

PM Avvattning/Geohydrologi Vägplan E12 Röbäck–Norra länken

Umeå kommun, Västerbottens län

Datum: 2016-02-03

Projektnummer: 135178



Dokumenttitel: PM Avvattning/Geohydrologi, Vägplan E12 Röbäck–Norra länken, Umeå kommun, Västerbottens län

Skapat av: Martin Bergvall, Daniel Blomqvist, Joel Avenius, Sweco

Dokumentdatum: 2016-02-03

Dokumenttyp: Rapport

Projektnummer: 135178

Version: 0.5

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Urban Larsson, Trafikverket

Konsult: Sweco

Uppdragsansvarig: Thomas Sällström, Sweco

Distributör: Trafikverket, Box 3057, 903 02 Umeå, telefon: 0771-921 921

Innehåll

1. Inledning	1
2. Underlag.....	1
3. Områdesbeskrivning.....	1
3.1. Etapper och planerade anläggningar.....	1
4. Geohydrologi.....	3
4.1. Geohydrologiska förutsättningar, värden och risker	3
4.1.1. Röbbäcksdalen – Söder om Umeälvs.....	3
4.1.2. Sektion Umeälv	5
4.1.3. Norr om Umeälv - Vännäsvägen.....	6
4.2. Utgångspunkt och bedömning.....	7
4.3. Resultat och sammanfattning	8
4.3.1. Röbbäcksdalen – Söder om Umeälv	8
4.3.2. Sektion Umeälv.....	11
4.3.3. Norr om Umeälv – Vännäsvägen	12
5. Avvattnings.....	14
5.1. Allmänt	14
5.2. Vägavvattnings.....	14
5.2.1. Röbbäcksdalen – Söder om Umeälv	14
5.2.2. Sektion Umeälv.....	18
5.2.3. Norr om Umeälv – Vännäsvägen	19
5.3. Terrängdagvatten	22
5.3.1. Röbbäcksdalen – Söder om Umeälv	22
5.3.2. Norr om Umeälv – Vännäsvägen	26

BILAGOR:

Bilaga 1	Bro 441-445
Bilaga 2	Bro 642
Bilaga 3	Bro 643
Bilaga 4	Bro 741-745

1. Inledning

På uppdrag av Trafikverket har Sweco upprättat ett gemensamt PM Avvattning/Geohydrologi, vilket är framtaget för att utgöra ett underlag till vägplanen för sträckan E12 Röbbäck–Norra länken. Föreliggande PM syftar till att beskriva de geohydrologiska och hydrologiska förhållandena, hur dessa kan förändras under bygg- och driftskede, samt hur förändringarna i sin tur kan påverka omgivningen. I förekommande fall föreslås lösningar som kan komma att krävas för att säkerställa att ställda krav på anläggningen och från omgivningen kan uppfyllas.

2. Underlag

Till grund för denna PM ligger trafikverkets publikationer: TDOK 2014:0045 ”Trafikverkets tekniska krav för avvattning – TK Avvattning” samt TDOK 2014:0051 ”Avvattningsteknisk dimensionering och utformning – MB 310”. Som underlag för modelleringar, beräkningar, analyser samt installation av grundvattenrör och brunnar har i första hand nedanstående data används om inget annat anges. Ytterligare datamaterial kan ha varit behjälplig och finns då beskrivet i detalj inom respektive stycke.

- Borrhålsdata från tidigare utförda geotekniska undersökningar
- Jordartskarta i skala 1:50 000, SGU
- GSD-höjddata med 2 m upplösning, Lantmäteriet
- Grundvattenkarta i skala 1:250 000, SGU
- Berggrundskarta i skala 1:50:000, SGU
- Avrinningsdata, SMHI
- Karttjänsten Vatteninformationssystem i Sverige, VISS
- Naturvårdsverkets karttjänst, Skyddad natur

För geotekniska detaljer kring varje enskilt portalternativ hänvisas till PM Geoteknik (daterad 2016-02-03). Ytterligare dokument, vilka har varit behjälpliga är Inventering och bedömning av naturvärden, utförd av Enetjärn Natur (daterad 2010-12-22) samt PM Inventering längs Degernäsbäcken, utförd av WSP (daterad 2013-08-07).

3. Områdesbeskrivning

3.1. Etapper och planerade anläggningar

De tre etapper vilka kommer behandlas i denna PM är:

- Röbbäcksdalen – Söder om Umeälv (0/000 – 6/700)
- Sektion Umeälv (6/700 – 7/700)
- Norr om Umeälv – Vännäsvägen (7/700 – 10/800)

Nedan följer en kort summering om varje etapps planerade sträckning samt byggnadsverk där en inverka på områdets geohydrologi samt avvattning inte går att utesluta. En översiktlig karta för vägsträckning samt planerade byggnadsverk

finns i figur 1.



Figur 1: Översiktsskild gällande planerad vägsträckning samt broalternativ, E12 Röbäck–Norra länken.

Röbäcksdalen – Söder om Umeälv

Det aktuella området sträcker sig mellan E4:ans södra infart (0/000), över Röbäcksdalen och fram till Röbäck där den projekterade vägen korsar väg 512 och sedermera ansluter till densamma (3/600). Sträckningen går sedan över den gamla grustakten vid Röbäck (Grop 42) innan vägen fortsätter upp över Lidberget för att därefter passera söder om den nya grustakten. Delsträckan avslutas där den befintliga Klabbölevägen tar vid (6/700). Den projekterade vägen blir 6,7 km lång och inkluderar två cirkulationsplatser, två trafikplatser, fem broar (441-445), fyra vägbroar (542-545), en GC-port (541) samt nya anslutningar till befintliga GC-vägar.

Sektion Umeälv

Från söder (6/700) anläggs en bro (641) där Umeleden sedermera kommer bli planskild från väg E12. Strax därefter kommer en ny bro över Umeälven (642) att anläggas. På norra sidan om Umeälven anläggs ytterligare en bro (643) för att skapa planskildhet för trafik på Sockenvägen.

Norr om Umeälv – Vännäsvägen

Sträckningen tar vid från Sockenvägen (7/700), passerar öster om Prästsjön mot trafikplats klockarbäcken (9/600) där vägen sedan ansluter till Vännäsvägen, vilken kommer att breddas och läggas om fram till etappens slut vid Kronoparksrondellen (10/800). En port (741) etableras söder om Prästsjön, ytterligare en port (742) uppförs i nivå med Prästsjöns södra spets. Öster om

den planerade Prästsjöondellen uppförs en GC-port (743) för anslutning mot Klockarbäckens handelsområde. Vid trafikplats klockarbäcken uppförs en vägbro (744) vilket skapar fri passage för genomfartstrafik från Umedalsallén/Norra Kullavägen. Vid Västerhiske ersätts den befintliga porten med en ny (745) vilket skapar en planskild passage under Vännäsvägen.

4. Geohydrologi

4.1. Geohydrologiska förutsättningar, värden och risker

4.1.1. Röbbäcksdalen – Söder om Umeälv

Två markant skilda delområden finns inom sträckan där jordartsammansättningen har den avgörande rollen för hur geohydrologin i området verkar. Nedan beskrivs dessa två områden med avseende på geologi samt geohydrologisk problematik.

Den första delen av vägsträckningen (0/000-3/600) består till stor del av mäktiga finkorniga havs- och sjösediment tillsammans med älvsediment, vilket avspeglas i den höga andelen jordbruksmark. Jordartssammansättning består av mat-, mull-, och torvjord i det översta skiktet (0,1-0,5 m) vilket underlagras av sandig silt och siltig finsand, med en mäktighet på 0,5-1,5 m. Mot djupet övergår materialet till sulfidsiltiga sediment där mäktigheten varierar mellan 2-16 m.

Både grundvattenrör och porttrycksspetsar i området visar på artesiskt grundvatten i de underliggande sedimenten och grundvattennivåerna ligger ca 1 m över markytan. Områden med åkermark är sedan tidigare täckdikat. Genom en del av sträckan (1/100-1/800) går den projekterade vägen genom en skogbeklädd moränhöjd med sand och grusig sand i det översta skiktet, för att mot djupet övergå till en siltig sandmorän. Inom denna sträcka återfinns grundvattennivån på 0,7-1,6 m under markytan, utan tendenser till artesiskt tryck.

Under den andra delen av vägsträckningen (3/600-6/700) varierar de geologiska förhållandena från sulfidhaltigt finsediment, till isälvssediment samt berg i dagen. Isälvssedimenten tillhör Vindelälvsåsen som vid Röbbäck ställvis är intensivt svallad och utjämnad samt omgiven av fält med svallsand. Morän påträffas endast i lokala fickor vid Lidberget där berg i dagen återfinns under vissa delsträckor.

Från Röbbäcksslätten (3/600) utgörs undergrunden av finkorniga relativt fasta siltiga sediment. Grundvattenytan bedöms normalt ligga ca 3-5 m under markytan. Efter slätten består jorden fram och förbi den gamla grustäkten i Röbbäck (Grop 42) av grusiga och sandiga isälvssedimenten vilka härstammar från Vindelälvsåsen. Vid korsningen av befintlig Travbaneväg förekommer berg lokalt i eller i nära nivå med planerad vägprofil. I kanten, men även inom den gamla grustäkten återfinns blandade jordfyllnadsmassor. Isälvssedimenten är mycket genomsläppliga och det är troligt att åskärnan ligger under den gamla grustäkten. Grundvattenytan i isälvssedimenten har en gradient mot Umeälv i norr.

Norr om grustäkten övergår isälvssedimenten till sandiga och delvis siltiga svallsediment på både isälvssediment, morän samt berg (figur 2Figur 3). I

[illegible]

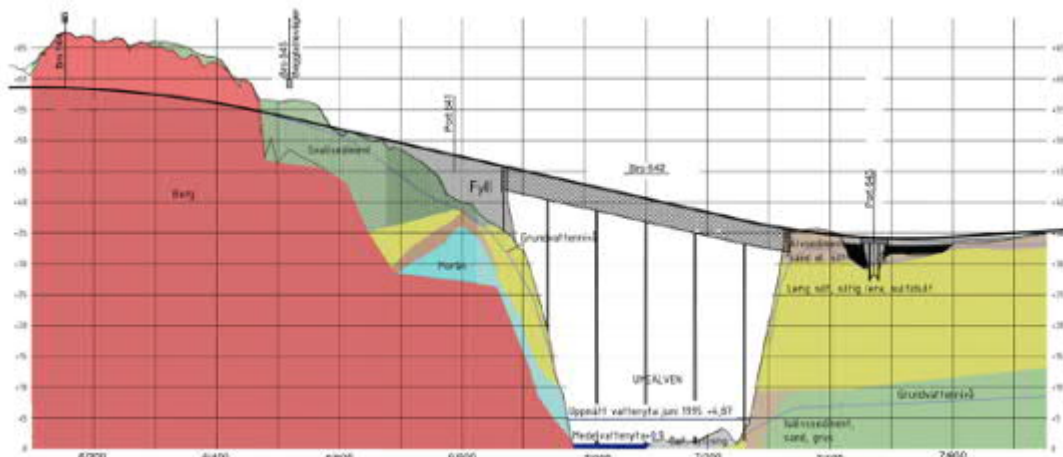
- Artesiskt tryck råder mellan ca 1/800 – 3/350 vilket innebär att vattnets tryckhöjd befinner sig över markytan till följd av att vattenförande jord överlagras av tätare jord. Således måste hydraulisk bottenuppträckning beaktas vid schaktning. Detta gäller för projekterade anslutningar till befintlig väg, GC-väg, enskild väg samt för bro 441–445.
- Grundvattenkällan, Linnés källa (3/280), kan komma att påverkas negativt till följd av minskat inflöde genom grundvattensänkningar under bygg- och driftskede. Lösningar vilka minimerar risken för negativ påverkan ska väljas, exempelvis tillfällig spont och täta trågkonstruktioner.
- Vindelälvsåsens grundvattenförekomst (EUID: SEA7SE709160-171345) återfinns vid ca 3/400. Schakt för port 445 kommer att ske vid 3/400, varför det finns risk att Vindelälvsåsens grundvattenförekomst kan komma att påverkas negativt under bygg- och driftskede då dess utbredning är osäker. Lösningar vilka minimerar risken för negativ påverkan ska väljas, exempelvis tillfällig spont och täta trågkonstruktioner.
- I botten av den nedlagda grustäkten i Röback återfinns grundvattenytan 6-10 m under nuvarande markyta. Isälvsedimenten, vilka är en del av Vindelälvsåsens grundvattenförekomst, är mycket genomsläppliga. Detta

kan leda till att grundvattenförekomsten kontamineras vid ett eventuellt läckage.

