlingen vid anläggande av brostöd och erosionsskydd.

Vid borttagande av grumlingsskyddet bedöms en tillfällig grumling uppstå. Uppgrumlade partiklar bedöms på grund av låg vattenhastighet i huvudsak sedimentera relativt nära anläggningen i en åsträcka med normalt hög partikelhalt och dominans av sedimentationsbotten. Partikelhalten kommer att minska successivt med ökande avstånd nedströms. Vid de öringlekommråden som finns på mer än tre kilometers avstånd nedströms anläggningen bedöms omfattningen av grumlingen vara liten.

Anläggningsarbetena bedöms sammantaget inte medföra påtagligt ökad sedimentation på känsliga bottenar eller leda till varaktiga förändringar av växt- och djurlivet genom överlagring av partiklar. Grumlingen bedöms inte bli av den omfattning eller varaktighet att bottenfauna och fisk påverkas negativt i någon mätbar omfattning i vattendraget som helhet. I närområdet förekommande musslor bedöms kunna stänga skalet och pausa sin respiration under den korta tid som grumling sker.

För att minimera grumlingen vid borttagande av grumlingsskydd så skulle ytterligare ett grumlingsskydd kunna användas. Men eftersom även detta skydd skulle generera grumling vid borttagande samt innebära negativa miljöeffekter vid tillverkning och destruktion bedöms åtgärden inte vara motiverad utifrån grumlingens konsekvenser.

Med ovan beskrivna åtgärder vid anläggande av erosionsskydd bedöms de negativa effekterna på Trosaåns naturvärden som helhet bli små även om effekten lokalt och temporärt är stor.

Till följd av små effekter på känsliga miljöer bedöms det inte behövas begränsningar i tid för när arbetena genomförs.

Med skyddsåtgärden tätskärm i anslutning till Trosaån kommer grundvattenpåverkan från grundläggningen av bron att bli mindre. Med skyddsåtgärder bedöms ingen grundvattensänkning uppkomma vid dricksvatten- och energibrunnarna på fastigheterna Åbro 1:16, Sille 2:1 och Lundby 1:9, det vill säga ingen effekt uppkommer. En liten grundvattensänkning uppkommer endast vid byggnaden Åbro 1:16 B1 som får obetydlig effekt då inga skadliga sättningar bedöms uppkomma. Ingen grundvattensänkning bedöms uppkomma vid övriga byggnader och därmed uppkommer ingen effekt för övriga byggnader. De flesta fornlämningar ligger så nära planerad järnvägsanläggning att de även med skyddsåtgärder berörs av grundvattensänkning, men effekten är fortsatt obetydlig. Med skyddsåtgärder bedöms dock ingen grundvattensänkning (effekt) uppkomma vid L1982:7594.

8.3.2. Hillestatunneln

I detta avsnitt beskrivs Hillestatunneln inklusive södra mynning och skärning (G24-002) samt uttag av processvatten för tunneldrivning (G25-001).

8.3.2.1. Förutsättningar

Vid km 24+750 övergår det relativt flacka jordbrukslandskapet i ett topografiskt högre morän- och bergsområde. Vid tunnelmynningen i nordost är markytan kring cirka +35 för att sedan brant stiga till att som högst vara kring cirka +65.

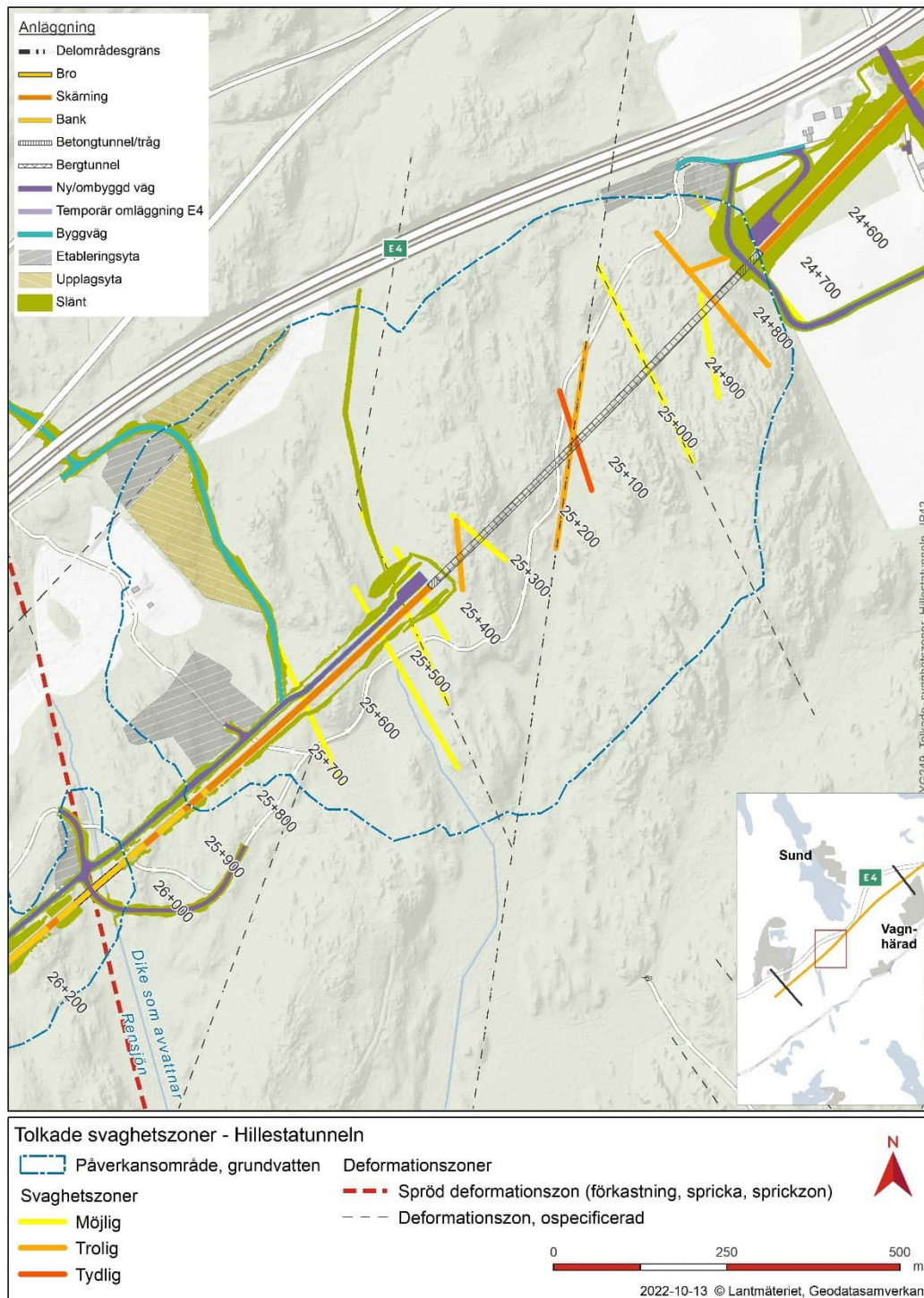
Området utgörs i huvudsak av skogsmark och är relativt kuperat. Inget större, sammanhängande grundvattenmagasin bedöms finnas i området. Grundvatten förekommer i mindre, uppbrutna magasin i morän eller i friktionsjord under lera i svackor i höjdparter.

Utförda grundvattennivåmätningar i berg (OLP4Ko27, OLP4Ko38–039) visar på relativt marknära grundvattennivåer som fluktuerar mellan marknivå och ett par tre meter under densamma. Samvariation mellan grundvattennivåer i jord och berg har noterats i områden där mätpunkter i såväl jord som berg finns nära varandra (km 25+150, km 25+400).

Efter bergtekniska undersökningar och utredningar har svaghetszoner delats in i tre klasser, möjliga, troliga och tydliga svaghetszoner. För beskrivning av hur denna indelning gjorts, se avsnitt 7.3.1.1.

Inom sträckan för Hillestatunneln inklusive södra mynningen och skärning har en tydlig svaghetszon verifierats vid km 25+105 – 25+145. Denna sträcker sig tvärs planerad tunnel längs med den lerfyllda svackan. Utöver den tydliga svaghetszonen finns fyra troliga svaghetszoner och åtta möjliga svaghetszoner längs hela sträckan för Hillestatunneln inklusive södra mynningen och skärning.

I Figur 47 visas tolkade svaghetszoner inom området för Hillestatunneln. Dess lägen motsvarar bedömd zonutbredning vid markytan, tolkat utifrån topografiska lineament. Svaghetszonernas läge på tunnelnivå är, för de zoner som inte undersökts vidare med kärnbörning och efterföljande kartering av borrhärlor, osäker.



Figur 47: Översiktskarta över tolkade svaghetszoner längs sträckan 24+700 till 26+100.

De två svaghetszonerna som korsar tunneln vid cirka km 25+140 har verifierats i fält genom kärnbörning (OLP4Ko27) med efterföljande kartering av borrhäns samt vattenförlustmätning. Zonernas transmissivitet har utvärderats och bedöms ligga kring $2 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ per zon.

Bergmassans effektiva hydrauliska konduktivitet har utifrån vattenförlustmätning i OLP4Ko27 utvärderats till $9,4 \times 10^{-9} \text{ m/s}$. Den effektiva hydrauliska konduktiviteten har även beräknats genom en brunnsanalys, som omfattat kapacitetsdata från befintliga

bergborrade brunnar i tunnelns närområde. Brunnsanalysen ger en effektiv hydraulisk konduktivitet som är drygt 10 gånger högre ($9,6 \times 10^{-8}$ m/s).

En indelning av berget längs tunneln i två delsträckor, med någorlunda homogena berggrundsgeologiska förutsättningar, har gjorts inom ramen för den ingenjörsgelogiska prognosen. Sträckindelningen baseras på en kombination av de berggrundsgeologiska förutsättningarna, underlag från utförda fältundersökningar, arkivmaterial samt de planerade anläggningarnas lägen och utformning. Inom respektive delsträcka kan det förväntas att geologin avseende bergartsfördelning och strukturgeologi är relativt homogen, vilket är grundläggande för bedömning av bergets hydrogeologiska egenskaper. Värderna avseende effektiv hydraulisk konduktivitet som erhållits från brunnsanalysen har i Hillestatunnelns fall tillskrivits den kortare delsträckan i norra delen av tunneln, medan värdet från vattenförlustmätningen tillskrivits de resterande delarna.