- Vid tre delsträckor (3/700-4/000, 4/940-5/340 samt 6/450-6/600) går den projekterade vägen genom jordskärningar där det finns risk att rådande grundvattennivåer kan komma att påverkas.
- En bergskärning sker mellan 5/850-6/450 där ett tillskott av yt- och grundvatten förmodas ske. Mängden vattenförande sprickor kan även påverka hur mycket vatten som kommer behöva avledas.
- En kalkkälla (5/960) finns ytligt mellan två bergspartier där den projekterade vägen kommer att passera genom skärning. Detta kommer föranleda ett inläckage av tillströmmande yt- och grundvatten vilket kommer behöva avledas.

4.1.2. Sektion Umeälv

I slutningen ner mot Umeälv finns sandiga svallsediment som överlagrar 0-10 m lösa sulfidhaltiga siltiga sediment på morän och berg (figur 4). Grundvattenytan i de sandiga svallsedimenten mellan området med berg i dagen vid Lidbergets sluttning och Klabbölevägen ligger högt och ställvis i eller nära markytan. Planerad vägprofil ligger där flera meter under grundvattenytan.



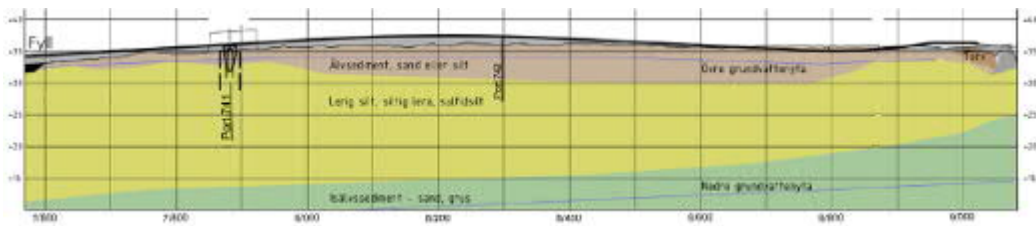
Figur 4: Tolkad profil över sträckning 6/100-7/700 där bro 544-545 samt bro 641-643:s placering återfinns.

På norra sidan Umeälven finns en ca 35 m hög och mycket brant älvnipa (ca 30-35 % lutning) som från ytan består av ca 5 m sand och som underlagras av 25 m siltig sulfidjord på sandiga isälvsediment. Nedanför nipan och innanför Killingholmen återfinns siltig sulfidjord som troligtvis är gamla rasmassor. I nipans nedersta del finns genomsläppliga och naturligt dränerade sandiga sediment. Inom nipan förekommer dubbla grundvattenytor, en ytlig grundvattennivå ovan den täta sulfidjorden och en undre grundvattennivå i isälvsedimenten som är i nära nivå med älvens vattenyta. Nära nipan är grundvattentrycket inte hydrostatiskt utan dränerande med en trycknivå lägre än det hydrostatiska. I isälvsedimenten direkt under sulfidjorden är trycknivån i princip noll eller lika med atmosfärstrycket. Dessa förhållanden av vattentrycket är positiva för nipans stabilitet och förklarar varför nipan kan stå i så brant lutning.

- Analyser och risker kopplade till bron över Umeälven (642) finns beskrivet i Bilaga 2, bro 642.
- Ett antal bostadshus samt byggnader finns ca 130 m väster om planerad port 643. En sänkning av grundvattenytan kan medföra att porttrycket i finsedimenten minska vilket ökar risken för sättningar.

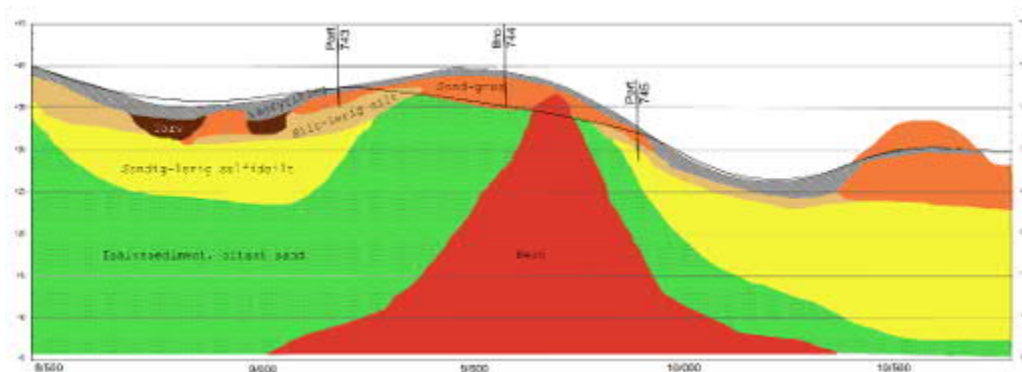
4.1.3. Norr om Umeälv - Vännäsvägen

Efter älvpnipan och hela sträckan fram till väg E12/ Vännäsvägen finns lösa avlagringar bestående av silt, lerig silt samt sulfidhaltiga sediment med en mäktighet på 20-30 m (figur 5). Närmare E12/ Vännäsvägen minskar de lösa sedimenten till omkring 10 m, vilka överlagrar Vindelälvsåsens sandiga isälvssediment. Den övre grundvattenytan ligger högt, normalt inom 2 m från markytan, och har delvis utströmning mot Prästsjön. Den nedre grundvattenytan återfinns i isälvssedimentet, ca 20 m under aktuell markyta, och har utströmning mot Umeälven. Lokalt kan grundvatten gå i dagen vilket skapat förutsättningar för 1-2 m mäktiga torvbildningar, bland annat i en svacka norr om Sockenvägen (ca 7/600) samt vid anslutning mot Vännäsvägen (ca 9/000).



Figur 5: Tolkad profil över sträckning 7/600-9/100 där bro 741-742:s placering återfinns.

Från Vännäsvägen i väster återfinns ett tunt lager utsvallat åsmaterial, bestående av sand och grusig sand vilket överlagrar ett mer siltigt material. Vägsträckningen går därefter in i ett område med mäktigare lager av utsvallat åsmaterial innan en bergklack börjar resa sig under isälvsmaterialet (figur 6).



Figur 6: Tolkad profil över sträckning 8/500-10/300 där bro 743-745:s placering återfinns.

Bergytan återfinns som ytligast ca 0,7 m under markytan, 6 m norr om den befintliga vägkanten (9/750). Därefter följer terrängen en svacka där befintlig samt planerad väg går ut på en bank av fyllnadsmaterial. Här passeras ett område med löst lagrad silt och sulfidsilt ovan det fasta isälvsmaterialet.

Sulfidsiltens mäktighet varierar mellan 7-13 m. Vid 10/500 stiger terrängen igen och vägen går in i en skärning genom grovkorniga svallsediment som på större djup underlagras av sulfidhaltiga, havssediment ovan sandigt isälvsmaterial.

Dubbla grundvattenytor förekommer även här på flera ställen. Dels påträffas en grundvattenyta ca 0-2 m under markytan, där lokal torvbildning är ett tecken på ytligare grundvatten. Den andra grundvattenytan påträffas i det grövre isälvs materialet, vanligtvis på ett större djup än 15 m under markytan.

- Hela den projekterade sträckan (7/700 – 10/800) ligger inom Vindelälvsåsen nedre grundvattenförekomst. UMEVA nyttjar idag denna som ordinarie dricksvattentäkt. Noterbart är att täkt samt tillhörande vattenskyddsområde befinner sig uppströms Vännäsvägen. Dock finns en reservvattentäkt i form av ett brunnsområde vid Backen, söder om den projekterade vägen. Därav måste grundvattenförekomsten och dess dricksvattentäkt tas i beaktning.
- Den övre grundvattenytan vid bro 741, 742, 743 samt 745 riskerar att få en stor avsänkning med sättningar i underliggande finsediment. Detta då jordarten har en hög genomsläpplighet samtidigt som grundvattenytan befinner sig ytligt.
- Isälvs sediment samt svallsediment återfinns närmast markytan inom delar av sträckan (9/350-10/050 samt 10/500–10/800) Vid en eventuell olycka eller läckage finns det risk att föroreningar kan infiltrera ner till Vindelälvsåsens grundvattenmagasin vilket kan medföra negativa konsekvenser.

4.2. Utgångspunkt och bedömning

Schaktning under grundvattenytan innebär ett inläckage av grundvatten vilket kommer kräva en kontinuerlig länshållning. Flödet styrs huvudsakligen av jordarternas hydrauliska konduktivitet, avstånd till hydrauliska gränser, schaktdjup, grundvattenmagasinets mäktighet samt schaktens storlek. Av ovanstående bestämmande faktorer är hydraulisk konduktivitet den mest dominanta. Dels till följd av dess stora, naturliga variation men även då genomsläppligheten tenderar att vara den mest svårbestämbara. Hydraulisk konduktivitet brukar försöka bestämmas med en eller flera kompletterande metoder. De som har använts inom denna rapport är; provpumpning, skalning av pumpflöde från specifik kapacitet, slugtest, kornstorleksanalys samt statistisk bearbetning av permeabilitetsdata.

Inläckaget mot brunn eller schakt är beroende av ett antal variabler, där de två viktigaste är grundvattnets maximala avsänkning samt jordlagrens transmissivitet. Vid beräkning av inläckage och pumpningsbehov är det främst storleken och osäkerheten kring jordartens konduktivitet som är avgörande för avvikelser mellan prognosticerad och verkligt inläckage. Förutom beräknat inläckage tillkommer även en belastning i form av ytvatten, vilket också ska tas omhand, vanligtvis via pumpgropar i botten av schakten. Den lösning som normalt eftersträvas är en avsänkning ca 0,5 m under schaktbotten.

Inom dragningen för Västra länken råder stora jordartsvariationer. Detta resulterar i att schakt kommer utföras i så väl vattenmättade och svårdränerade jordarter, som i områden där grundvattenytan befinner sig tiotals meter under den planerade schaktbotten. Vid schaktning under grundvattennivån med

länshållning finns risk för hydraulisk bottenuppträckning samt jordflytning, vilket alltid ska beaktas i de fall där detta är en påtaglig risk.

Förväntat inläckage ligger till grund för projekterad länshållning. Beroende på stabilitetsförhållandena kan länshållning bland annat ske i gropar i schaktbotten, alternativt dränering ur filterbrunnar eller via wellpoints. Om inte länshållning i schaktbotten kan ske, måste länshållningen ske utanför schakten eller i schaktslänthet via brunnar eller wellpoints. För att särskilja den naturliga variationen från en påverkan under bygg- och driftskedet måste grundvattennivåerna studeras i detalj och under en längre tid. Detta skall försäkras via ett kontrollprogram vilket har till uppgift att styrka att ingen skadlig påverkan sker på omgivningen vare sig innan, under eller efter utfört arbete. Detta kommer att beskrivas mer i detalj under bygghandlingen.

4.3. Resultat och sammanfattning

4.3.1. Röbbäcksdalen – Söder om Umeålv

En sammanställd bedömning från provpumpning samt slugttester med avseende på inläckage och influensradier för bro 441-445 finns i tabell 1. Presenterade värden gäller dock under förutsättning att inga ytterligare åtgärder utförs, det vill säga att varje portalternativ utgörs av en öppen schakt under driftskedet. Ytterligare detaljer kring beräkningar finns i bilaga 1. I samma bilaga finns även resonemang och beräkningar för grundvattenbildning i Vindelälvsåsen respektive inverkan på Linnés källa.

Tabell 1: Beräknade inläckage och influensradier för öppen schakt för bro 441-445 under förutsättning att inga särskilda åtgärder vidtas.

ID	Textur	Bef. Gv-yta (RH2000)	Inläckage (m ³ /d)	Influensradie (m)	Inverkan på yt-/grundvatten
441	Morän	13,5	20	60	Ja
442	Silt	10,1	40	130	Ja
443	Silt	10,3	50	150	Ja
444	Silt	9,0	130	190	Ja
445	Sand, silt	13,0	410	350	Ja

För de fem broarna har inläckagen beräknats till 20-410 m³/d. Beräkningarna förutsätter att uppskattade schaktdjup, avsänkingsnivåer och hydrauliska konduktiviteter är korrekta. Respektive påverkansområde beräknas uppgå till 60-350 m från slänthet på schakten.