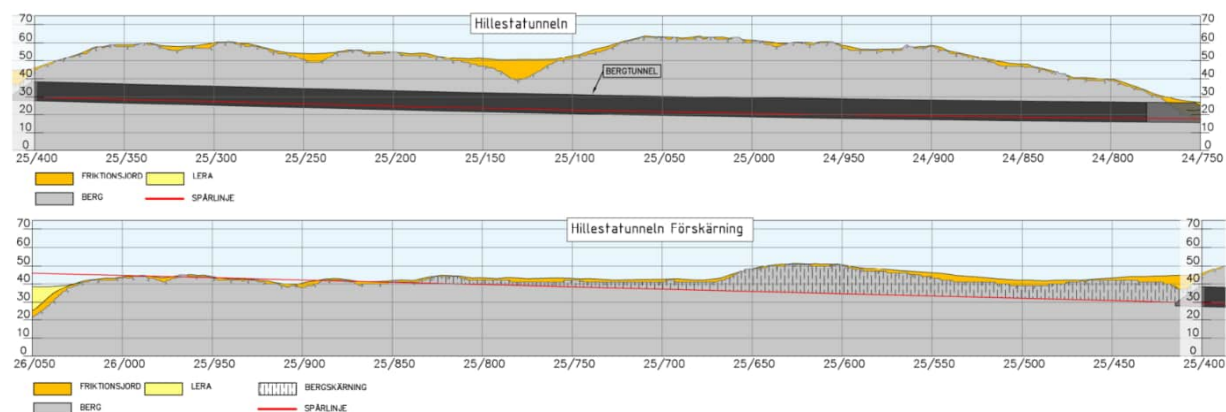
Marken i sänkan vid km 25+170 är sank med stående vattenyta och uppmätt grundvattennivå i 25H1001G ligger nära markytan (cirka +50,1). Enligt SGU:s jordartskarta är svackan lerfylld och sonderingar visar på friktionsjord (morän) under leran. Friktionsjordens mäktighet varierar mellan 0,5 och 5 meter. Ställvis utgörs de övre jordlagren av organiskt material. En grundvattendelare ligger troligtvis strax väster om järnvägen och delar upp grundvattenflödet i ett nordligt och ett sydligt flöde.

Tunneln kommer följas av en bergskärning med ett skärningsdjup på upp till 18 meter som generellt minskar mot söder. Geologin består av växelvis berg i dagen kantat av morän samt en lerfylld sänka vid cirka km 25+500. Mäktigheten på jordlagren i sänkan uppgår till som mest cirka 7 meter och består av 4–6 meter lera ovan upp till 2 meter friktionsjord. Friktionsjordens mäktighet är ställvis ännu tunnare.

I sänkan vid km 25+500 förekommer marknära grundvattennivåer, periodvis även artesiska nivåer (cirka 0,4 meter över markytan i 25G0016G). Vid tider med vatten ovan markytan rinner ytvattnet i sänkan mot sydöst och vidare till Rensjön. I övrigt antas att grundvattenytan längs med sträckan varierar med topografien och är någon till några meter under markytan.

I anslutning till den södra tunnelmynningen kommer bergbrunnar att borrar för att tillgodose behovet av processvatten under tunneldrivningen.

En profil över Hillestatunneln med anslutande skärning visas i Figur 48. Profilerna kan även ses i större format i Bilaga C7 *Profiler över spårlinjen*.



Figur 48: Profil över Hillestatunneln inklusive södra portalen och skärningen. Profiler kan ses i större format i Bilaga C7 *Profiler över spårlinjen*.

8.3.2.2. Påverkan

Permanent grundvattensänkning i berg kommer att uppstå vid både tunnel och skärning. Brunnarna för uttag av processvatten kommer att ge upphov till en temporär grundvattensänkning.

Påverkansområdet för Hillestatunneln har beräknats med både analytiska och numeriska modeller. Påverkansområdet för skärningen har beräknats analytiskt. Påverkansområdet för uttag av processvatten har beräknats med hjälp av vattenbalans. De beräknade påverkansområdena har därefter anpassats efter topografiskt och fasta grundvattendelare samt andra typer av hydrauliska ränder där sådana begränsar påverkansområdets utbredning. Det sammanlagda påverkansområdet redovisas i bland annat Figur 45 och Figur 47.

Påverkansområdet för bergtunneln har verifierats med en vattenbalansberäkning som visar att grundvattenbildningen är större än det förväntade inläckaget till bergtunneln. Vattenbalansberäkningar visar att inläckaget till Hillestatunneln är cirka 56 % av grundvattenbildningen till berg för en otätad tunnel. Vattenbalansberäkningarna baseras på grundvattenbildningen till jord eftersom detta bedöms vara den potentiella grundvattenbildningen till berget och därmed det grundvatten som är tillgängligt för inläckage till tunnarna.

Grundvattenbildningen till berg kommer sannolikt att öka under byggskede och i driftskede då en större tryckgradient uppkommer mellan grundvattenmagasin i jord och grundvattenmagasin i berg då avsänkningen av grundvattennivåer är större i berg än i jord.

Det förväntade inläckaget till bergtunneln, baserat på resultat från analytiska beräkningar, redovisas i Tabell 8. Det totala inläckaget har beräknats som summan av det inläckage som bedöms ske via normalberg (typinläckage) och det inläckage som bedöms ske via verifierat vattenförande zonberg (zoninläckage). Utförda beräkningar av zoninläckage omfattar enbart de zoner som verifierats i samband med fältundersökningar (geofysik, lineamentstolkning och/eller kärnkartering av borrhärlor) samt ansetts vara av betydelse för vattentransporten i berget.

Beräkningarna av typinläckage inom Hillestatunnelns norra delsträcka utgår från den effektiv hydraulisk konduktivitet erhållits via brunnsanalys, medan de inom den södra delsträcka utgår från resultat som erhållits vid vattenförlustmätning (OLP4K027). Beräkningar av zoninläckage utgår från antagen zontransmissivitet som erhållits vid vattenförlustmätning (OLP4K027).

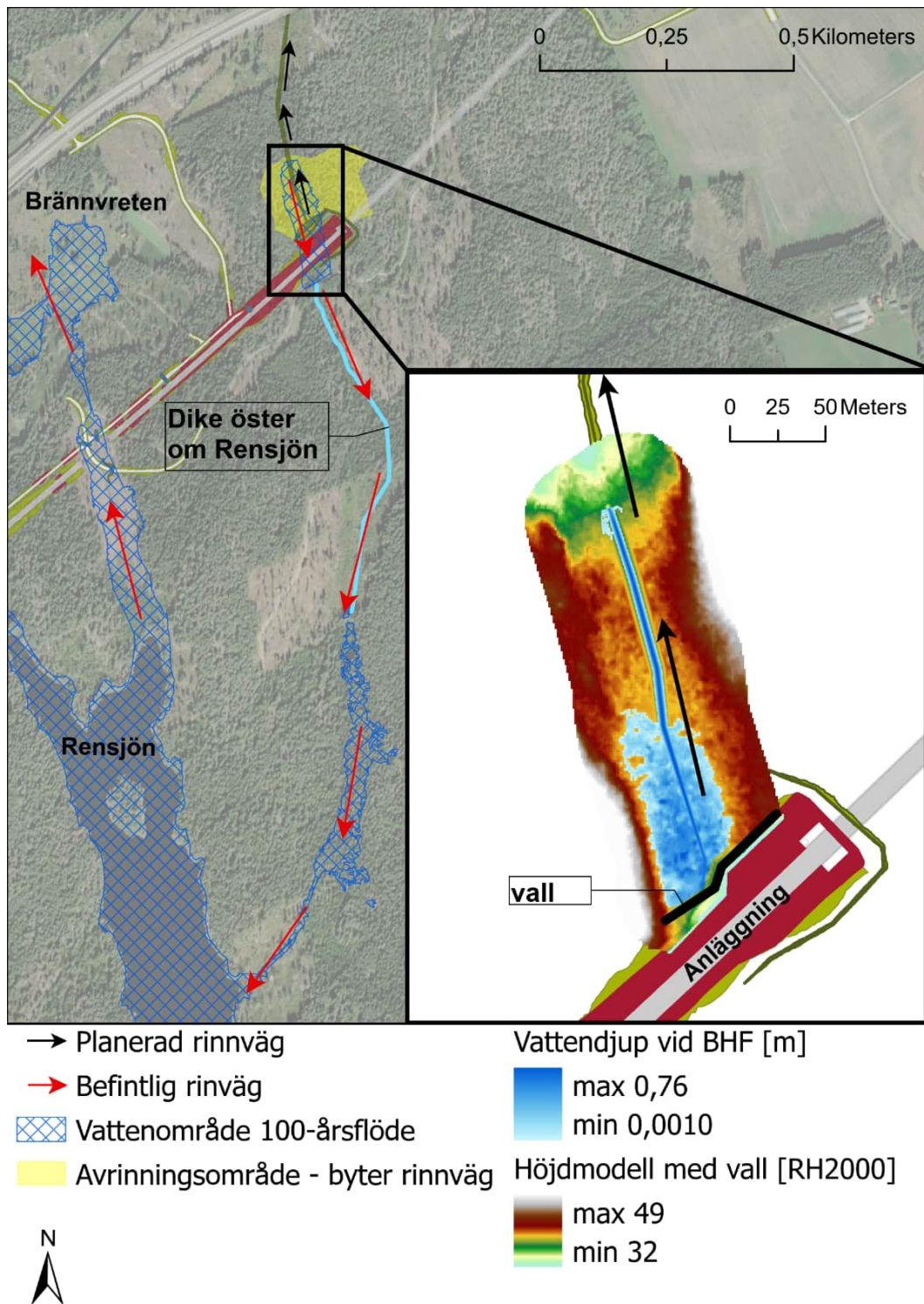
Tabell 8. Beräknade inläckage för delsträckor längs Hillestatunneln samt totalt inläckage för hela tunneln, där typinläckage är det inläckage som bedöms ske via normalberg och zoninläckage det inläckage som bedöms ske via verifierat vattenförande zonberg.