Bro 441 kan förväntas få både ett lågt inläckage av grundvatten samt ett litet influensområde till följd av att den ligger i sandig siltig morän. De geohydrologiska förutsättningarna för bro 441 skiljer därmed jämfört med broarna 442-445. Bro 445 beräknas få en influensradie på 350 m från schaktbotten, vilket kan leda till minskad tillrinning till Linnés källa och skulle kunna orsaka sättningsskador i närliggande byggnader. Dessutom finns det risk att sulfidjordar kan komma att oxidera vid en grundvattensänkning, vilket kan leda till att bland annat pH-värdet hos genomströmmande vatten kan sjunka drastiskt. Utöver detta måste även hydraulisk bottenuppträckning beaktas gällande bro 442-444 (PM Geoteknik).

Utförda borrhningar och jordprovtagningar genom schaktbotten för bro 445 har indikerat isälvsmaterial ovanför planerad schaktbotten. Därav kan en direkt

kontakt mellan schaktbotten och Vindelälvsåsen inte uteslutas. För övriga broar har isälvsmaterial inte kunnat påvisas. En indirekt kontakt mellan schaktbotten, via underliggande siltmaterial, och eventuellt isälvsmaterial på större djup kan dock inte uteslutas för bro 442-444.

Grundvattenuppbyggnaden i Vindelälvsåsen från vattendelaren i söder fram till Röbbäck beräknas uppgå till 50-60 l/s. Drygt hälften av denna potential bedöms läcka ut fram till Röbbäck, vilket således ger ett grundvattenflöde omkring 30-35 l/s vid Röbbäck. Grundvattentillgången i Vindelälvsåsen reduceras maximalt med det som kommer att pumpas bort vid dräneringen av de fem broarna, vilket anses bli <8 l/s. Vid Linnés källa, troligen belägen i mellansand och inte i grus, har idag ett flöde motsvarande 3-10 l/s. En påverkan på utflödet genom Linnés källa reduceras med högst ca 20 % till följd av dränering av bro 442-445.

Baserat på ovanstående underlag rekommenderas täta konstruktioner för bro 442-445. Detta för att undvika grundvattenavsänkningar samt eventuella sättningar i närbelägna fastigheter.

Från 3/600 fram till 6/700 återfinns fem vägbroar (541-545). Nedan följer en beskrivning av de premisser som ligger till grund för hur en inverkan på geohydrologin har tolkats. I tabell 2 ses huvudsakliga jordarter, vilken nivå grundvattenytan återfinns på samt huruvida det är troligt att yt- och grundvatten kommer att påverkas under bygg- och driftskedet.

Tabell 2: Översikt beträffande geohydrologin för bro 541-545.

ID	Textur	Bef. Gv-yta (RH2000)	Inverkan på yt-/grundvatten
541	Grusig sand	<+21	Ev. tillfällig
542	Grusig sand	+15	Nej
543	Sand/siltig sand	<+29	Nej
544	Bergskärning	-	Ja
545	Sand/siltig sand	+54	Ja

Bro 541 (3/899) kommer passera över väg E12 som går genom en jordskärning mellan 3/720-4/000. Grundvattennivån återfinns normalt minst 7 m under befintlig markyta (under nivå +21,1 i GW458). Vägytan hamnar på ca +22,5 varför permanent grundvattensänkning inte kan bli aktuell. För grundläggning av brofundamenten kan eventuellt en tillfällig grundvattensänkning krävas då schaktbotten hamnar på ca +19. Grundvattennivåmätningar i närliggande grundvattenrör indikerar dock att grundvattennivån normalt ligger under +19 varför tillfällig grundvattensänkning bedöms vara mindre trolig.

Bro 542 är belägen vid längdmätning 4/196 och utgör ingen risk beträffande geohydrologin. Detta då schakt ej behöver utföras, varken för port eller vägbana samtidigt som grundvattenytan befinner sig minst 4 m under befintlig markyta enligt avläsningar gjorda i GW906 (+14,9, 2012-11-22). Att grundvattenytan skulle stiga ytterligare bedöms som liten, detta då marken uteslutande består av genomsläppligt isälvsmaterial i fraktionen sand/grusig sand.

Bro 543, belägen vid 4/991, utgör ingen risk beträffande geohydrologin. Grundvatten har inte påträffats i omkringliggande grundvattenrör, vilket antyder att grundvattenytan återfinns på ett större djup än +29. Den befintliga markytan återfinns på +38 och där blivande körbana projekteras att hamna på ca +32. Under en kortare sträcka (ca 5/000-5/060) har dock påträffats ett underliggande lager med siltig lera samt lerig finsand ovan den projekterade

Väg E12 kommer gå genom en längre jordskärning (4/940–5/340), bestående av sandigt isälvsmaterial vilken bro 543 sedermera kommer passera för anslutning mot den befintliga Travbanevägen. Generellt ligger grundvattennivån i jordskärningen under terrassbotten. Undantaget är nivåmätningar gjorda i GW381 vid 5/300 där grundvattennivån uppmäts i intervallet +39,5 till +41,1, vilket innebär att grundvattennivån periodvis når upp över terrassbotten (ca +41,1).

BERGSKÄRNING
 E12 Rötåbäck - Nora länken
 Datum: 2015-11-18
 Skala (A3): 1:2 000

0 50 100 m

TECKENFÖRKLARING

- Vägmitt
- Avrinningsområde Bergskärning
- Avrinningsområde Kalkkälla
- Bro 544
- Kalkkälla

The map displays a topographic view of the Bergskärning area. A red line indicates the road centerline (Vägmitt). A green shaded region represents the drainage basin for Bergskärning, and a blue shaded region represents the drainage basin for Kalkkälla. Elevation contours are marked with values such as 5/400, 5/300, 5/200, 5/100, 5/000, and 5/300. A yellow dot marks the location of Kalkkälla, and an orange dot marks the location of Bro 544. A north arrow is located in the top left corner.

¹ Rodhe, A., Lindström, G., Rosberg, J. och Pers, C. 2006. Grundvattenbildning i svenska typjordar-översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell. *Instutitionen för geovetenskaper. Luft-och vattenlära. Uppsala.*

Vid bro 545 (6/520) har kompletterande slugtester utförts i anslutning till den jordskärning som sker mellan 6/450-6/600. Detta eftersom tidigare grundvattenobservationer har indikerat på ytligt förekommande grundvatten (0,1-0,8 m under markytan). Slugtester genomfördes i nio grundvattenrör längs med sträckan för jordskärningen, där en okulär bedömning av borrhöror påvisade en variation mellan sandig silt och grusig sand. Den hydrauliska konduktiviteten har beräknats variera mellan $1,7 \times 10^{-7}$ till $2,3 \times 10^{-4}$ m/s i enlighet med Hvorslev². Det geometriska medelvärdet för alla beräkningar uppgår till $3,6 \times 10^{-6}$ m/s. Utifrån uppmätta grundvattennivåer, underliggande akvifärsmäktighet samt den teoretiska grundvattenbildningen (300-375 mm/år) kan inläckage samt influensområde inom jordskärningen beräknas. Grundvattenytan kommer sannolikt befinna sig inom schaktbotten under delar av året när grundvattentillströmningen är hög (höst och snösmältning). Det beräknade inläckaget till jordskärningen förväntas kunna uppgå till 1,2-6,6 l/s. Influensområdet, till följd av en eventuell grundvattensänkning, kan sträcka sig mellan 100 till 200 m från släntrönet.

4.3.2. Sektion Umeälv

En sammanställd bedömning med avseende på inläckage, influensradie samt inverkan på yt- och grundvatten för bro 641-643 finns i tabell 3. Ytterligare detaljer kring beräkningar samt utförande finns i bilaga 2. Nedan följer en kort summering beträffande varje enskild port.

Tabell 3: Översikt gällande inläckage samt influensradie för bro 641-643.

ID	Textur	Bef. Gv-yta (RH2000)	Influensradie (m)	Inverkan på yt-/grundvatten
641	Sand	+39	-	Nej
642	Lera och silt	+4,9	-	Nej
643	Siltig finsand	+30	40-67	Ja

Vid bro 641 (6/780) bedöms schaktbotten (+41) hamna ovanför grundvattenytan, som påträffats relativt djupt i det grova isälvs materialet. Bron bedöms därför inte orsaka någon inverkan på yt- eller grundvatten.

Gällande landfästen för bro 642 (6/860-7/390), kommer planerade arbeten kunna utföras utan att det innebär vare sig temporära eller permanenta grundvattensänkningar. Det vatten som kommer att läcka in till schakt är i första hand nederbördsvatten i form av ytavrinning och i andra hand ett sjunkvatten vilket följer mer horisontella lager av lera och silt vilka skärs av i samband med schakt.

Port 643 belägen vid längdmätning 7/489 involverar en bro samt en justering och profilsänkning av den nuvarande Sockenvägen. En sammanfattad bedömning av influensradien kring port 643, inklusive den nya Sockenvägen finns i tabell 4.

Planerad bro och profilsänkning av Sockenvägen innebär en permanent grundvattensänkning. När porttrycket i underlagrande siltmaterial sjunker finns risk för sättningar kring närliggande byggnader. De geotekniska förhållandena

² Hvorslev, M.J. 1951. Time lag and soil permeability in ground-water observations.

kring befintliga hus är dock jämna och till följd av den teoretiskt måttliga grundvattensänkningen (0,2 m) bedöms risken för sättningsskador som marginell.

Tabell 4: Resultat beträffande influensområde samt dräneringsnivå för port 643, inklusive den nya Sockenvägen. Km-angivelse avser den nya Sockenvägen, från väst till öst.

Km	Textur	Bef. Gv-yta (RH2000)	Dränerings nivå	Influensradie (m)
0/200	Sand	+32,3	+32,0	450
0/260	Sand	+31,9	+31,5	516
0/300	Silt	+30,9	+28,9	43
0/340	Siltig sand	+29,5	+28,8	67
0/340	Silt	+28,2	+27,0	40

4.3.3. Norr om Umeälvs – Vännäsvägen

En sammanställd bedömning för broarna 741-745 finns i tabell 5. Detaljer kring varje enskild bro finns i bilaga 4 där utförande samt beräkningar finns redovisat mer grundligt. Provpumpning har genomförts i läge för bro 742 och 743 och kommer att genomföras i läge för bro 741 inför bygghandling.

Tabell 5: Översikt gällande inläckage samt influensradie för bro 741-745 under förutsättning att inga särskilda åtgärder vidtas. Beräkningar för bro 741 har utförts med antagande om att samma geohydrologiska förutsättningar råder som för bro 742.

ID	Textur	Bef. Gv-yta (RH2000)	Inläckage (m³/d)	Influensradie (m)	Inverkan på yt-/grundvatten
741	Sand	+34,5	1300	600 m	Ja
742	Sand	+34,5	1400	600 m	Ja
743	Sand	+35,0	600	400 m	Ja
744	Sand	+22,0	-	-	Nej
745	Sand/silt	+28,5	<10	<10	Nej*

*) Befintlig port vid 745 har medfört en permanent grundvattensänkning. Planerad port vid 745 bedöms inte ge någon ytterligare påverkan på grundvattnet.

Förhållandena vid bro 741 (7/898) och 742 (8/327) är likartade och broarna omges av genomsläppliga sandiga sediment, vilket medför att en grundvattensänkning kommer att leda till relativt utbredda influensområden. Det kan därför under bygg- och driftskede uppstå omfattande grundvattensänkning med risk för sättningar i underliggande finmaterial i ett relativt stort område. Detta kan ge upphov till skadliga sättningar under den befintliga bostadsbebyggelsen på Umedalen. En permanent grundvattensänkning skulle även kunna innebära att grundvattenflödet till Prästsjön påverkas negativt i form av minskad tillrinning. Som åtgärd för att undvika permanent grundvattensänkning visar utförda beräkningar att en vattentät permanent spont kan hindra ett alltför utbrett influensområde. En trågbro bedöms därför inte vara nödvändig ur ett geohydrologiskt perspektiv. Även bro 743 (9/201) har likartade förhållanden som bro 741 och 742, men vid bro 743 är de täta finsedimentens mäktighet betydligt tunnare. Det innebär att en grundvattensänkning under bygg- och driftskedet kan leda till ett relativt utbrett influensområde med risk för sättningar i underliggande finmaterial i ett förhållandevis stort område. Detta kan ge upphov till skadliga sättningar under

den befintliga bostadsbebyggelsen på Umedalen och i handelsområdet Klockarbäcken. En permanent grundvattensänkning skulle även kunna innebära att grundvattenflödet till Prästsjön påverkas negativt i form av minskad tillrinning. Beräkningar utförda vid bro 743 kunde inte påvisa att en vattentät spont fungerar som åtgärd för att undvika permanent grundvattensänkning. Beräknat influensområde med spont når in under handelsområdet Klockarbäcken. En trågbro med tillfällig spont bedöms därför vara nödvändig utifrån de geohydrologiska förutsättningarna.