Delsträcka km-tal	Typ- inläckage (l/min och 100 m)	Typ- inläckage (l/min)	Zon- inläckage (l/min)	Totalt inläckage	
				Delsträcka (l/min)	Hela tunneln (l/min)
24+780– 24+950	34	59	-	59	86
24+950– 25+339	3	12	15	27	

Tillämpade beräkningsmetoder, antaganden och resultat för beräkningar av påverkansområden, inläckage samt vattenbalanser framgår av Bilaga D.2.3 *Beräkningar grundvatten* där även resonemang om beräkningsosäkerheter finns.

Inom sträckan för Hillestatunneln planeras tre åtgärder i vattenområde (Y25-003, Y25-002 och Y25-004).

Den första åtgärden i vattenområde är skärning för tunneln (Y25-004) vid den södra tunnelmynningen. Y25-004 är del av G24-002 men på grund av dess läge i en sänka vid km 25+500 som tidvis kan stå under vatten blir detta en egen vattenverksamhet utöver G24-002. Utan åtgärder skulle vatten från sänkans tillrinningsområde kunna rinna fritt ned i skärningen och därmed vidare in i tunneln med risk för erosion och driftstörning. För att förhindra flöden mot skärningen (Y25-004) anläggs en vall (Y25-002) som blockerar avrinningen söderut in mot järnvägsanläggningen. Nordväst om vallen anläggs ett nytt dike (Y25-003) med riktning mot E4 i norr. Utöver arbete i vattenområde genomförs åtgärderna (Y25-002 och Y25-003) i syfte att varaktigt skydda anläggningen mot vatten och utgör därför markavvattning, visas i *TB Bilaga C3 blad 11*. Följden av åtgärderna blir att avrinningsområdet om 0,03 km² uppströms vallen inte längre rinner via befintligt dike till Rensjön och Brännvretens våtmark mot Sillen utan i stället rinner direkt mot Sillen. Åtgärden medför en minskning om 0,3 l/s mot befintligt dike, som går mot Rensjön och Brännvretens våtmark, vid medelvattenföring. Minskningen utgör cirka 0,9 % av Rensjöns medelvattenföring. Se Figur 49 för redovisning av befintliga och planerade avrinningsvägar.



Figur 49: Dalgången vid km 25+500 där vattenverksamhet Y25-004 och Y25-003 planeras. Föreslagen åtgärd är en vall längs anläggningen (svart streck i höger figur) samt anläggande av ett dike norrut (mörkblått streck i vänster samt höger figur). Vattennivåer motsvarar högsta beräknat dimensionerande regn med klimatfaktor 1,38.

8.3.2.3. Riskexponerade objekt

Följande riskexponerade objekt finns inom påverkansområdet för Hillestatunneln med skärning och uttag av processvatten, eller kan påverkas av åtgärderna för att förhindra avrinning till skärningen, se Figur 45:

- Tunsätter grundvattenförekomst.
- En grävd brunn (Hillesta 2:3).
- Byggnader med grundvattenberoende grundläggning på Hillesta 2:3.
- Dagvattenledning på sättningsbenägen mark.
- 4 våtmarker som inrymmer naturvärdesobjekt (Lövkärr NO4-13681 (V25-001) med måttligt naturvärde; Sumpskog NO4-13683 (V25-003) med måttligt naturvärde, Myr NO4-13872 (V25-004) med måttligt naturvärde samt Öppen våtmark NO4-28879 (V25-005) med högt naturvärde
- Dike som avvattnar Rensjön (NO4-13636) med lågt naturvärde
- Rensjön (NO4-13631) med högt naturvärde
- 1 våtmark utan grundvattenberoende naturvärden (V25-002)

Tillrinningen till Tunsätter grundvattenförekomst påverkas inte av grundvattenbortledningen till tunneln, se kapitel 8.3.1.3.

En grävd brunn finns på fastigheten Hillesta 2:3. Den grävda brunnen ligger i utkanten av påverkansområdet för uttag av processvatten och grundvattensänkningen bedöms bli cirka 1 meter. Eftersom brunnen är grävd och troligtvis inte så djup kan denna avsänkning ha en betydande påverkan på brunnens kapacitet. Eftersom avsänkningen blir temporär bedöms effekten som måttlig och kan brunnen temporärt bli obrukbar.

Fastigheten Hillesta 2:3 ligger inom påverkansområdet för uttag av processvatten. På fastigheten finns två byggnader, ett bostadshus och en komplementbyggnad. Bostadshuset (B2) är grundlagd på murad grundmur och för den mindre komplementbyggnaden (B1) saknas uppgift om grundläggning. Byggnaderna ligger enligt SGU:s jordartskarta på lera. Fältbesök som utfördes 2020 visar dock berg i dagen i närheten. Bostadshuset (B2) ligger närmare inmätt berg i dagen och lermäktigheten bedöms vara väldigt begränsad under denna byggnad. Den mindre komplementbyggnaden (B1) är mindre känslig för sättningar. Obetydlig effekt på byggnaderna bedöms därmed uppstå från den temporära grundvattensänkningen.

Vid km 25+524 förekommer en dagvattenledning på sättningsbenägen mark som ligger inom påverkansområdet för såväl uttag av processvatten som grundvattenbortledning från tunneln och därmed kan påverkas av grundvattensänkningarna.

Våtmarken V25-001 inrymmer ett lövkärr med måttligt naturvärde (NO4-13681). Naturvärdena är knutna till områdets hydrologi och att socklar därmed utvecklats vid träden och att fuktkrävande arter förekommer. Våtmarken ligger högt i terrängen och ett tydligt utlopp identifierades vid fältbesök. Detta tyder på att våtmarken har ett överskott av vatten och/eller att dräneringen via sprickor i berg är begränsad. Våtmarken och dess tillrinningsområde ligger i utkanten av påverkansområdet från tunnel, skärning och processvattenuttag. Eftersom dräneringen via berg bedöms vara begränsad och tillrinningen av ytvatten vara god, bedöms inga betydande effekter på hydrologin uppkomma. Därmed bedöms inte heller naturvärdesobjektet få någon betydande påverkan. Det innebär att biotopkvaliteterna och artsammansättning kommer att bestå. Effekten för biotop och förekommande arter bedöms därmed vara obetydlig. Inga

rödlistade, skyddade arter eller naturvårdsarter förekommer i området. Den samlade effekten för naturmiljö bedöms bli obetydlig.

Våtmarken V25-002 saknar naturvärden och ligger enligt jordartskartan delvis på mosstorv och delvis på berg. Vid fältbesöket observerades såväl berg i dagen som jorddjup över två meter. Läget i terrängen indikerar att berget är tätt. Förekomsten av mosstorv indikerar att det våtmarken är beroende av tillskott från nederbörd snarare än underliggande grundvatten. Ett utlopp identifierades vid fältbesöket vilket är ytterligare en indikation på att vattnet avrinner horisontellt och inte står i kontakt med grundvattnet. De södra delarna av våtmarken är dock endast cirka 20 meter från planerad tunnel. På grund av närheten till tunneln kan påverkan genom direkt dränering inte uteslutas. Även tillrinningen till våtmarken kan minska på grund av ökad grundvattenbildning till berg då avrinningsområdet är inom påverkansområdet. Våtmarken ligger även i utkanten av påverkansområdet för uttag av processvatten, men påverkan från uttag av processvatten bedöms vara mindre. Effekten på våtmarken bedöms bli att perioder med torrare förhållanden kan bli längre.

Våtmarken V25-003 inrymmer en sumpskog med måttligt naturvärde (NO4-13683). Naturvärdesobjektet har inslag av alar med sockelbildning men i övrigt dominerar björk och gran. Jordartskartan visar på underliggande lera, det vill säga tät botten. Lera som underliggande jordart bekräftades vid fältbesöket och jorddjupet uppmättes till över två meter. Ett utlopp identifierades vid fältbesöket, vilket också indikerar att våtmarken inte står i kontakt med underliggande vattenförande sprickor i berg. Våtmarken bedöms därmed inte påverkas av direkt dränering från tunneln. Våtmarken ligger i utkanten av påverkansområdet för Hillestatunneln och uttag av processvatten och endast en del av tillrinningsområdet är inom påverkansområdet. Tillrinningen bedöms därmed inte heller bli väsentligt påverkat. Förhållandena i våtmarken bedöms inte påverkas i någon betydande omfattning. Eftersom det inte bedöms uppkomma någon betydande påverkan av hydrologin bedöms inte heller naturvärdesobjektet påverkas. Det innebär att biotopkvaliteterna och artsammansättning kommer att bestå. Effekten för biotop och förekommande arter bedöms därmed vara obetydlig. Inga rödlistade, skyddade arter eller naturvårdsarter förekommer i området. Den samlade effekten för naturmiljö bedöms bli obetydlig.

Våtmarken V25-004 inrymmer en myr (NO4-13872) med måttligt naturvärde, även benämnt Gubbkärret, och ligger i utkanten av påverkansområdet för uttag av processvatten. Jordartskartan visar på underliggande lera vilket indikerar tät botten. Även tillrinningsområdet är i utkanten eller utanför påverkansområdet. Våtmarken bedöms därmed inte få någon betydande påverkan på grundvattennivåer eller tillrinning på grund av anläggningen. Eftersom det inte bedöms uppkomma någon betydande påverkan av hydrologin bedöms inte heller naturvärdesobjektet påverkas. Det innebär att biotopkvaliteterna och artsammansättning kommer att bestå. Effekten för biotopen och förekommande arter bedöms därmed vara obetydlig. Inga rödlistade, skyddade arter eller andra naturvårdsarter är noterade. Den samlade effekten för naturmiljö bedöms bli obetydlig.

Våtmarken V25-005, som kallas Brännvretens våtmark, inrymmer en öppen våtmark med högt naturvärde (NO4-28879). Endast utkanten av våtmarken och dess tillrinningsområde ligger inom påverkansområdet för den temporära grundvattensänkningen i berg orsakad av uttag av processvatten. Våtmarken bedöms därmed inte få någon märkbar påverkan på grundvattennivåer eller tillrinning. Förhållandena i våtmarken bedöms därmed inte påverkas av detta. Våtmarken ligger

nedströms åtgärderna (Y25-002 och Y25-003) som görs för att förhindra avrinning mot järnvägsskärningen (Y25-004). Minskningen av flödet till våtmarken är dock endast 1% och sannolikt inte märkbar. Naturvärdesobjektet (NO4-28879) bedöms inte påverkas av vare sig grundvattenbortledning eller ändrad tillrinning. Ingen effekt uppstår därmed på naturmiljön. Det innebär att biotopkvaliteterna och artsammansättning kommer att bestå. Ingen effekt uppstår på biotopen och förekommande arter. Flera rödlistade arter, naturvårdsarter samt skyddade arter av exempelvis groddjur förekommer i området. Påverkan på skyddade arter beskrivs vidare i Bilaga D *MKB vattenverksamhet* avsnitt 9.