Bro 744 (9/650) är belägen på mäktiga lager isälvsmaterial. Grundvattenytan bedöms ligga mer än 10 m under vägytan, vilket innebär att grundvattensänkning inte är aktuellt. Däremot måste täta diken anläggas för att undvika påverkan på vattenförekomsten Vindelälvsåsen.

Bro 745, belägen vid km 9/943, utgör bro över enskild väg. Redan idag finns här en bro som kommer att behöva byggas om i och med att vägen breddas. Vägytan i den nya porten kommer att förläggas ca 2 m djupare än idag, vilket innebär nivå ca +25. Eftersom befintlig port är anlagd i finsediment, som ligger under det övre vattenförande sandskiktet, bedöms planerad port inte kunna medföra någon ytterligare påverkan på grundvattnet än vad som redan förekommer. Bedömningen motiveras av att befintlig port dränerar det övre sandskiktet maximalt och att schaktning i de underliggande täta, icke-vattenförande finsedimenten, endast kan ge en marginellt större avsänkning av grundvattenytan. Penetreringen av tätskiktet innebär däremot att täta diken måste anläggas för att undvika påverkan på vattenförekomsten Vindelälvsåsen.

5. Avvattning

5.1. Allmänt

Planerad vägsträckning går genom ett varierande landskap bestående av, söderifrån sett, Röbäcksslätten, Röbäcks grustag (grop 42), skogsmarker på Lidberget, Umeälven med dess branta nipor, löv- och blandskog på igenväxt åkermark utmed Prästsjöns östra sida och mot Vännäsvägen. Större delen av det som utgör vägplanens vägområde är idag oexploaterat. Byggandet av en väg i denna sträckning kommer innebära påverkan på såväl de naturliga avrinningsförhållandena som kvaliteten på grund- och ytvatten.

Nya vägen passerar Vindelälvsåsen på två ställen, grop 42 samt på Vännäsvägen. Vattenskyddsområde saknas i dessa områden. Vindelälvsåsen är däremot i dessa partier skyddad enligt vattendirektivets artikel 7 som säger att vattenförekomster som används för uttag av viss kvantitet, eller reserverats för framtida uttag, ska skyddas för att garantera tillgången på vatten av god kvalitet.

Det är av yttersta vikt att Vindelälvsåsen skyddas från att kontamineras vid en eventuell olycka, men det är även viktigt att orenat vägdagvatten inte infiltrerar i åsen.

5.2. Vägavvattning

Eftersom årsdygnstrafiken på vägen är mindre än 15 000 fordon finns inget krav på rening av vägdagvatten. Där vatten avleds i vägdiken kommer de ändå utformas så att vägdagvattnet får sila över gräsklädda vägslänter och i diken utmed vägen. En viss rening kommer då ske genom fastläggning av partikelbundna föroreningar samt visst upptag av näringsämnen. Utformning av slänter och diken görs så att vattnets kontaktyta blir så stor som möjligt. Med vanliga flacka, gräsklädda diken kommer huvuddelen av föroreningarna att fastläggas i de ytliga jordlagren och i växtligheten. Dikesbotten och dikesslänter besås med en gräsblandning som är tätväxande och som har stor motståndskraft mot erosion.

För att skydda Vindelälvsåsen kommer vägdagvatten avledas i diken med tät botten på de sträckor där täta jordar saknas. Vattnet leds vidare till anläggningar för avskiljning av olja och sediment. Avskiljningen kan göras i dammar med dämt utlopp alternativt underjordiska avskiljare. På de partier där täta jordar skyddar åsen krävs inte täta diken eller särskild avskiljning.

5.2.1. Röbäcksdalen – Söder om Umeålv

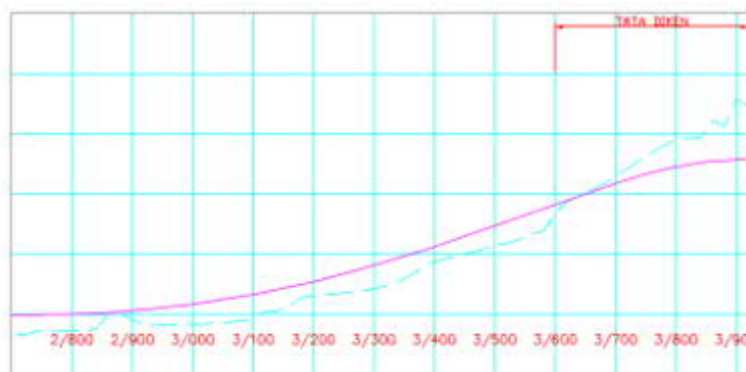
På sträckan 0/000 till 3/600 går den nya vägen över åkermark som består av täta jordar och därför inte är känslig för kontaminering från vägdagvattnet. Vägen går mestadels på bank och avvattnas av vägdiken som leds till befintliga åkerdiken (figur 8).

På sträckan kommer ett antal vägportar att byggas. Eftersom portarna kommer ligga på en betydligt lägre nivå än befintlig mark måste vägdagvatten från dessa pumpas upp till befintliga diken. Eftersom det endast är dagvattnet från området för porten kommer flödesökningen i diket, jämfört med befintliga förhållanden bli mycket liten.

Vid sektion 3/600 går den nya vägen in på genomsläppliga jordar som står i kontakt med Vindelälvsåsen. Förnärvarande finns inte några planer på att utvinna råvatten ur Vindelälvsåsen på södra sidan om Umeälven. Grundvattenförekomsten i åsen skall dock skyddas mot föroreningar från vägen. Det primära är att hindra olja från att kontaminera åsen, men det finns även en risk för att vägdragvattnet för med sig suspenderat material, metaller, kväve- och fosforföreningar, salter, kolväten och mikroorganismer.

Vägen fortsätter över Vindelälvsåsen och genomsläppliga jordar fram till sektion 5/900. På hela den sträckan måste vägdragvattnet hanteras på ett sätt som säkerställer att förorenat vägdragvattnet och eventuella utsläpp inte kan kontaminera Vindelälvsåsen. Det görs lämpligen genom att anlägga täta diken längs med vägen. På de sträckor där det inte finns möjligheter att anlägga diken utmed vägen kan vägdragvattnet fångas upp med kantsten och avledas via rännstensbrunnar och dagvattenledningar. Dagvatten som avleds i ledningar rinner avsevärt fortare än vatten som rinner i diken. Det leder till snabbare avrinningsförlopp. I diken kan vattnet även fördröjas i jordlager ovanför tätskiktet. Sammantaget ger det att avrinningen från ett system med brunnar och ledningar blir betydligt snabbare och intensivare än avrinningen från ett dike. För att inte öka avrinningshastigheten i onödan skall så kort sträcka som möjligt byggas med ledningar.

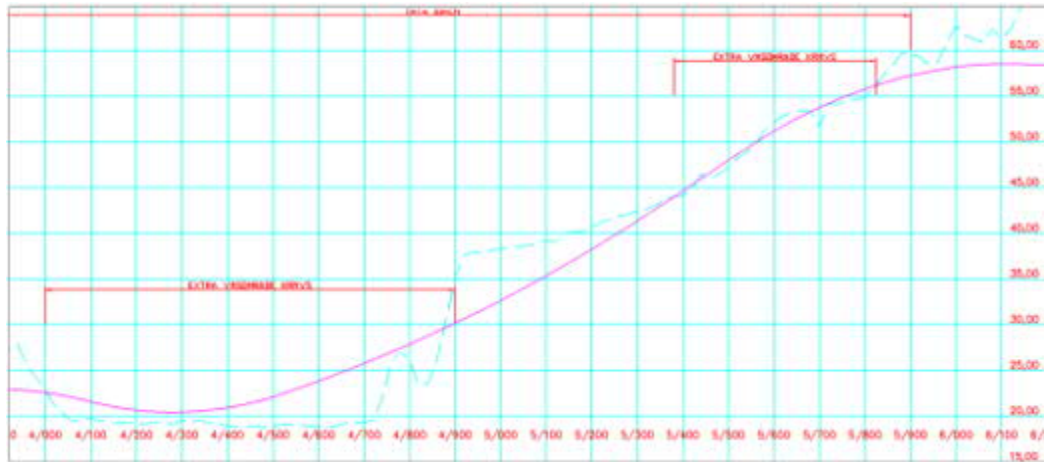
Från sektion 3/600 till högpunkten vid sektion 3/920 anläggs täta diken utmed vägen. Dagvattnet avleds till befintliga diken på täta jordar före sektion 3/600.



Figur 8: Profil för sträckan 2/700 till 3/920.

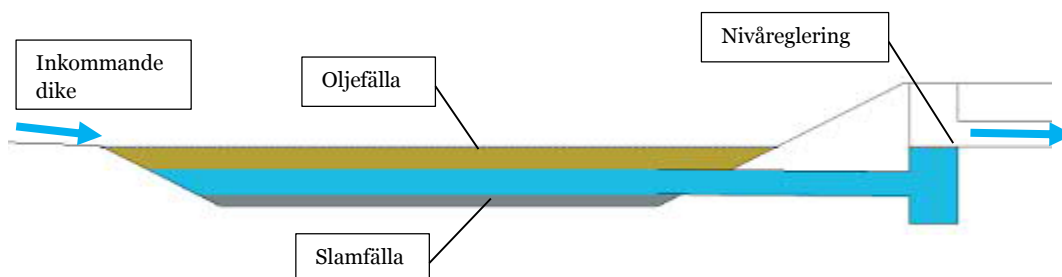
Efter högpunkten (sektion 3/920) går vägen ner mot Grop 42 där Vindelälvsåsens genomsläppliga material ligger i dagen. I trafikplatsen kan det eventuellt vara nödvändigt att samla dagvattnet i rännstensbrunnar på en kortare sträcka. På resterande sträcka fram till sektion 5/900 anläggs täta diken. För att dagvattnet skall avrinna så lugnt som möjligt, och inte skapa flödesproblem i eller efter avskiljningsdammen, är det viktigt att dikena utformas med låg lutning i vägens längdled. Om lutningen kan hållas till 0,5 % eller lägre kommer dikena att fungera som fördröjningsmagasin och dagvattnet kommer kunna perkolera ner genom jordmaterialet som skyddar tätskiktet. Det kan vara lämpligt att lägga en dräneringsledning strax ovan tätskiktet för att säkerställa att dikena inte står konstant vattenfyllda. I de partier där vägprofilen lutar kan en låg dikeslutning innebära att dikena behöver sektioneras i "trappsteg".

I figur 9 nedan visas det sträckor där vägen går på bank och där extra vägområde för täta diken kommer krävas. Det område som kommer behövas för att rymma diken med godtagbara släntlutningar, både mot vägen och i bakslänt, är uppskattningsvis 6 m på var sida om vägen.



Figur 9: Profil för sträckan 3/900 till 6/200.

Någonstans mellan sektion 4/280 till 4/340 kommer vägdagvattnet ledas till en damm placerad i Grop 42. Dammen skall utformas så att den får en avskiljande funktion. D.v.s. att utloppsledningens hjässa är tillräckligt långt under den permanenta vattenytan för att volymen mellan hjässan och vattenytan, med god marginal, ska kunna rymma volymen i en tankbil. Dammens botten skall vidare vara lägre än utloppsledningens vattengång så att partikelbundna föroreningar kan sedimentera på botten i dammen. Dammen bör i plan utformas så att vattnet fördelas i hela dammen och får så låg genomströmningshastighet som möjligt för att förbättra möjligheterna till sedimentering. Se figur 10 nedan. För att säkerställa att orenat vägdagvatten inte infiltrerar i Vindelälvsåsen skall dammen byggas med ett tätskit, t.ex. en gummiduk, i botten och upp till släntkrön.



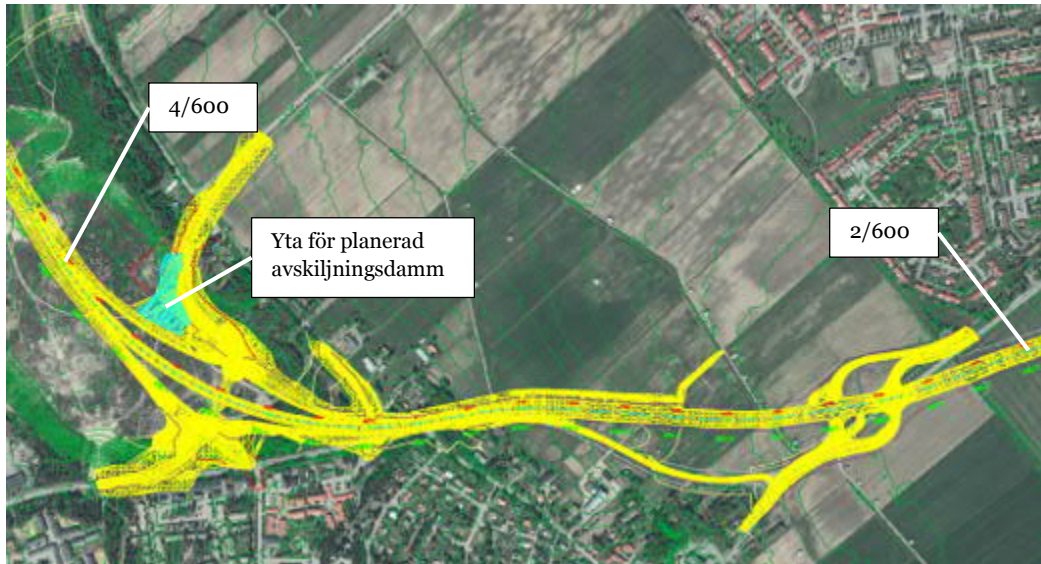
Figur 10: Principskiss över avskiljningsdammens funktion.

Vid en olycka med en fullastad tankbil skall hela lasten rymmas i dammens oljefälla. Det går om fällan rymmer minst 50 m^3 vilket motsvarar en vattenspegel på ca 140 m^2 och nivåskillnaden mellan utloppets hjässa och vattenytan är 0,5 m.

Avskiljning kan även göras med en underjordisk oljeavskiljare med motsvarande volym och funktion. Med en underjordisk anläggning som isoleras är det lättare att garantera funktion i snösmältningsperioden.

För att undvika överbelastning av dikessystemet nedströms dammen, samt för att inte påverka vattenbalansen i åsens akvifer bör renat dagvatten ledas ut på marken i Grop 42 för infiltration där.

Lägst nivå på vägen är +20,39. Marknivå vid dammen är ca +19. Om dammens permanenta vattenyta sätts till +19,5 finns möjlighet att leda ut renat vatten över befintlig mark för infiltration och dammens botten skulle kunna läggas på +17,0.



Figur 11: Placering av avskiljningsdamm.

På sträckan genom Grop 42 kan det bli nödvändigt att bygga de täta vägdikena en bit upp i bankslänten. Det kan annars bli svårt att höjdmässigt nå fram till dammen. Det kommer inte påverka vägområdets storlek, men det kommer innebära att det går åt något mer fyllnadsmassor.

Vid sektion 5/900 går vägen åter in över täta jordar och dagvattnet hanteras i normala vägdiken. På sträckan till högpunkten (sektion 6/117) leds vägdagvattnet till de täta dikena. Om så inte blir fallet kommer vattnet att ledas ut över genomsläppliga jordar i sektion 5/900.

Efter högpunkten (sektion 6/117) avvattnas vägen till befintliga diken.

Vid sektion 6/500 passerar vägen i närheten av en djup bäckravin med höga naturvärden och hög biologisk mångfald (figur 12). Ravinen har branta sluttningar där grundvatten sipprar fram och skapar en mycket frodig och örtrik markvegetation. Den blöta finkorniga jorden och dess branta sluttningar gör att bäckravinen är känsligt för mekaniska störningar såsom höga vattenflöden. Vägdagvattnet bör därför avledas åt ett annat håll. Eftersom vägen går i skärning bör det inte vara något problem att leda vägdagvattnet från trafikplats Klabböle i vägdikena som tillåts mynna i den mindre känsliga ravinen vid sektion 6/700.

Om vägdagvatten måste ledas till bäckravinen skall flödet från vägområdet regleras så att flödet till bäckravinen inte ökas gentemot nuläget. Det kan göras genom att vägdagvattnet utjämnas i en damm i anslutning till trafikplats Klabböle. Dammen kan t.ex. placeras på insidan av en av klöverramperna.



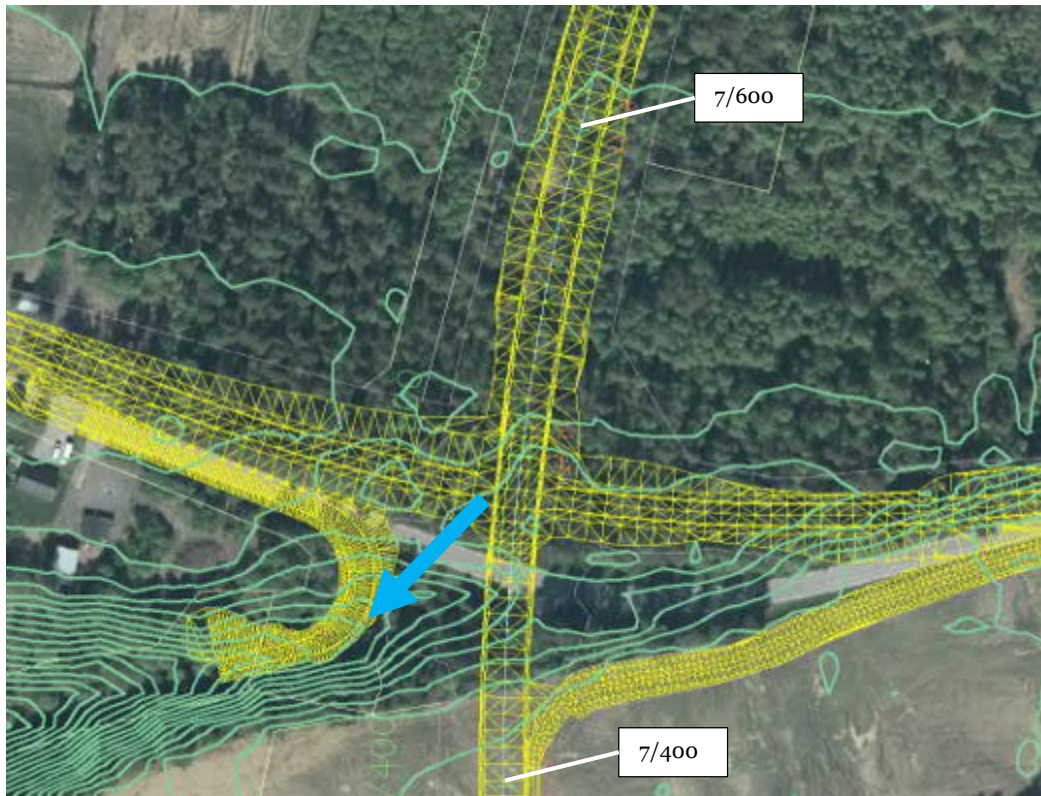
Figur 12: Bäckravin med höga naturvärden vid trafikplats Klabböle.

5.2.2. Sektion Umeälv

Inga åtgärder krävs för hantering av vägdagvatten från själva bron. För att undvika utsläpp vid en eventuell olycka kommer broräcket utformas så att det håller kvar fordon på bron utan att skära sönder tankar och liknande.

5.2.3. Norr om Umeälv – Vännäsvägen

På sträckan från bron över Umeälven till anslutningen till Vännäsvägen har vägen två lågpunkter där vägdagvattnet kommer avledas. Den ena är vid korsningen med väg 632/Sockenvägen (sektion 7/490) där ett instängt område bildas i korsningen. Dagvattnet kan dock ledas därifrån i ledning, eller eventuellt i öppet dike, till det befintliga diket vid den nya vägen sydväst om korsningen. Se figur 13 nedan.



Figur 13: Korsning med väg 632.

Den andra lågpunkten är vid Prästsjön (sektion 8/818). Här avleds vattnet mot prästsjön, se figur 14. Från vägdiket mot sjön anordnas en gräsklädd yta där vattnet ges ytterligare möjlighet till fastläggning av föroreningar innan vattnet når Prästsjön.



Figur 14: Avledning av vatten mot Prästsjön.

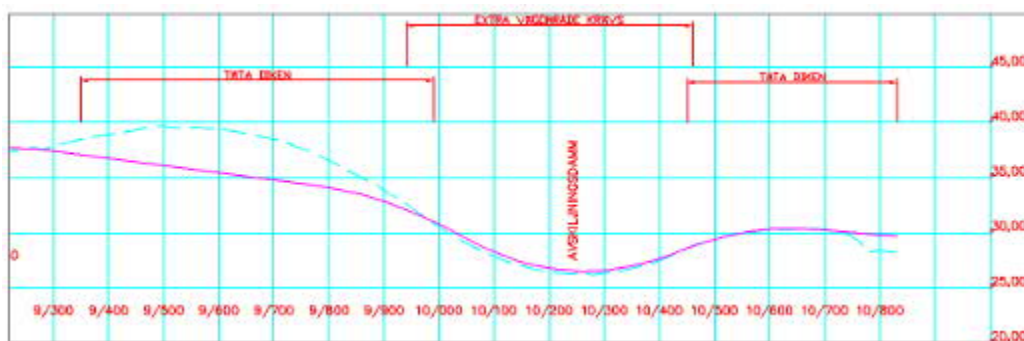
Vägport 744 (sektion 9/201) ligger i en av Vännäsvägens högpunkter. Därifrån kommer vägdagvattnet dels rinna västerut mot cirkulationsplatsen i sektion 9/003 och dels österut längs Vännäsvägen.

Vid cirkulationsplatsen avleds vatten från vägdiken till befintliga diken.

Från sektion 9/201 och västerut kommer vägdagvattnet rinna mot lågpunkten i sektion 10/250 (figur 15). På sträckan 9/350 till 9/990 går vägen över genomsläppliga jordar. Vägen skall här byggas med täta diken för att säkerställa att vägdagvatten och eventuella utsläpp inte kontaminerar Vindelälvsåsen.

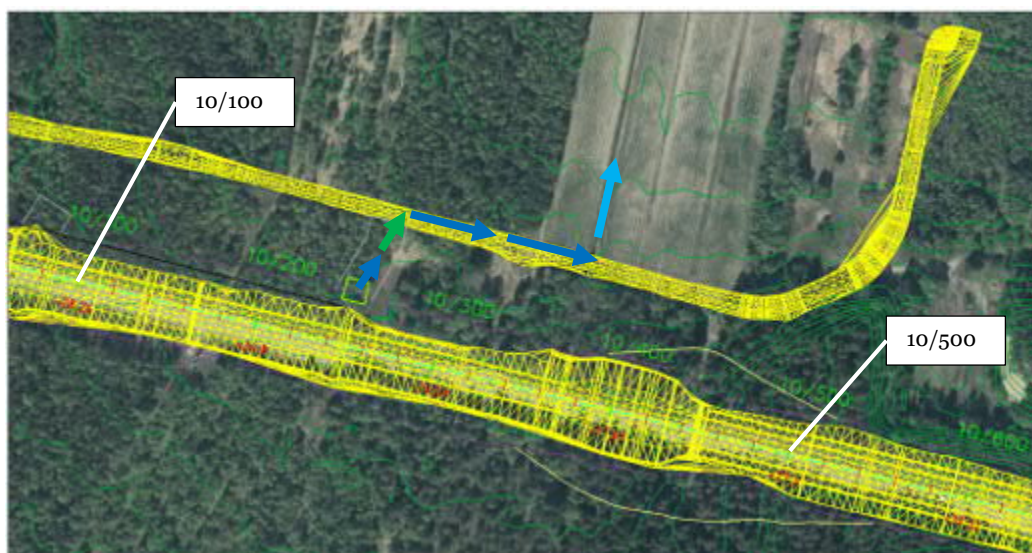
Vägen går i skärning på större delen av sträckan vilket gör att något extra vägområde inte behöver tas i anspråk där. När vägen går över på bank krävs utrymme för diken vid bankfot.

Vid vägport 745 (sektion 9/943) måste vägdagvattnet från de täta dikena utmed Vännäsvägen samlas upp i rännstensbrunnar och ledas vidare i ledning till lågpunkten (10/250). Dränering för vägporten måste sannolikt pumpas, men vägdagvattnet kan avledas med självfall om dagvattenledningen läggs med liten lutning.



Figur 15: Profil för sträckan 9/201 till 10/641.

I sektion 10/250 skall en dagvattendamm anläggas. Dammen skall vara utformad så att partikelbundna föroreningar kan sedimentera och olja fångas på ytan. Det görs på samma sett som i Grop 42, se kap 5.2.1. Även här kommer dammen sannolikt behöva ha en vattenspegel med ytan 140 m². Dammen vattenspegel skall ha nivån +23,0. Det måste säkerställas att diket från dammen lutar mot det befintliga diket på hela sträckan. Se figur 16.