Även Rensjön (NO4-13631) påverkas av Y25-004, Y25-002 och Y25-003. Även minskningen av flödet till sjön är dock så begränsat att den bedöms vara obetydlig.

Vid cirka km 25+500 kommer planerad järnvägsanläggning passera ett dike, dike öster om Rensjön, som inrymmer ett naturvärde med lågt värde (NO4-13646) på cirka 40 meters avstånd från anläggningen. Diket bedöms stå i kontakt med grundvatten då närliggande sonderingar visar på lite eller ingen lera. Därmed kan diket påverkas av den permanenta grundvattenbortledningen från skärningen samt den temporära grundvattenbortledningen som görs vid uttag av processvattnet. Eftersom grundvattensänkningen inte blir så omfattande att det blir torrläggning av diket bedöms effekten som liten. Diket påverkas även av åtgärderna (Y25-002 och Y25-003) för att förhindra avrinning mot järnvägsskärningen (Y25-004). Flödesminskningen på 0,3 l/s utgör cirka 5 % av det totala medelflödet till diket. Till följd av den ringa flödesminskningen bedöms effekten på objektet NO4-13646 som obetydlig. Den sammanlagda effekten på diket bedöms som liten.

8.3.2.4. Skyddsåtgärder

Dräneringen av grundvatten till Hillestatunneln förväntas endast innebära generellt en begränsad påverkan på omgivningen utan tätningsåtgärder. Tunneltätning med konventionell förinjektering anses därmed inte vara miljömässigt eller samhällsekonomiskt motiverat. Delar av tunneln kan dock ändå komma att tätas för att säkerställa att funktionskrav för byggbarhet och arbetsmiljö kan innehållas. För detta ändamål kommer behovsanpassad injektering, där tätning koncentreras till vattenförande sprickor och svaghetszoner, att utföras.

Risken för exponerade objekt inom påverkansområdet för bergtunneln innefattar ett fåtal våtmarker varav vissa har naturvärden (NO4-13872, NO4-13683 och NO4-13681) samt en dagvattenledning. Naturvärdena bedöms få liten eller obetydlig effekt. Våtmarken V25-002 som bedöms få längre perioder under året med torrare förhållanden jämfört med idag. Våtmarken är endast ca 0,6 ha stor och det finns inga identifierade naturvärden i denna våtmark som skulle kunna komma att skadas av längre torrperioder. V25-002 ligger också så pass nära tunneln att det skulle vara osäkert att det skulle vara möjligt att täta tunneln så pass mycket att risker för effekter skulle bli mindre. Tunneltätning av Hillestatunneln utifrån omgivningspåverkan anses därmed inte vara miljömässigt eller samhällsekonomiskt motiverat.

8.3.2.5. Vattenhantering

Vattenhantering i bygg- och driftskedet beskrivs under avsnitt 8 i *Teknisk beskrivning vattenverksamhet*, Bilaga C till ansökan för vattenverksamhet och Bilaga D *MKB vattenverksamhet*, avsnitt 8.2.4.

8.3.3. Skärningar

Inom delområde Trosaåns dalgång finns tre skärningar, utöver förskärningar till Hillestatunneln, som ger upphov till permanent grundvattenbortledning, varav en även ger upphov till arbete i vattenområde.

Skärningar där riskexponerade objekt finns inom bedömt påverkansområde är:

- G21-009, km 21+040–21+660 och Y21-002, km 21+470–21+500
- G21-010, km 21+730–21+920

Skärningar som inte påverkar några enskilda eller allmänna intressen, eftersom det inte finns några grundvattenberoende objekt, är:

- G27-004, km 27+460–27+820

8.3.3.1. Skärningar G21-009 (km 21+040–21+660) och Y21-002 (km 21+470–21+500)

Järnvägen planeras att gå i en uppmot 9 meter djup skärning fram till km 21+660. Skärningen kommer innebära permanent grundvattenbortledning (G21-009). Bitvis kommer även lösa jordlager skiftas ur, vilket kan innebära en temporär grundvattenavsänkning som kan ha en djupare avsänkingsnivå än skärningen. Påverkan från den temporära grundvattensänkningen från utskiftningen bedöms dock vara underordnad den permanenta från skärningen. Vid km 21+470–21+500 kommer skärningen gå genom våtmarken V21-001, vilket innebär arbete i vattenområde (Y21-002).

På sträckan förekommer huvudsakligen skogsmark. Området är relativt kuperat och utgör en topografisk avgränsning mellan Vagnhärad och Trosaåns dalgång. Marknivån varierar mellan cirka +35 till +50 och en regional ytvattendelare (SMHI) ligger i cirka km 21+300. Jordlager utgörs av morän på berg samt mindre lerfyllda svackor med morän i botten. Områden med ytligt berg och/eller berg i dagen förekommer längs med sträckan.

Skärningen kommer gå genom våtmarken V21-001. Våtmarken består av en alsumpskog (No4-28883) med måttligt naturvärde. Skärningen kommer innebära att 26 % av våtmarken längst i norr försvinner. Våtmarken har ett avrinningsområde på cirka 2,8 ha och avvattnas i sydöstlig riktning. Medelflödet från avrinningsområdet har beräknats till cirka 0,3 l/s. Den delen av avrinningsområdet som är norr om järnvägen beräknas generera ett medelflöde på cirka 0,1 l/s. Skärningen innebär därmed att cirka 0,1 l/s kommer att gå ner i skärningen och att cirka 0,2 l/s blir kvar mot återstående södra delen av våtmarken.

Våtmarken bedöms även påverkas av grundvattenbortledningen som kommer att ske permanent på grund av skärningen. Våtmarken ligger enligt jordartskarta på lera vilket även bekräftades vid utfört fältbesök. Jorddjupet varierade kraftigt i våtmarken, med generellt mindre jorddjup (0,8 meter eller mindre) i de sydöstra delarna och något större vid läget för skärningen (bitvis över två meter). Inget utlopp identifierades. Detta visar inte entydigt på att kontakt finns med underliggande grundvatten i friktionsjorden, men på grund av den omedelbara närheten till skärningen bedöms våtmarken påverkas av grundvattensänkningen. Det finns alltså inga tecken på kontakt med underliggande friktionsjord men det kan inte uteslutas. Dräneringen av våtmarken bedöms dock fördröjas och begränsas av förekommande lerlager. Samtidigt är den södra delen av våtmarken fortsatt ytvattenförsörd. Tillförseln av ytvatten överskrider sannolikt

grundvattenbortledningen varför stora delar av våtmarken förväntas vara fortsatt blöta. Grundvattennivåmätningar i friktionsjorden under våtmarken (21G0015G) visar på grundvattennivåer som varierar mellan svagt artesiska och cirka 2 meter under markytan, vilket indikerar att våtmarken redan idag klarar perioder av lägre grundvattennivåer i undre magasin utan att blötheten påtagligt minskar eller att naturvärdena går förlorade. Baserat på detta och att tillflödet av ytvatten kvarstår bedöms biotopen i N04-28883 ändå kunna bibehålla de förutsättningar för biologisk mångfald som finns idag. Effekten för biotopen bedöms därmed som måttlig. Effekterna för förekommande arter bedöms som obetydlig–liten i och med att de arter som kan anses vara typiska för biotopen är vanliga och att de bedöms fortsatt kunna vara kvar i området. Inga rödlistade, skyddade arter eller andra naturvårdsarter förekommer. Den samlade effekten för naturmiljö bedöms bli måttlig. Skyddsåtgärder har utretts för våtmarken men inte bedömts ge önskad effekt.

En grundvattenberoende fornlämning, boplatsen L1982:8259, ligger inom påverkansområdet för grundvattensänkning och kan påverkas av vattenverksamheten. Effekten på kulturmiljöobjekt är en grundvattensänkning vilket kan utsätta objektet för en syrerik miljö. Fornlämningen ligger delvis inom ett lerområde som riskerar att påverkas permanent av sänkta grundvattennivåer, och delvis på berg utanför påverkansområdet. Delar av fornlämningen som ligger på lera ligger även inom våtmarken V21-001 och kan därmed även påverkas av en sänkning av vattennivån i våtmarken. Enligt ovanstående resonemang bedöms dock inte blötheten i V21-001 påverkas påtagligt. För delen som ligger på lera utanför våtmarken finns det dock en risk att leran dräneras av den permanenta grundvattensänkningen. Om organiskt material/metaller förekommer i denna del under nuvarande grundvattenyta finns det en risk för en stor negativ effekt för fornlämningen då den riskerar att utsättas för en syrerik miljö.

8.3.3.2. *Skärning G21-010 (km 21+730–21+920)*

Järnvägen kommer att gå i skärning genom ett höjdparti mellan km 21+730 och 21+920. Skärningen är som mest 16 meter djup. I området förekommer ytligt berg eller berg som överlagras av morän. En grundvattenberoende fornlämning, boplatsen L1982:8019, ligger inom påverkansområdet för grundvattensänkning och kan påverkas av vattenverksamheten. Fornlämningen påverkas även av G21-009. För samlad effektbedömning se 8.3.1.3.

8.3.4. *Tillfälliga schakt*

Inom delområde Trosaåns dalgång finns elva platser med tillfälliga schakter (utöver de som beskrivs i tidigare avsnitt) som var för sig ger upphov till temporär grundvattenpåverkan genom bortledning av grundvatten.