Figur 16: Placering av damm och vattnets väg från dammen. Grön pil: trumma, ljusblå pil: befintligt dike, mörkblå pil: nytt dike.

I sektion 10/641 är nästa högpunkt därifrån kommer diken att luta dels mot lågpunkten i sektion 10/250 och dels åt öster. Från sektion 10/450 och österut går vägen återigen över genomsläppliga jordar som står i förbindelse med Vindelävsåsen vilket gör att täta diken måste byggas även på denna sträcka (10/450 till 10/830). På den sträcka där vägen går i skärning (ca 10/520 till 10/660) behövs inget extra vägområde, men på övrig sträcka kommer det krävas utrymme för diken vid bankfot.

Omläggningen av vägen öster om cirkulationsplatsen i sektion 9/003 har längdmätning räknad från cirkulationsplatsen med en början på 15/000. Den slutar i på ca 15/500. På den sträckan avleds vägdagvattnet till normala vägdiken och sedan till befintliga diken.

5.3. Terrängdagvatten

De naturliga hydrologiska förhållanden som råder ska upprätthållas i så stor utsträckning som möjligt. Där den nya vägen korsar befintliga bäckar eller diken skall dessa ledas i trummor under den nya vägen.

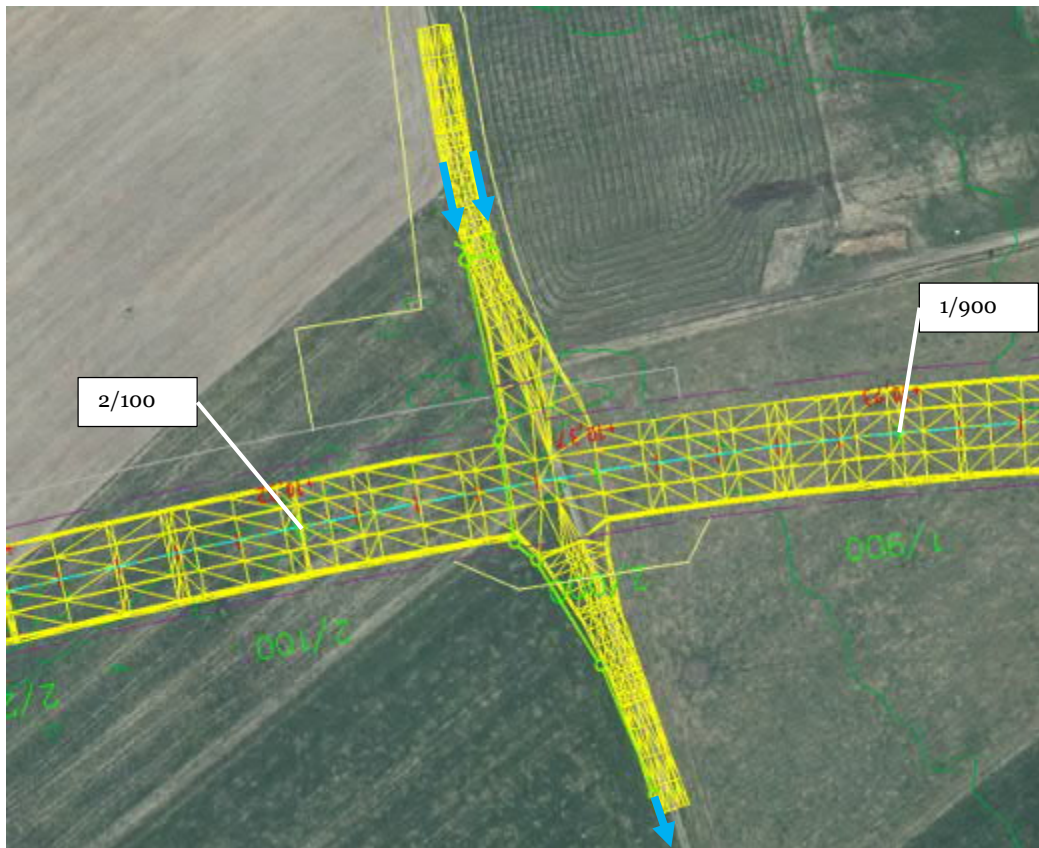
Den nya vägen korsar ett stort antal diken av varierande karaktär, men bortsett från Umeälven kommer vägen endast korsa två vattendrag. Vid sektion 2/700 korsas Degernäsbäcken som är mycket flack och troligen har låg kapacitet. Det har hänt att bäcken svämmar över sina bräddar så att vatten blir stående på åkrarna. Det är dock ingen risk för skada på egendom. Vid sektion 9/100 korsas en mindre bäck som avvattnar delar av Umedalen.

När den nya vägen byggs kommer de befintliga trummorna i Degernäsbäcken och trumman vid Umedalen att ersättas med nya i något annorlunda läge.

Utformning av trummorna sker enligt tekniska krav i TDOK 2014:0045 och TDOK 2014:0051. Båda Bäckkorsningarna bedöms ha riskklass 2. För korsningen med Degernäsbäcken kan konsekvenserna med översvämningar drabba trafikanter genom att en vägport vattenfylls. Vi Umedalen kan fastighetsägare eventuellt drabbas av marköversvämning. I övrigt blir konsekvenserna ringa.

5.3.1. Röbbäcksdalen – Söder om Umeålv

Röbbäcksslätten utgörs av åkermark, uppdelad av gärdesvägar med diken på ömse sidor. När den nya vägen byggs kommer flera vägportar byggas vid korsningar med gärdesvägarna. Det är viktigt att dagvatten från områden på den nya vägens uppströmssida inte leds ner till vägportarna. Om så sker måste allt vatten pumpas upp därifrån. Vattnet bör i stället tas in i dagvattenledningar som leder förbi den nya vägen och sedan mynnar i befintligt dike nedströms vägen. Se figur 17 nedan. Tryckledningen från vägportens dagvattenpumpstation kan med fördel kopplas till en brunn på en sådan ledning.



Figur 17: Principskiss för förbiledning av dagvatten vid vägport.

Vid sektion 2/700 korsar den nya vägen Degernäsbäcken, se figur 18. I dagsläget korsar bäcken en GC-väg i en plåttrumma med diametern 1000 mm och Gräsmysvägen i en betongtrumma med diametern 1200 mm. Trummorna utgör inget vandringshinder men betongtrumman är delvis rasad på mitten.

Det är svårt att bedöma det dimensionerande flödet i bäcken eftersom avrinningsområdet består av så varierande ytor. Det är inte bara skogsmark, åker och urban miljö utan även stora ytor i Grop 42 där vatten sannolikt infiltrerar. Om området i och uppströms Grop 42 räknas bort och den specifika medelavrinningen sätts till $14 \text{ m}^3/\text{s} \& \text{ km}^2$ blir HQ50 ca $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (inkl klimatfaktor på 1,15) vid beräkningar enligt TDOK 2014:0051. Eftersom det finns stora osäkerheter i antagandena har värdet för den specifika medelavrinningen valts på säkra sidan. Beräkningarna avser befintliga förhållanden. För att kunna bestämma HW50 krävs hydraulisk modellering av Degernäsbäcken nedströms korsningen. Beräkningarna ger även att MQ är $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ (utan klimatfaktor). Uppskattningar på plats indikerar dock att medelflödet kan vara betydligt lägre.

Flödet efter att vägen byggts beror till stor del på hur diken utformas. Med rätt fördröjning i diken kan flödesändringen sannolikt bli av underordnad betydelse.



Figur 18: Korsning med Degernäsbäcken.

Just där den nya vägen kommer korsa Degernäsbäcken finns idag ett dämme (figur 19). Det är oklart vad dämmet har för funktion, men dikesbotten och vattennivån uppströms dämmet är ca 2 meter högre än nedströms. Dämmets funktion bör utredas vidare.

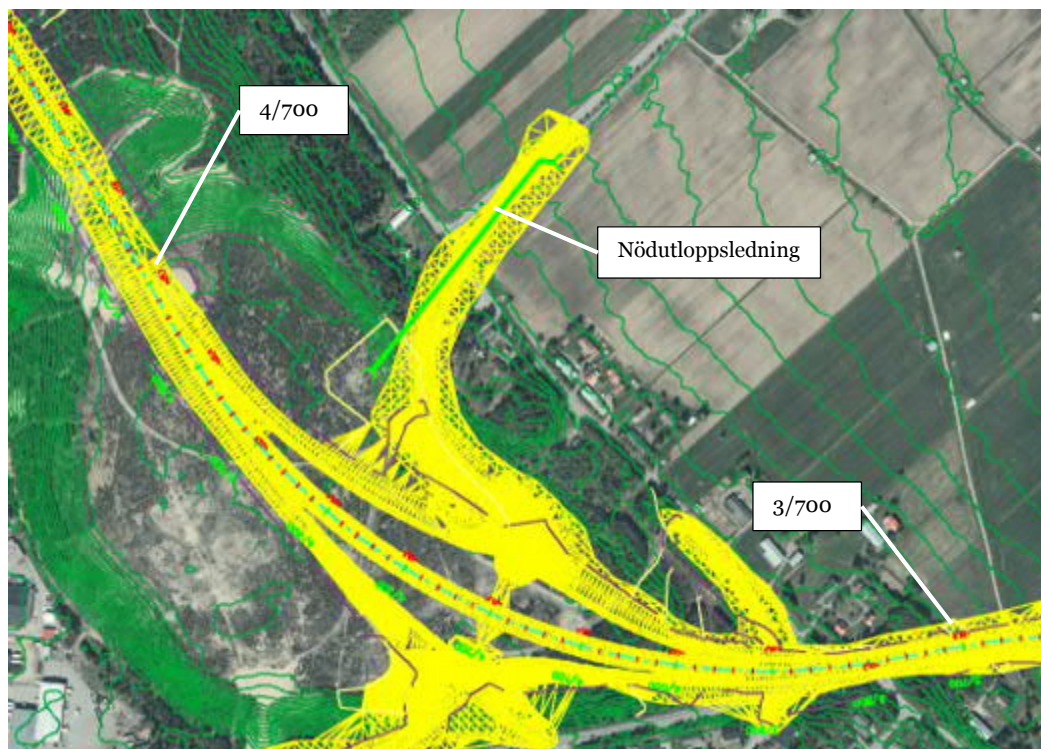


Figur 19: Dämme i Degernäsbäcken.

Grop 42 är ett instäng område där befintlig mark har en nivå på ca +19. Den nya vägens lägsta nivå kommer vara ca +20,4. Marken mellan gropen och Röbäckslätten bildar en vall vars krön har en lägsta nivå på ca +24.

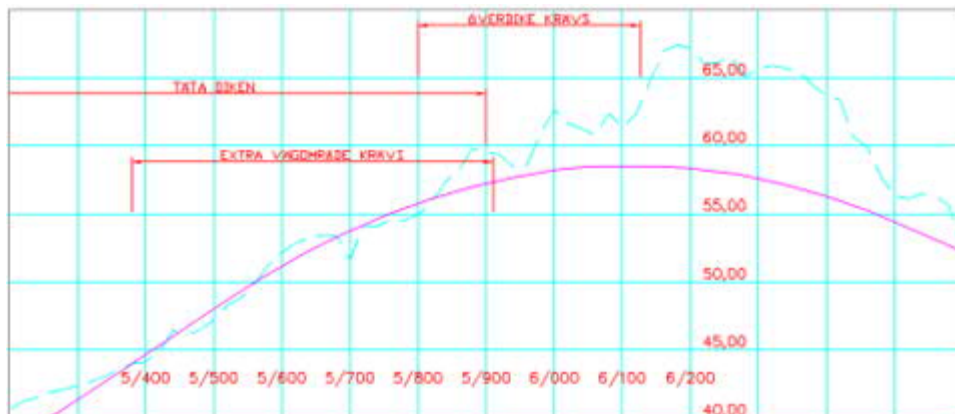
I normalfallet kommer dagvatten och smältvatten från gropens avrinningsområde att infiltrera i gropens botten, men vid extrema fall finns en överhängande risk att marken är tjälad så att infiltrationen blir otillräcklig under snösmältningen. Vid såna förhållanden kommer vattnet samlas i Grop 42. Vid mildare vintrar, där temperaturen pendlar fram och tillbaka över nollgradersstrecket, ökar dessutom isbildningen på marken. Beräkningar visar att smältvattenflödet från de ca 8 ha som utgör gropens avrinningsområde kan bli i storleksordningen 600 l/s i medeltal under ett dygn.