De vattenverksamheter där riskexponerade objekt finns inom bedömt påverkansområde är:

- G26-001, km 26+022–26+095
- G26-002, km 26+100–26+470
- G26-003, km 26+640–26+900
- G27-007, km 27+000–27+035
- G27-008, km 27+030–27+090
- G27-006, km 27+090–27+120
- G27-002, km 27+120–27+340
- G27-010, km 27+220–27+315
- G27-011, km 27+310–27+325
- G27-009, km 27+325–27+345
- G27-003, km 27+400–27+460

De vattenverksamheter som inte påverkar några enskilda eller allmänna intressen, eftersom det inte finns några grundvattenberoende objekt, är:

- G21-005, km 21+675–21+685
- G21-008, km 21+710–31+725

8.3.4.1. G26-001, Schakt för brostöd

Planerad järnvägsanläggning kommer gå på bro över ett sankt område och Dike som avvattnar Rensjön, km 26+022–26+095. Markytan varierar mellan +38 och +44. Grundvattenbortledning kommer krävas i byggskedet. Avsänkingsnivån för schakt vid anläggning av brostöd kommer vara cirka +35 vilket motsvarar cirka 4 meter under grundvattennivån i jord. Fram till sankmarksområdet i cirka km 26+030 består marken av berg i dagen eller ett ytligt moränlager på berg. Sankmarken sträcker sig fram till cirka km 26+090 och jordlagerföljden här består av 0,5–3,5 meter gyttjelera eller lera med växtdelar ovan lera på upp till 2 meter friktionsjord som underlagras av berg. Största lermäktigheten (11 meter) har uppmätts i cirka km 26+060.

Inom påverkansområdet för brostöden finns en grundvattenkänslig övrig kulturhistorisk lämning (bro L1982:7656). Bron är sättningskänslig, det vill säga om leran i området sätter sig finns risk för skador för bron. Grundvattensänkningen i området är dock temporär och risken för att stora sättningar uppstår bedöms som liten. Effekten på bron bedöms bli liten.

8.3.4.2. G27-002, Schakt för brostöd

Planerad järnvägsanläggning kommer att gå på bro km 27+120–27+340. För schakt för grundläggning av brostöd kommer temporär grundvattenbortledning på 5–8 meter under markytan i jord erfordras. Jordlagren består av lera på friktionsjord på berg. Berg har påträffats cirka 10,5 meter under markytan. Marknivån längs sträckan varierar i huvudsak mellan +40 och +37.

Grundvattnet förekommer i mindre uppbrutna grundvattenmagasin. Grundvattennivån i friktionsjord under lera bedöms variera mellan 2 meter under markytan till upp till 1 meter över markytan, vilket innebär att grundvattentryck är delvis artesisisk. Strömningsriktning är från sydväst till nordost.

Vid cirka km 27+100 går järnvägen på bro över en dalgång med en utdikad tidigare våtmark (V27-001). Dikessystemet tar emot vatten från ett avrinningsområde söder och väster om framtida broanläggning. Medelflödet från avrinningsområdet har beräknats till cirka 0,02 m³/s. Centralt genom området går ett huvuddike, Tillflöde till Dike som avvattnar Rensjön, som leder vattnet från dikessystemet mot nordöst. Tillflöde till Dike som avvattnar Rensjön är klassad som ett dike i naturmark (NO4-13644) med låga värden. Diket ligger cirka 1 km uppströms Brännvretens våtmarks som enligt artskyddsutredningen är särskilt viktigt område (se beskrivning i föregående avsnitt).

Järnvägsbank och brokon (Y27-010, Y27-011), järnvägsbro med sex brostöd (Y27-005) samt service och räddningsväg (Y27-007) anläggs inom avgränsningen för V27-001, vilket gör att drygt 5 000 m² (cirka 20 %) av våtmarkens yta tas i anspråk av järnvägsanläggningen. Norr om järnvägsbron (Y27-005) kommer Tillflöde till dike som avvattnar Rensjön fördjupas något (Y27-012) på en sträcka av cirka 70 meter för att få ett jämt fall ned till anslutande dike. Då fördjupningen av diket är mycket begränsad bedöms den inte leda till ökad avledning av vatten från våtmarken (V27-001). Våtmarken är redan sedan tidigare påverkad genom utdikning. Den effekt som uppstår på våtmarkens vattennivåer till följd av åtgärderna bedöms som obetydlig.

Anläggning av vägar och brostöd medför att delar av tillflöde till Dike som avvattnar Rensjön behöver ledas om i nya diken (Y27-009, Y27-003) och trummor (Y27-004, Y27-008, Y27-006). Effekten på naturvärdet NO4-13644 av omledningarna och omgrävningen (Y27-012) bedöms som stor i byggskedet till följd av att en stor del av diket grävs eller leds om (cirka 260 meter), vilket medför en stor fysisk påverkan. Till följd av att diket till stora delar behålls öppet bedöms dock den permanenta effekten på objektet bli liten.

Förbindelsen mellan NO4-13644 och Brännvretens våtmark innebär att skyddade arter som påträffats i Brännvretens våtmark även kan förekomma i NO4-13644. För att skydda arter som omfattas av artskyddsförordningen kommer arbete ske i torrhet eller med omledning av vattnet förbi arbetsområdet för att förhindra grumling. Groddjursstängsel kommer att användas vilket placeras ut inom den period som groddjur inte finns i vattnet. Arbete i vattendraget kommer ske i torrhet eller med omledning av vattnet förbi arbetsområdet. Syftet med att använda groddjursstängsel är att hindra groddjur från att röra sig till de delar av diket där arbete planeras.

8.3.4.3. *Utskiftningar G26-002, G26-003, G27-007, G27-008, G27-006, G27-010, G27-011, G27-009, G27-003*

Flertalet utskiftningar av lösa jordlager kommer göras på sträckan, dels för järnvägsanläggning, dels för ersättningsvägar. Detta kommer kräva att grundvattennivån sänks av temporärt mellan 1 och 6 meter.

I utkanten av påverkansområdet för G26-002 finns våtmarken V26-001. Våtmarken ligger enligt jordartskartan på berg. Utskiftningen orsakar en temporär grundvattensänkning på två meter. Då endast delar av våtmarken ligger inom påverkansområdet bedöms grundvattensänkningen vid våtmarken bli liten.

Inom påverkansområdet för G26-003 ligger en våtmark (V26-002) som inrymmer en skogsbevuxen myr med måttligt naturvärde (NH4-10105). Våtmarken ligger enligt jordartskartan dels på mosstorv, dels på berg. Mosstorv indikerar att våtmarken är beroende av tillskott från nederbörd snarare än underliggande grundvatten. Våtmarken bedöms därmed inte påverkas av grundvattensänkningen. Det innebär att biotopkvaliteterna och artsammansättning kommer att bestå. Effekten för biotopen och

förekommande arter bedöms därmed vara obetydlig. Inga rödlistade, skyddade arter eller andra naturvårdsarter förekommer. Den samlade effekten för naturmiljö bedöms bli obetydlig.

Inom påverkansområdet för G27-007, G27-008, G27-006, G27-010, G27-011 och G27-009 ligger våtmarken V27-001, som även påverkas av G27-002. För effektbedömning se underrubrik 8.3.4.2.

I utkanten av påverkansområdet för G27-003 finns en övrig kulturhistorisk lämning i form av en lägenhetsbebyggelse (L1983:6178). Kulturojektet ligger enligt jordartskartan på lera. Den temporära grundvattensänkningen sker i friktionsjord under leran, vilket riskerar att dränera leran och på så sätt utsätta kulturojektet för en syrerik miljö. Grundvattenbortledningen är dock kortvarig, cirka en vecka, och risken att leran ska hinna dräneras på denna tid bedöms som liten. Enligt kulturminnesregistret ligger kulturojektet på sandig morän, vilket gör att den i så fall inte är känslig för grundvattensänkning. Det går inte med säkerhet att avgöra vilken jordartsbedömning som är korrekt, men oavsett jordart bedöms kulturojektet inte påverkas av en grundvattensänkning i detta fall. Ingen effekt bedöms uppstå.

Inom G27-010 och G27-003 påverkansområde inryms även fornlämningen L1983:6106. Fornlämningen kommer också påverkas av G27-002 och ett flertal ytvattenverksamheter. För effektbedömning se underrubrik 8.3.4.2 och 8.3.5.2.

8.3.5. Dikes-, trum- och rörlägningsåtgärder

Inom delområde Trosaåns dalgång utförs tolv dikes-, trum- och rörlägningsåtgärder som ger upphov till vattenverksamheter. Av dessa bedöms två inte beröra några riskexponerade objekt och därmed inte heller några enskilda eller allmänna intressen. Dessa vattenverksamheter beskrivs närmare i Bilaga C *Teknisk beskrivning vattenverksamhet*. Kulvert- och dikesåtgärderna samt anläggandet av trummor utgör vattenverksamhet till följd av arbete i vattenområde eller omledning av vatten från vattenområde.

De vattenverksamheter som har riskexponerade objekt som riskerar att påverkas av vattenverksamheten är:

- Y26-004, km 26+040, ny trumma under serviceväg
- Y26-007, km 26+060–26+090, omledning av dike
- Y27-003, km 27+210–27+240, justering av dike
- Y27-004, km 27+240, ny trumma under serviceväg
- Y27-006, km 27+310–27+320, ny trumma under serviceväg
- Y27-008, km 27+340–27+350, ny trumma under serviceväg
- Y27-009, km 27+340–27+350, omledning av dike
- Y27-012, km 27+160–27+210, fördjupning av dike.

De vattenverksamheter som inte bedöms påverka några enskilda eller allmänna intressen är:

- Y21-005, km 21+740, ny trumma under serviceväg för genomledning av mindre skogsdike utan naturvärden.
- Y26-005, km 26+060–26+070, ny trumma under serviceväg för avvattning av vägen. Ligger i utkanten av befintligt utdikat vattenområde.

- Y26-006, ny trumma under serviceväg för avvattning av vägen. Ligger i utkanten av befintligt utdikad vattenområde.

Dessa vattenverksamheter ligger i diken som omfattas av biotopskydd, påverkan på de biotopskyddade diken till följd av järnvägsanläggningen hanteras i MKB för järnvägsplanen:

- Y24-002, km 24+300, Ny trumma under spår i dike med biotopskydd.

De dikes- och rörlägningsåtgärder som har riskexponerade objekt beskrivs nedan tillsammans med andra vattenverksamheter som ingår i samma system och med samma riskexponerade objekt.

8.3.5.1. Y26-003, Y26-004, Y26-005, Y26-006, Y26-007, Y26-008 *Arbeten i vattenområde vid Dike som avvattnar Rensjön med anläggning av brostöd för järnväg, anläggning av trummor och omledning av Dike som avvattnar Rensjön km 26+030–26+090*

Vid km 26+030–26+090 anläggs järnvägsbro med fem brostöd (Y26-003) inom vattenområde för Dike som avvattnar Rensjön. I anslutning till järnvägsbron anläggs även serviceväg och ersättningsväg för gamla Göta landsväg (Y26-008). Under vägarna inom vattenområdet anläggs trummor för lokal omledning av Dike som avvattnar Rensjön (Y26-005, Y26-006) och genomledning av Dike som avvattnar Rensjön (Y26-004). Nya dikesanslutningar (Y26-007) görs för anpassning till omledningen vid trumma (Y26-006). Längden av omledningen, dike och trumma, är cirka 60 meter. Totala arean för arbetet inom vattenområdet är cirka 2 300 m².

Dike som avvattnar Rensjön är en dikessträcka klassad som lågt naturvärde (NO4-13636) som ansluter till naturvärdesobjektet Brännvretens våtmark (NO4-28879). Dike som avvattnar Rensjön har en medelvattenföring på 30 l/s och dikets totala längd från Rensjöns utlopp till inlopp i Brännvretens våtmark är cirka 650 m. En 60 m lång sträcka av diket läggs om. Omläggning av servicevägar och brostöd med tillhörande dike- och rörlägningsystem innebär att cirka 10 % av diket (NO4-13636) påverkas. Utifrån den fysiska påverkan på diket (NO4-13636) bedöms effekten som liten. Flödet i diket ändras inte till följd av omledningarna och påverkar således inte effektbedömningen.

Brännvretens våtmark, belägen vid km 25+800 till 26+300, pekas ut i artskyddsprocessen som ett särskilt viktigt område. Våtmarken har vid NVI bedömts ha högt värde (NO4-28879) och vid artskyddsinventering påträffades av vanlig padda, vanlig groda och åkergroda i våtmarken. Våtmarken är lokaliserad över 220 meter nedströms planerade vattenverksamheter (Y26-003, Y26-004, Y26-005, Y26-006, Y26-007, Y26-008). Avståndet till Brännvretens våtmark samt den vegetationsrika miljön i våtmarken innebär att arbeten med grävning och rörläggning uppströms utgör obetydlig effekt med avseende på grumling.

Grävning i dikesträckan NO4-13636, på ca 60 m, (Y26-003, Y26-004, Y26-005, Y26-006, Y26-007, Y26-008) kan påverka vanlig padda och vanlig groda med skydd enligt 6 § artskyddsförordningen, samt åkergroda med starkt skydd enligt 4 § artskyddsförordningen. Diket mynnar i Brännvretens våtmark vilket innebär att arterna även kan förekomma i diket. För att skydda arter som omfattas av artskyddsförordningen kommer arbete ske i torrhet eller med omledning av vattnet förbi arbetsområdet för att förhindra grumling. Groddjursstängsel kommer att användas

vilket placeras ut inom den period som groddjur inte finns i vattnet. Syftet med att använda groddjursstängsel är att hindra groddjur från att röra sig till de delar av diket där arbete planeras.

8.3.5.2. Y27-003, Y27-004, Y27-005, Y27-006, Y27-007, Y27-008, Y27-009, Y27-010, Y27-011, Y27-012 *Arbeten i vattenområde vid tillflöde till Dike som avvattnar Rensjön km 27+010–27+350*

Vid cirka km 27+100 går järnvägen på bro över en dalgång med en utdikad tidigare våtmark (V27-001). Dikessystemet tar emot vatten från ett avrinningsområde söder och väster om framtida broanläggning. Medelflödet från avrinningsområdet har beräknats till cirka 0,02 m³/s. Centralt genom området går ett huvuddike, Tillflöde till Dike som avvattnar Rensjön, som leder vattnet från dikessystemet mot nordöst. Tillflöde till Dike som avvattnar Rensjön är klassad som ett dike i naturmark (NO4-13644) med låga värden. Diket ligger cirka 1 km uppströms Brännvretens våtmarks som enligt artskyddsutredningen är särskilt viktigt område (se beskrivning i föregående avsnitt).

Järnvägsbank och brokon (Y27-010, Y27-011), järnvägsbro med sex brostöd (Y27-005) samt service och räddningsväg (Y27-007) anläggs inom avgränsningen för V27-001, vilket gör att drygt 5 000 m² (cirka 20 %) av våtmarkens yta tas i anspråk av järnvägsanläggningen. Norr om järnvägsbron (Y27-005) kommer Tillflöde till dike som avvattnar Rensjön fördjupas något (Y27-012) på en sträcka av cirka 70 meter för att få ett jämt fall ned till anslutande dike. Då fördjupningen av diket är mycket begränsad bedöms den inte leda till ökad avledning av vatten från våtmarken (V27-001).

Våtmarken är redan sedan tidigare påverkad genom utdikning. Den effekt som uppstår på våtmarkens vattennivåer till följd av åtgärderna bedöms som obetydlig.

Anläggning av vägar och brostöd medför att delar av tillflöde till Dike som avvattnar Rensjön behöver ledas om i nya diken (Y27-009, Y27-003) och trummor (Y27-004, Y27-008, Y27-006). Effekten på naturvärdet NO4-13644 av omledningarna och omgrävningen (Y27-012) bedöms som stor i byggskedet till följd av att en stor del av diket grävs eller leds om (cirka 260 meter), vilket medför en stor fysisk påverkan. Till följd av att diket till stora delar behålls öppet bedöms dock den permanenta effekten på objektet bli liten.

Förbindelsen mellan NO4-13644 och Brännvretens våtmark innebär att skyddade arter som påträffats i Brännvretens våtmark även kan förekomma i NO4-13644. För att skydda arter som omfattas av artskyddsförordningen kommer arbete ske i torrhet eller med omledning av vattnet förbi arbetsområdet för att förhindra grumling.

Groddjursstängsel kommer att användas vilket placeras ut inom den period som groddjur inte finns i vattnet. Arbete i vattendraget kommer ske i torrhet eller med omledning av vattnet förbi arbetsområdet. Syftet med att använda groddjursstängsel är att hindra groddjur från att röra sig till de delar av diket där arbete planeras.

9 Referenser

9.1. Underlagsrapporter

1. *PM Brunnsinventering Långsjön–Sillekrog, OLP4-04-025-42000-0_0-0040*
2. *PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 4.2, OLP4-04-025-42000-0_0-0026*
3. *PM Hydrogeologisk våtmarksutredning Långsjön–Sillekrog, OLP4-04-025-42000-0_0-0042*
4. *Rapport Miljöteknisk markundersökning Trafikplats Vagnhärad, OLP4-04-025-42000-0_0-0050*
5. *Rapport Naturvärdesinventering av vatten Gerstabergr–Sillekrog, OLP4-04-025-40000-0_0-0006. 2019-02-21*
6. *Rapport Naturvärdesinventering Gerstabergr–Sillekrog, OLP4-01-025-40000-0_0-0053. 2019-11-21*
7. *Rapport Naturvärdesinventering utanför utredningskorridoren Gerstabergr–Sillekrog, OLP4-04-025-40000-0_0-0021. 2019-11-21*
8. *Rapport Kompletterande naturvärdesinventering Gerstabergr–Sillekrog, OLP4-04-025-40000-0_0-1233. 2020-11-23*
9. *eDNA Groddjur och fisk Gerstabergr–Sillekrog, OLP4-04-025-40000-0_0-1241. 2021-12-09*
10. *Rapport Naturvärdesinventering grundvattenberoende områden, komplettering Gerstabergr–Sillekrog, OLP4-04-025-40000-0_0-1237. 2021-11-10*
11. *Rapport Artinventeringar Gerstabergr–Sillekrog, OLP4-04-024-40000-0_0-1016. 2020-06-10*
12. *Rapport Naturvärdesinventering vattenberoende naturvärden, komplettering, Gerstabergr–Sillekrog OLP4-04-025-40000-0_0-0026. 2021-09-29*
13. *Rapport Artskyddsinventeringar groddjur, Gerstabergr–Sillekrog 2022 OLP4-04-25-40000-0_0-0027. 2022-09-12*
14. *Rapport Kompletterande inventering av våtmarksområden. Långsjön-Sillekrog, OLP4-04-025-42000-0_0-0447. 2022-11-01*
15. *Rapport Artskyddsinventeringar groddjur, Långsjön–Sillekrog. Förhandsversion 2023-08-24*

9.2. Referenser

- Arheimer, B., & Lindström, G. (2015). Climate impact on floods: changes in high flows in Sweden in the past and the future (1911–2100). *Hydrology and Earth System Sciences*, 19(2), 771-784.
- Eklund, Helen Stejmar, 2002. Hydrogeologiska typmiljöer: verktyg för bedömning av grundvattenkvalitet, identifiering av grundvattenförekomster samt underlag för riskhantering längs vägar. Lic.-avh. Chalmers tekniska högskola, Geologiska institutionen. Göteborg. (Publ. A 101).
- Fransson Å, Merisalu, J, in press. Vattenverksamhet i urbana områden: Tillstånd, undersökningar, tekniska åtgärder och kontroll med fokus på infrastrukturbyggande – Förstudie. BeFo Rapport 175.
- Länsstyrelsen Stockholm, 2018. Regional vattenförsörjningsplan för Stockholms län. Rapport 2018:24.
- Länsstyrelsen Södermanlands län, 2005. Bevarandeplan för Natura2000-område Tullgarn östra, SE0220034.
- Merisalu J, Fransson Å, 2018. HydrogeologiCirkal reference conditions for assessment of environmental impact and for grouting design. Proceedings ARMS10 10th Asian Rock Mechanics Symposium The ISRM International Symposium for 2018, 29 Oct - 3 Nov, Singapore.
- SGI 1993 Plattgrundläggning. ISBN 91-7332-662-3.
- SGI 1993 Pålgrundläggning ISBN 91-7332-663-1.
- SGU 2013. Bedömningsgrunder för grundvatten. SGU rapport 2013:01.
- SGU 2015a. Grundvattennivåer i ett förändrat klimat – nya klimatscenarier. SGU rapport 2015:19.
- SGU 2015 b. Grundvattenberoende ekosystem. Förslag på prioritering av svenska naturtyper inom nätverket Natura 2000. Dnr 423–1298/2015.
- SGU 2019. Geologins betydelse vid våtmarksåtgärder – Sätt att stärka tillgången på grundvatten. SGU-rapport 2019:15.
- SLU 2016. Översvämningar på jordbruksmark – utredning av konsekvenser på mark och produktion. Ingrid Wesström m.fl.
- SMHI 2015. Climate impact on floods: changes in high flows in Sweden in the past and the future (1911-2100).
- SMHI 2018. Klimatologi Nr 47. Extremregn i nuvarande och framtida klimat Analyser av observationer och framtidsscenarier.
- Trafikverket 2020. Program för referensprovtagning i ytvatten. OLP4-04-025-40000-0_0-0035.
- Trafikverket 2022. Rapport referensprovtagning i ytvatten. OLP4-04-025-40000-0_0-1248
- Trafikverket 2014a. Avvattningsteknisk dimensionering och utformning – MB 310, TR Avvattning. TDOK 2014:0051.
- Trafikverket 2014b. Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner TK Geo 13 TDOK 2013:0667.
- Trafikverket 2016a. Utrednings-PM Dimensioneringsförutsättningar, klimatsäkring. OLPO-08-025-40000-0_0-0020. Reviderad 2019-03-25.
- Trafikverket 2016b. Utrednings-PM Projekteringsförutsättningar, klimatsäkring. OLPO-08-025-40000-0_0-0021. Reviderad 2019-03-25.
- Trafikverket 2016c. Utrednings-PM Underlag projekteringsförutsättningar, klimatsäkring. OLPO-08-025-40000-0_0-0022. Reviderad 2019-03-25.
- Trafikverket 2016d. Utrednings-PM Underlag projekteringsförutsättningar, klimatsäkring Bilaga 1, Jämförelse av hur klimatförändringar och klimatparametrar hanteras i olika underlagsdokument. OLPO-08-025-40000-0_0-0023.