För att säkerställa att smältvatten inte översvämmar vägen vid extrem snösmältning och isad mark bör en nödutloppsledning anläggas från gropen till diket utmed den kommunala vägen som går mot nordost från Grop 42. Se Figur 20 nedan. Ledningens inlopp bör utformas så att den endast träder i funktion vid extrema situationer. Vid normal snösmältning skall smältvattnet infiltrera i gropens botten.



Figur 20: Nödutloppsledning från Grop 42.

På sträckan 5/800 till vägens högpunkt på Lidberget bör det anläggas ett överdike på uppströmssidan (södra sidan) av vägen för att förhindra att terrängvatten rinner in i det täta diket som leder vägdagvatten till dammen i Grop 42 för behandling (figur 21). Terrängdagvattnet skall avledas till lägre mark öster om skärningen. Ett överdike kräver dock att vägområdet utökas med ytterligare ca 6 m på uppströmssidan av vägen.



Figur 21: Behov av överdike vid skärning och täta diken

5.3.2. Norr om Umeälvs – Vännäsvägen

Nordväst om Umedalen, vid sektion 9/100 korsar den nya vägen en befintlig bäck. Den befintliga trumman är en betongtrumma med diametern 800 mm. Trumman kommer ersättas av en ny trumma under den nya vägen och den befintliga vägen kommer rivas.

Beräkningar med tid-area-metoden och Dahlströms formel ger att HQ50 är 2,7 m³/s. Medelflödet i bäcken är troligen försumbart eftersom så stor del av avrinningsområdet består av hårdgjord yta. Avrinningsområdets storlek kan dock minskas något beroende på hur ramperna till GC-tunneln i sektion 9/201 utformas. Se figur 22 nedan.



Figur 22: Korsning med bäck.

För att kunna bestämma HW₅₀ krävs hydraulisk modellering av bäcken nedströms korsningen.



Trafikverket, Box 3057, 903 02 Umeå. Besöksadress: Storgatan 60, 903 30 Umeå
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

www.trafikverket.se

PM Avvattnings/Geohydrologi – bilaga 1, bro 441-445

Vägplan E12 Röbäck–Norra länken

Umeå kommun, Västerbottens län

Datum: 2016-02-03

Projektnummer: 135178



Dokumenttitel: PM Avvattning/Geohydrologi – bilaga 1, bro 441-445

Skapat av: Joel Avenius, Martin Bergvall, Sweco

Dokumentdatum: 2016-02-03

Dokumenttyp: Rapport

Projektnummer: 135178

Ärendenummer: TRV 2015/5999

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Urban Larsson, Trafikverket

Konsult: Sweco

Uppdragsansvarig: Thomas Sällström, Sweco

Distributör: Trafikverket, Box 3057, 903 02 Umeå, telefon: 0771-921 921

Innehåll

1. Bro 441.....	1
2. Bro 442.....	1
3. Bro 443.....	2
4. Bro 444.....	3
5. Bro 445.....	3
5.1. Provpumpning	4
5.2. Utvärdering av konduktivitet samt transmissivitet	5
5.3. Beräkning av inläckage.....	7
5.4. Inverkan på omkringliggande skyddsvärden.....	7
5.4.1. Vindelälvsåsen	7
5.4.2. Linnés källa.....	9
5.5. Sammanfattning.....	9

1. Bro 441

Bro 441 är belägen vid längdmätning 1/210. Inledande preliminära beräkningar av inläckage (ej pumpbehov) har utförts med antaganden enligt tabell 1 nedan. Notera att hydrauliska konduktiviteten, K , enbart är ett antaget värde då inga kompletterande slugtest har utförts.

Tabell 1: Förutsättningar för beräkningar gällande inläckage vid bro 441.

Parameter	Enhet	Värde
Huvudsaklig jordart	-	Morän
Hydraulisk konduktivitet, K	m/s	1×10^{-7}
Akvifärsmäktighet, D	M	~ 7
Naturlig grundvattennivå, h_0	M	+13,5
Avsänkingsnivå	M	+7
Dimensionerande avsänkning Δs	M	6,5
Schaktlängd under gvy, L medel	M	~ 65
Schaktbredd under gvy, B , medel	M	~ 40

Beräkningarna ger att inläckaget till schaktbotten förväntas uppgå till ca $20 m^3/d$ ($0,2 l/s$) och att influensområdet uppgår till ca 60 m från släntrönet. Uppskattningsvis 80 % av inläckaget kommer att ske upp igenom schaktbotten under homogena förhållanden för ovanstående egenskaper. Högre konduktivitet innebär både högre inläckage och högre andel genom schaktbotten.

Pumpbehovet är lika med eller högre än inläckageberäkningen ovan, beroende på vilken dräneringslösning som väljs. Om avsänkningen exempelvis måste vara dubbelt så stor i en "dräneringsring" runt schakten, för att garantera den dimensionerande avsänkningen mitt i schakten, kommer pumpbehovet att vara det dubbla eller mer. Till detta kommer eventuellt ytvatteninläckage vilket också måste kunna hanteras.

2. Bro 442

Bro 442 är belägen vid längdmätning 2/010. Inledande preliminära beräkningar av inläckage (ej pumpbehov) har utförts med antaganden enligt tabell 2 nedan. Observera att K endast är ett uppskattat värde då inga kompletterande slugtest har utförts.

Tabell 2: Förutsättningar för beräkningar gällande inläckage vid bro 442.

Parameter	Enhet	Värde
Huvudsaklig jordart	-	Silt
Hydraulisk konduktivitet, K	m/s	1×10^{-6}
Akvifärsmäktighet, D	m	~ 5
Naturlig grundvattennivå, h_0	m	+10,1
Avsänkingsnivå	m	+4,8
Dimensionerande avsänkning Δs	m	4,5
Schaktlängd under gvy, L medel	m	~ 36
Schaktbredd under gvy, B , medel	m	~ 23

Beräkningarna ger att inläckaget till schaktbotten förväntas uppgå till ca $40 m^3/d$ ($0,4 l/s$) och att influensområdet uppgår till ca 130 m från släntrönet. Uppskattningsvis 80 % av inläckaget kommer att ske upp igenom schaktbotten

under homogena förhållanden för ovanstående egenskaper. Högre konduktivitet innebär både högre inläckage och högre andel genom schaktbotten.

Pumpbehovet är lika med eller högre än inläckageberäkningen ovan, allt beroende på vilken dräneringslösning som väljs. Om avsänkningen exempelvis måste vara dubbelt så stor i en "dräneringsring" runt schakten, för att garantera den dimensionerande avsänkningen mitt i schakten, kommer pumpbehovet att vara det dubbla eller mer. Till detta kommer eventuellt ytvatteninläckage vilket också måste kunna hanteras.

3. Bro 443

Bro 443 är belägen vid längdmätning 2/485. Inledande preliminära beräkningar av inläckage (ej pumpbehov) har utförts med antaganden enligt tabell 3 nedan. Isälvsmaterial från Vindelälvsåsen kan befinna sig under det siltiga material som återfinns vid bro 443. Risken för genomschaktning av siltlagret bedöms dock vara liten. I läge för bro 443 kommer kompletterande borrhningar och provpumpning att utföras inför bygghandling.

Tabell 3: Förutsättningar för beräkningar gällande inläckage vid bro 443.

Parameter	Enhet	Värde
Huvudsaklig jordart		silt
Hydraulisk konduktivitet, K	m/s	$\sim 1 \times 10^{-6}$
Akvifärsmäktighet, D	m	~ 10
Naturlig grundvattennivå, h_0	m	+10,3
Avsänkingsnivå	m	+3,5
Dimensionerande avsänkning Δs	m	6,5
Schaktlängd under gvy, L medel	m	~ 30
Schaktbredd under gvy, B, medel	m	~ 12

Jordprovtagningar har utförts genom borrhning i närheten av planerat schaktläge i punkterna SW1130H (+0,8) samt SW1130V (-0,1). Jordprov uttogs varje meter under grundvattenytan (bruttoprov), och därefter statistiskt representativa jordprov (nettoprov) för vidare siktanalys/sedimentationsanalys samt störd permeabilitetsbestämning. Totalt noterades sex olika hydrauliska konduktiviteter vilka har använts primärt för inläckageberäkningarna samt för att kunna bedöma hur stor risken är att material från underliggande jordarter kan aktiveras under bygg- och driftskede. Värden har också använts analogt för vidare bedömning av bro 441, 442 samt 444. I schaktläge för bro 443 har olika typer av silt noterats ner till ca 14-16 m under markytan. Intill schakten närliggande borrhål har materialet under silten tolkats som siltig morän, men isälvsmaterial kan också förekomma.

De hydrauliska egenskaperna från de två borrhålen uppvisar utifrån osäkra kornstorleksanalyser variationer mellan $1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-8} m/s$ för borrhål SW1130H samt $3 \times 10^{-7} - 3 \times 10^{-8} m/s$ för borrhål SW1130V. Egenskaperna visar ingen trend i vertikalled. Eftersom utvärdering av provpumpning som utförts vid km 3/320 visat att kornstorleksanalyserna kan underskatta det verkliga konduktivitetetsvärdet har den hydrauliska konduktiviteten här bedömts till ca $1 \times 10^{-6} m/s$.

Beräkningarna ger att inläckaget till schaktbotten förväntas uppgå till ca $50 m^3/d$ ($0,5 l/s$) och att influensområdet uppgår till ca 150 m från slänkrönet. Uppskattningsvis 80 % av inläckaget kommer att ske upp igenom schaktbotten under homogena förhållanden för ovanstående egenskaper. Högre konduktivitet

innebär både högre inläckage och högre andel genom schaktbotten. Pumpbehovet är lika med eller högre än inläckageberäkningen ovan, allt beroende på vilken dräneringslösning som väljs. Om avsänkningen exempelvis måste vara dubbelt så stor i en "dräneringsring" runt schakten, för att garantera den dimensionerande avsänkningen mitt i schakten, kommer pumpbehovet att vara det dubbla eller mer. Till detta kommer eventuellt inläckage av ytvatten vilket också måste kunna hanteras.

4. Bro 444

Bro 444 är belägen vid längdmätning 2/990. Inledande preliminära beräkningar av inläckage (ej pumpbehov) har utförts med antaganden enligt tabell 4 nedan. Jordmaterialet har inte undersökt utan antas vara medianvärdet av undersökningen från bro 443 och 445, vilket i detta fall motsvarar en konduktivitet på $4,5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$.

Tabell 4: Förutsättningar för beräkningar gällande inläckage vid bro 444.

Parameter	Enhet	Värde
Huvudsaklig jordart		Silt
Hydraulisk konduktivitet, K	m/s	$\sim 4,5 \times 10^{-6}$
Akvifärsmäktighet, D	m	~ 15
Naturlig grundvattennivå, h_0	m	+9,0
Avsänkingsnivå	m	+5,2
Dimensionerande avsänkning Δs	m	3,8
Schaktlängd under gvy, L medel	m	~ 30
Schaktbredd under gvy, B, medel	m	~ 15

Beräkningarna ger att inläckaget till schaktbotten förväntas uppgå till ca $130 \text{ m}^3/d$ ($1,5 \text{ l/s}$) och att influensområdet uppgår till ca 190 m från släntkrönet. Uppskattningsvis 90 % av inläckaget kommer att ske upp igenom schaktbotten under homogena förhållanden för ovanstående egenskaper. Högre konduktivitet innebär både högre inläckage och högre andel genom schaktbotten.

Pumpbehovet är lika med eller högre än inläckageberäkningen ovan, allt beroende på vilken dräneringslösning som väljs. Om avsänkningen exempelvis måste vara dubbelt så stor i en "dräneringsring" runt schakten, för att garantera den dimensionerande avsänkningen mitt i schakten, kommer pumpbehovet att vara det dubbla eller mer. Till detta kommer eventuellt ytvatteninläckage vilket också måste kunna hanteras.

5. Bro 445

Bro 445 är belägen vid längdmätning 3/400. De översta ca 5 m av jordlagren utgörs av siltigt material. Under silten har grovsand noterats vid nivå +8,7 i punkten SW1596.

Beräkningar av inläckage (ej pumpbehov) har utförts baserat på resultat från en provpumpning som utfördes vid km 3/320. Utifrån utförda borrhålsundersökningar tycks sanden vara grövre vid 3/400 än vid 3/320 varför grundvattenpåverkan kan bli större än vad som beräknats. Inför bygghandling kommer därför en kompletterande provpumpning utföras vid 3/400. Det bedöms vara sannolikt att sanden, som påträffats under det siltiga material vid

bro 445, är isälvsmaterial från Vindelälvsåsen. Genomschaktning av siltlagret kan förväntas under byggskedet.