Trafikverket 2016e. Utrednings-PM Underlag projekteringsförutsättningar, klimatsäkring Bilaga 2, Screening av riskområden för höga havsvattenstånd inom korridoren OLP4. OLPO-08-025-40000-0_0-0024.

Trafikverket 2016f. Utrednings-PM Underlag projekteringsförutsättningar, klimatsäkring Bilaga 3, Beskrivning av regnklass 3 (CDS). OLPO-08-025-40000-0_0-0025.

Trosa amatörfiskeklubb. https://trosaafk.se/wp/?page_id=43 Hämtat 2022-12-15.

VISS, Vatteninformationssystem Sverige. Hämtat 2020-2023, <https://viss.lansstyrelsen.se/Maps.aspx>

9.3. Figurer och bilagor

För figurer och bilagor som tillhör PM Yt- och grundvatten gäller copyright:

Underlag/data	Beskrivning	Figur/Bilaga	Copyright
Lantmäteriet			
Terrängkartan Sankmark	Våtmarker från Terrängkartan	Figur 13, Figur 14, Figur 16, Figur 17, Figur 18, Figur 19, Figur 22, Figur 23, Figur 39, Figur 40, Figur 41, Figur 42, Figur 45, Figur 46, Bilaga D.2.1a, Bilaga D.2.2e	© Lantmäteriet
Fastighetsgräns	Topografi 10	Bilaga D.2.2a, Bilaga D.2.2c, Bilaga D.2.2d	© Lantmäteriet
Fastighetskartan	Bakgrund	Figur 29, Figur 30, Figur 48, Bilaga D.2.2a, Bilaga D.2.2c, Bilaga D.2.2d	© Lantmäteriet
Terrängkartan	Bakgrund	Figur 16, Figur 17, Figur 18, Figur 19, Figur 20, Figur 21, Figur 22, Figur 23, Figur 32, Figur 39, Figur 40, Figur 41, Figur 42, Figur 43, Figur 44, Figur 45, Figur 46, Bilaga D.2.1a, Bilaga D.2.2b, Bilaga D.2.2e, Bilaga D.2.2f, Bilaga D.2.2g, Bilaga D.2.3 (Figur 4-2, Figur 4-5, Figur 4-7, Figur 4-10, Figur 4-13, Figur 4-14, Figur 4-15, Figur 4-16)	© Lantmäteriet
Översiktskartan	Bakgrund	Figur 1, Figur 6, Figur 7, Figur 8, Figur 9, Figur 10, Figur 12, Figur 13, Figur 14, Figur 15, Bilaga D.2.3 (Figur 4-2, Figur 4-5, Figur 4-7, Figur 4-10, Figur 4-13, Figur 4-14, Figur 4-15, Figur 4-16)	© Lantmäteriet
Järnvägar GSD, Sverigekartan	Bakgrund	Figur 1, Figur 6, Figur 7, Figur 8, Figur 9, Figur 10, Figur 12, Figur 13, Figur 14, Figur 15	© Lantmäteriet
Visningstjänst ortofoto	0,16 m upplösning	Bilaga D.2.1b, Bilaga D.2.1c	© Lantmäteriet
Visningstjänst ortofoto	0,5 m upplösning	Figur 6, Figur 7	© Lantmäteriet
Länsstyrelsen			
Tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter		Bilaga D.2.2g	
Potentiellt förorenade områden	Riskklass, EBH	Bilaga D.2.2g	
VISS grundvattenförekomst	Grundvatten - vattenförekomst	Figur 14, Figur 20, Figur 21, Figur 22, Figur 23, Figur 43, Figur 44, Figur 45, Figur 46, Bilaga D.2.2a	
VISS ytvattenförekomster	Vattendrag - vattenförekomst	Figur 13, Figur 18, Figur 19, Figur 41, Figur 42	
VISS ytvattenförekomster	Sjö - vattenförekomst	Figur 13, Figur 18, Figur 19, Figur 41, Figur 42	

Underlag/data	Beskrivning	Figur/Bilaga	Copyright
VISS ytvattenförekomster	Kustvatten - vattenförekomst	Figur 13, Figur 18, Figur 19, Figur 41, Figur 42	
VISS övriga vatten	Vattendrag - övrigt vatten	Figur 13	
VISS övriga vatten	Sjö - övrigt vatten	Figur 13	
Naturvårdsverket			
Våtmark	Våtmarker från nationella marktäckesdatabasen	Figur 13, Figur 14, Figur 16, Figur 17, Figur 18, Figur 19, Figur 22, Figur 23, Figur 39, Figur 40, Figur 41, Figur 42, Figur 45, Figur 46, Bilaga D.2.1a, Bilaga D.2.2e	
Våtmark på skog	Våtmarker från nationella marktäckesdatabasen	Figur 13, Figur 14, Figur 16, Figur 17, Figur 18, Figur 19, Figur 22, Figur 23, Figur 39, Figur 40, Figur 41, Figur 42, Figur 45, Figur 46, Bilaga D.2.1a, Bilaga D.2.2e	
SGU			
Grundvattenmagasin	SGU Grundvattenmagasin	Figur 14, Figur 20, Figur 21, Figur 22, Figur 23, Figur 43, Figur 44, Figur 45, Figur 46, Bilaga D.2.2a	© Sveriges geologiska undersökning
Deformationszoner	Strukturlinjer från SGU:s Berggrundskarta	Figur 12, Figur 29, Figur 30, Figur 48	© Sveriges geologiska undersökning
Berggrundskarta	Berggrundsytor från SGU:s Berggrundskarta	Figur 12	© Sveriges geologiska undersökning
Jordartskartan (20-11-25) 1:25 000-1:100 000, alt1	Jordart, grundlager från SGU:s Jordartskartan	Figur 8, Figur 9, Figur 14, Figur 20, Figur 21, Figur 22, Figur 23, Figur 32, Figur 43, Figur 44, Figur 45, Figur 46, Bilaga D.2.2a, Bilaga D.2.1b, Bilaga D.2.1c, Bilaga D.2.2d, Bilaga D.2.2f, Bilaga D.2.2g, Bilaga D.2.3 (Figur 4-2, Figur 4-5, Figur 4-7, Figur 4- 10, Figur 4-13, Figur 4-14, Figur 4-15, Figur 4-16)	© Sveriges geologiska undersökning
SMHI			
Avrinningsområden, SMHI	Huvudavrinningsområde	Figur 13, Figur 18, Figur 19, Figur 41, Figur 42	
Avrinningsområden, SMHI	Delavrinningsområde	Figur 13, Figur 14, Figur 18, Figur 19, Figur 20, Figur 21, Figur 41, Figur 42, Figur 43, Figur 44	
Trosa kommun			
Vattenskyddsområde	Vattenskyddsområde Trosa, inre skyddszon & yttre skyddszon Vattenskyddsområde Tunsätter inre & yttre skyddszon Planerat vattenskyddsområde	Figur 14, Bilaga D.2.2a	

Underlag/data	Beskrivning	Figur/Bilaga	Copyright
	Sörtuna/Trosa kommun inre skyddszone & yttre skyddszone		

10 Begrepp och definitioner

Akvifer	En i berg eller jord vattenförande formation som kan avge vatten i användbara volymer. (SGU:s ordlista)
Artesiskt grundvatten	De flesta brunnar i kvartära avlagringar tar sitt vatten ifrån s.k. slutna magasin. Ett slutet magasin begränsas uppåt av ett för vattnet ogenomträngligt lager, till exempel tät moränlera. I ett sådant artesiskt magasin kan man mäta ett grundvattentryck som når över magasinets övre gräns och som ibland når över markytan. (SMHI ordlista). I denna rapport tillämpas begreppet dock endast där grundvattentrycket når över marknivån.
Avrinningsområde	<p>Det område uppströms en viss punkt som vatten dräneras ifrån. Avrinningsområdet för ytvatten begränsas av höjdryggar, som delar flödet från regn och smältvatten åt olika håll. Gränsen för avrinningsområdet utgörs av ytvattendelaren. Avrinningsområdet omfattar både markytan och ytan av områdets sjöar. Om man däremot räknar endast markytan varifrån vatten avrinner till sjöar och vattendrag i området så benämns detta tillrinningsområde.</p> <p>Avrinningsområde för grundvatten sammanfaller ofta, men inte alltid med avrinningsområde för ytvatten. Det förekommer utöver fasta grundvattendelare, såsom höjdryggar även gravitationsvattendelare, vars läge kan variera beroende på variationer i grundvattennivån och yttre påverkan, såsom grundvattenbortledning.</p>
Biologiska kvalitetsfaktorer	De biologiska kvalitetsfaktorerna är: bottenfauna, makroalger, makrofyter, kiselalger, växtplankton och fisk. Dessa ger en bild av om vattnet är påverkat av mänsklig verksamhet och ligger till grund för bedömning av ekologisk status.
Byggskede för vattenverksamhet	<p>Det skede verksamheter pågår som förändrar bortledning av grundvatten, exempelvis drivning och tätning av bergtunnlar, länshållning av grundvatten i öppna schakt, med mera</p> <p>För arbeten i ytvatten motsvarar byggskedet den tid under vilket anläggningsarbeten i vattenområdet pågår fram till dess att de permanenta anläggningarna färdigställts och eventuella skyddsåtgärder i vattenområde avetablerats.</p>

Båtnadsområde	Område som fått ett förhöjt värde genom förbättrade odlingsmöjligheter genom en markavvattnings-, diknings-, eller sjösänkingsåtgärd. Området avgör ofta vilka fastigheter som ska ingå i markavvattningsföretaget.
Driftskede för vattenverksamhet	<p>Det skede som startar efter byggskede vattenverksamhet. Under driftskedet fortgår bortledning av grundvatten från permanent dränerande konstruktioner, exempelvis bergtunnlar.</p> <p>För arbeten i ytvatten sker ingen vattenverksamhet efter att byggskedet har avslutats och vattenanläggningar är färdigställda.</p>
Dagvatten	Tillfälligt vatten på ytan av mark eller konstruktion, till exempel regnvatten, smältvatten, framträngande grundvatten.
Dränvatten	Inläckande grundvatten (i schaktgrop eller anläggning under grundvattennivån) som leds bort i dräneringsledningar till diken eller liknande.
Energibrunnsanläggning	Ett eller flera borrhål i berg för utvinning eller lagring av energi. Borrhålslager är en energibrunnsanläggning med flera borrhål där växelvis värme och kyla inlagras och utvinns.
Grundvatten	Grundvatten är det vatten som finns där jordens porer (hålrum) och bergets sprickor är helt vattenfyllda. (SGU)
Grundvattenberoende objekt	Samlingsnamn för de allmänna eller enskilda intressen som inventerats inom utredningsområdet och som är beroende av grundvattensituationen för att bibehålla sitt värde eller sina egenskaper. Det kan vara anläggningar som är grundlagda på sättningskänslig mark, naturvärden som är beroende av grundvattenutströmning, naturliga källor etcetera.

<p>Grundvattenmagasin</p>	<p>Grundvattenförande lager med relativt stor mäktighet och avgränsat så att det kan betraktas som en hydrologisk enhet.</p> <p>Ett genomsläppligt jordlager där grundvatten förekommer kallas för en akvifer medan grundvattenmagasin används för att beteckna en avgränsad del av ett genomsläppligt jordlager.</p> <p>Grundvatten kan förekomma i öppna eller slutna magasin. I ett öppet magasin kan nederbördsvatten som inte tas upp av vegetationen i markzonen direkt perkolera till grundvattenmagasinet. I ett slutet (undre) magasin begränsas magasinet av ett ovanliggande tätande jordlager, vanligtvis lera, och magasinet fylls huvudsakligen på genom tillrinning från sidan. Om omgivande grundvattenbildningsområden för ett slutet magasin ligger högre i terrängen än området med den tätande lerjorden kan det slutna (undre) magasinets trycknivå vara högre än marknivån. Det kallas artesiskt grundvatten. Öppna magasin ovanför ett tätande lerlager brukar kallas ett övre magasin och vanligen handlar det om grundvatten i fyllnadsmaterial och torrskorpelera men det kan även förekomma naturligt eller i svallade material som svallats ut över ett lerskikt.</p>
<p>Hydrogeologi</p>	<p>Inom hydrogeologin undersöks de geologiska förutsättningarna för grundvattnets bildande, dess förekomst, strömning och sammansättning. Även grundvattnets betydelse som en geologisk faktor för till exempel vittring, korrosion, stabilitetsförhållanden och erosionsföreteelser. I projekt Ostlänken används begreppet i stället för det ofta använda begreppet "geohydrologi" med snarlik innebörd.</p>
<p>Länshållningsvatten/Länsvatten</p>	<p>Det vatten som leds bort från tunnel eller öppna schakt för att hålla torrt i byggskedet benämns länshållningsvatten. Länshållningsvatten kan utgöras av en blandning av nederbörd, dagvatten från omgivningen, dränvatten och processvatten.</p>
<p>Markavvattning</p>	<p>Markavvattning, en åtgärd som utförs för att avvattna mark, när det inte är fråga om avledande av avloppsvatten, eller som utförs för att sänka eller tappa ur ett vattenområde eller för att skydda mot vatten, när syftet med åtgärden är att varaktigt öka en fastighets lämplighet för något visst ändamål.</p>
<p>Markavvattningsföretag</p>	<p>Markavvattningsföretag har ofta tillkommit genom förrättning när flera fastigheter var i behov av ny markavvattning. De kallas även vattenavledningsföretag, dikningsföretag, invallningsföretag eller regleringsföretag, beroende på när och varför de tillkom.</p> <p>I samband med att ett markavvattningsföretag tillkom bildades en samfällighet för att sköta underhållet av den gemensamma vattenanläggningen och ta tillvara samfällighetens intressen. Namnet på samfälligheten är samma som på tillståndet eller vattenanläggningen.</p>

	Samfälligheterna är viktiga sakägare i samband med till exempel ny bebyggelse.
Processvatten	Processvatten är vatten som används för anläggningsarbeten, exempelvis vid betonggjutning eller till kylning vid bergborrning. Vid tunneldrivning blandas processvatten med inläckande grundvatten, vid skärningar och påslag även med dagvatten.
Påverkansområde för grundvatten	Det område utanför vilket någon påverkan av betydelse för något grundvattenberoende objekt inte förväntas uppkomma. En sådan påverkan bedöms kunna uppkomma vid en sänkning av grundvattennivå motsvarande > 0,3 m i jord och > 1 meter i berg (jämfört mot tidigare års nivåvariation). Utbredningen av området är bedömd inklusive de skadeförebyggande åtgärder som ingår i projekterad anläggning (tätning, strömningsavskärande fyllning etcetera), men utan eventuella skyddsåtgärder, såsom infiltration av vatten för att höja grundvattennivåerna.
Risikexponerade objekt	De yt- eller grundvattenberoende objekt och värden som efter utredning bedöms kunna påverkas av vattenverksamheterna. Undre (slutet) grundvattenmagasin – se Grundvattenmagasin.
Rinnväg	Rinnstråk där vatten rinner tidvis såsom vid kraftiga regn, snösmältning eller vid långa regnperioder men där det inte finns ett permanent dike eller vattendrag.
Rörledning	Anordning av rör, avsedd att genomleda vatten. I denna handling särskiljs rörledning från trumma genom att rörledningens inlopp och/eller utlopp är försett med särskild anslutningsanordning såsom brunn eller avvinkling.
Skadeförebyggande åtgärder	Åtgärder som är en förutsättning för anläggningens utförande i syfte att minska negativa effekter för omgivningen. De utgör en förutsättning för konsekvensbedömningen.
Skyddsåtgärd	Skyddsåtgärder är sådana åtgärder som vidtas i för att minska omgivningspåverkan. Skyddsåtgärder kan utgöras av exempelvis ytterligare tätning, infiltration eller grumlingskydd.
Släntfot	Där den nedre delen av järnvägsbankens slänt möter omgivande mark.
Trumma	En trumma har öppet in- och utlopp och är avsedd att leda vatten genom en väg eller järnväg, samt har en teoretisk spännvidd $\leq 2,0$ m.
Utredningsområde	Utredningsområdet avgränsar det område som inventeringar, undersökningar och utredningar utförs inom för att utreda påverkan av planerade vattenverksamheter. Området motsvarar ofta även samrådskretsen för vattenverksamheten. Området är tilltaget med god marginal för att inventeringsarbetet ska få en tillräcklig omfattning.

Utskiftning	Urgrävning av marklager, exempelvis jord, som sedan ersätts (återfylls) med lämpligt material.
Vattenförekomst	<p>I princip allt vatten i Sverige, förutom det öppna havet, är indelat i mindre enheter som kallas vattenförekomster. Detta görs för att kunna beskriva tillståndet i vattnet och bedöma vilka mål, miljö kvalitetsnormer, som ska gälla.</p> <p>Det finns fyra sorters vattenförekomster: sjöar, vattendrag, kustvatten och grundvatten. Vattenförekomsterna får inte vara hur små som helst utan de ska ha en viss storlek. Till exempel ska en sjö vara minst en kvadratkilometer stor och en grundvattenförekomst ge minst tio kubikmeter vatten per dygn, eller kunna förse minst 50 personer med dricksvatten. Vatten som inte klassats som vattenförekomster kallas övrigt vatten. (Vattenmyndigheterna)</p>
Vattenområde	Ett område som täcks av vatten vid högsta förutsebara vattenstånd. (Miljöbalken 11 kap)
Vattentäkt	Bortledning av ytvatten eller grundvatten för vattenförsörjning, värmeutvinning eller bevattning. Beteckningen används också om grundvattenmagasin, sjö eller vattendrag där vattenverk hämtar sitt råvatten.
Ytvattenberoende objekt och värden	Samlingsnamn för de allmänna eller enskilda intressen som inventerats inom utredningsområdet och vars värde eller egenskaper beror av ytvattensituationen, inklusive vattennivå, flöde och vattenkvalitet.
Återkomsttid	Återkomsttid är ett mått på hur ofta förekomsten av extrema naturliga händelser kan förväntas. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Återkomsttider beräknas med statistiska metoder genom extremvärdesanalys av långa serier av kontinuerliga mätningar. Återkomsttider kan beräknas för olika parametrar såsom vattennivå, regnmängd, vattenflöde, temperatur, vindhastighet eller snödjup. (https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/extremer/aterkomsttider-1.89085)
Öppet grundvattenmagasin	se Grundvattenmagasin.
Övre grundvattenmagasin	se Grundvattenmagasin.



Trafikverket, 172 90 Sundbyberg Besöksadress: Solna Strandväg 98.

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00