Utöver beräkningsparametrar genomfördes även en utvärdering huruvida Linnés källa samt närliggande fastigheter kommer att påverkas under bygg- och driftskedet.

5.1. Provpumpning

Vid km 3/320 har två jordbrunnar, en porttryckspets samt tre 2-tums observationsrör installerats. Brunnarna och observationsrören har drivits ner till friktionsmaterial (sand och grus). Porttryckspetsen sitter grundare med spetsen i ovanliggande kohesionsjord (silt och lera). I tabell 5 kan noteras att sand, tillsammans med inslag av grus och runda stenar, påträffas på större djup (>11,5 m). Vid broläget förekommer däremot siltigt material ned till 4-5 m djup under markytan, och därunder finns sandigt material. Det totala jorddjupet bedöms uppgå till ca 20 m i området.

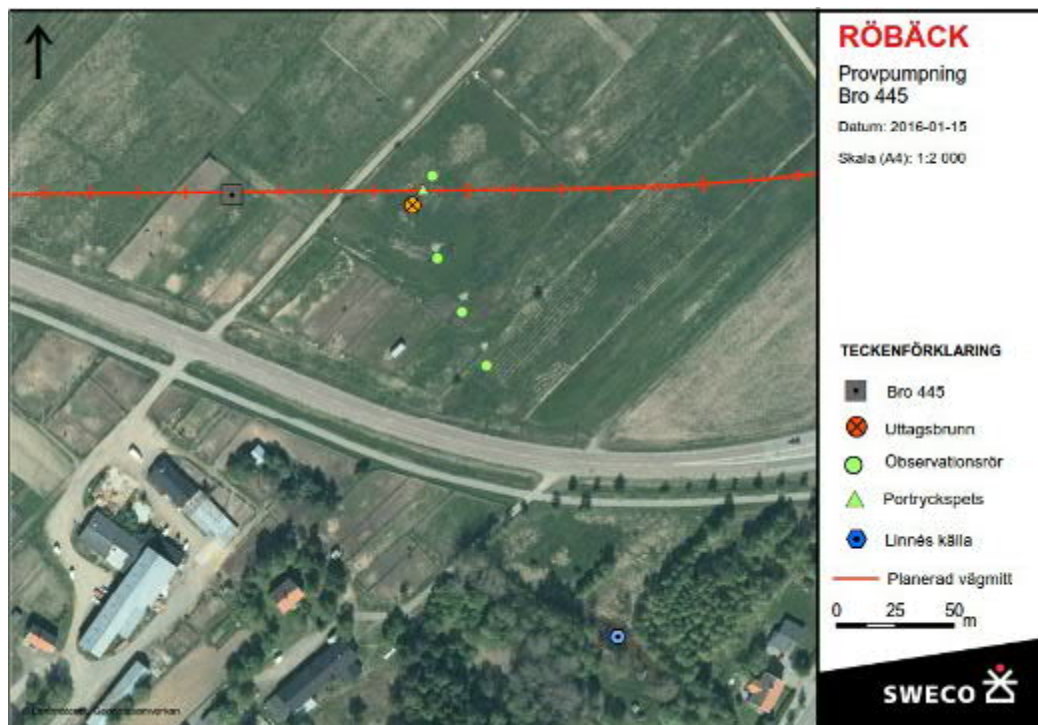
Tabell 5: Data för undersökningspunkter använda i provpumpningen vid km 3/320. Jordlagerföljden är okulärt bedömd.

Borrpunkt	Spets djup	Filter längd	Filtertyp	Avstånd BB1102 Uttagsbrunn (m)	Jordlagerföljd
BB1102	-5,6	5,5	Slitsad hela röret	0	0-3 Sa 3-12 svart Le, vatten 12-18 Sa med inslag av rund sten
BB1101	-4,9	4,0	Slitsad hela röret	17	0-3 Sa 3-11 svart Le, vatten 11-17 gr Morän,
BB1105	-5,9	1,0	JWS slits 0,2 mm	25	0-2 Sa 2-13 Svart Le 13-18 Sa, inslag av Gr
BB1106	-5,9	1,0	JWS slits 0,2 mm	50	0-1,5 Sa 1,5-10,5 svart Le 10,5-11,5 grå Le 11,5-18 Sa, inslag av Gr
BB1107	-5,9	1,0	JWS slits 0,2 mm	75	0-1,5 Sa 1,5-9 Le gråsvart 9-12 Le svart 12-21 flyt Sa, inslag av Gr
Porttryckspets SW1129	+4,3	-	BAT spets	3	-

Inför provpumpningen bedömdes brunn BB1102 ha bäst förutsättningar för att genomföra en provpumpning varvid en enfas markuppställd pump installerades med intagssil ca 10 m under markytan. Den vilande grundvattenytan låg i samtliga observationsrör kring marknivån. Pumpens kapacitet var märkt 60 l/min vid en lyfthöjd om 30 m. Vid pumpstart den 22 augusti 2011 erhöles inledningsvis ett flöde kring 40 l/min. Efter några minuter började dock nivån stiga i brunnen och kapaciteten hade då sjunkit till knappt 30 l/min. Pumpningen avbröts efter 34 min utan reaktion i närliggande brunn BB1101 eller närliggande porttrycksspets. En omstart genomfördes samma dag kl 13:00 med en kapacitet av 27 l/min. Ytterligare en pumpning utfördes, denna gång under ett dygn, för att därefter notera återhämtningen under nästföljande dygn. Resultatet av dygnspumpningen var att ingen reaktion noterades i BB1101 eller porttryckspetsen. Detta verifierade den preliminära bedömningen om att vattenuttaget skapade en påverkan men att utbredningen av påverkan var liten, liksom inflödet.

För att fastställa påverkan under ett mer omfattande uttag genomfördes så en långtidspumpning den 24:e augusti 2011 med kapaciteten 27 l/min. Efter ca en vecka noterades pumpkapaciteten till ca 20 l/min. Avsänkningen i uttagsbrunnen noterades till 6,65 m efter 2,5 veckas pumpning. Under pågående pumpning installerades ytterligare tre observationsrör BB1105, BB1106 och BB1107 på avståndet 25, 50 och 75 m från uttagsbrunnen i riktning mot Linnés

källa (figur 1). Avsikten var att genom återhämtningsmätning erhålla en säkrare hydraulisk reaktion mot Linnés källa vid pumpstopp. Nivågivare installerades i BB1102 samt BB1105, BB1106 och BB1107 den 2 september. Pumpningen stoppades kl 09:20 den 10 september, åtta dagar senare avslutades återhämtningsmätningarna.



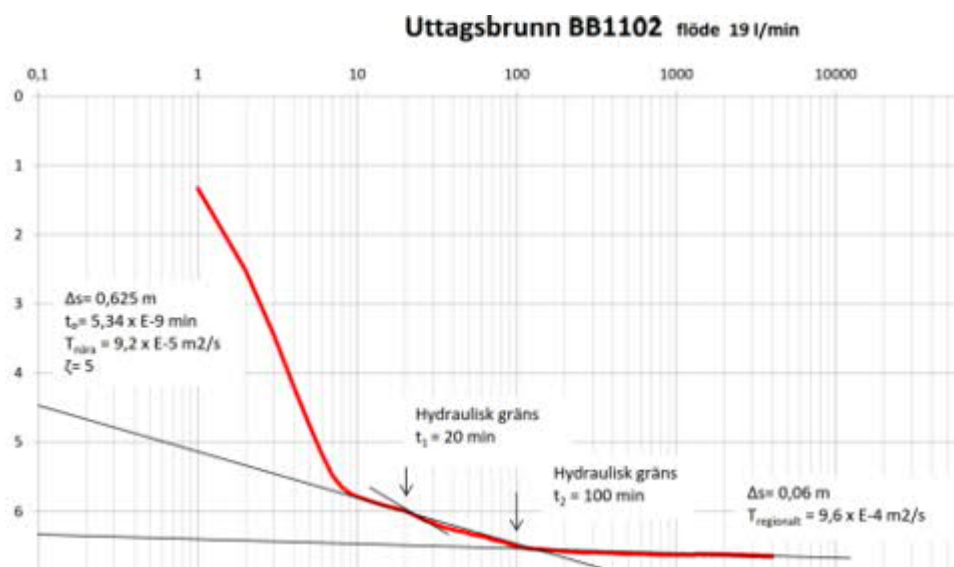
Figur 1: Översiktsbild beträffande propumpningens utformning samt planerad väglinje markerat i rött. Bro 445 kommer anläggas i höjd med uttagsbrunnen.

5.2. Utvärdering av konduktivitet samt transmissivitet

Förutom ett okontrollerbart elverksstopp under propumpningens första helg har uttaget varit kontinuerligt och i medeltal 19 l/min . Nivån i uttagsbrunnen återhämtade sig mycket snabbt, vilket tyder på ett stort inströmningsmotstånd till brunnen. Återhämtningsförloppet visar först en snabb fyllning av brunnsröret där grundvattenytan står omedelbart utanför filtret, ca 3,8 m under markytan. Efter 20, respektive 100 min kan två hydrauliska gränser påvisas. Utifrån utförda undersökningar och de geologiska förutsättningarna tyder den första på en negativ gräns mot norr med tätare material, och den senare på en positiv gräns åt söder där grövre friktionsmaterial återfinns. Avstånden till gränserna kan grovt beräknas till storleksordningen 10 m åt söder och 20 m åt norr. I figur 2 visas återhämtningsförloppet i pumpbrunnen BB1102.

För brunn BB1101, belägen 17 m NO om uttagsbrunn BB1102, har mot djupet en något skild jordartssammansättning. I BB1101 påträffas en grusigare morän vilket är en betydligt tätare jordart än den flytsand som återfinns i BB1102. Observationsrören BB1105, BB1106 och BB1107 ligger söder om uttagsbrunnen, i riktning mot åsen och Linnés källa där högre hydrauliska förhållanden råder. BB1105 ligger 25 m från uttagsbrunn BB1102 och den positiva hydrauliska gränsen går vid ca 20 m, något som även påvisas av att avsänkningen i brunn BB1105 är relativt låg (tabell 6). Den regionala transmissiviteten beräknades både för uttagsbrunnen samt observationsrören utifrån det data som erhöles från propumpningen.

Friktionsmaterialets hydrauliska egenskap, ur vilket grundvattenuttag sker, har för uttagsbrunnen beräknats till $T_{\text{nära}} = 9 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Detta innebär att medelkonduktiviteten nära brunnen kan uppskattas till ca $1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ där magasinets mäktighet uppgår till 8 m, vilket är ca 10 gånger högre än vad kornstorleksfördelningen tidigare antydde ($1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$). Skinfaktorn i uttagsbrunnen har beräknats uppgå till +5. De tre observationsrören BB1105, BB1106 och BB1107 visar en liten men trolig påverkan från provpumpningen, i storleksordningen 4-5 cm (tabell 6). Reaktionen bedöms troligtvis ske till följd av en relevant hydraulisk kontakt mellan de olika jordlagren. Den registrerade tryckförändringen har kompenserats för lufttrycket men det bör ändå tilläggas att reaktionen ligger inom lufttryckets möjliga påverkan.



Figur 2: Återhämtningsförlopp i uttagsbrunn BB1102 med dess två hydrauliska gränser.

Tabell 6: Avsänkning i befintliga rör under provpumpning.

	BB1102	BB1101	BB1105	BB1106	BB1107	Portrycksspets
Avsänkning (m)	6,65	0,07	0,055	0,050	0,048	0

Transmissiviteten för de tre observationsrören, baserat på återhämtningsförloppet, har beräknats till $T_{\text{regionalt}} = 9,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Detta värde är en tiondel av det som framställts som generella värden för Vindelälvsåsen ($1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$) baserat på uppskattade värden från Forslunda samt Backen, norr om Umeålv¹. Skillnaden kan till stor del förklaras av åsens mäktighet som varierar mellan 10-30 m. Rent hypotetiskt skulle detta kunna innebära att det enbart finns ca 1-3 m av Vindelälvsåslänkande material beläget under leran och flytsanden i området för bro 445 (jmf. tabell 5).

Genom provpumpningen vid bro 445 har den hydrauliska konduktiviteten korrigerats från 1×10^{-6} till $1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$. Den nya konduktiviteten motsvara ungefär det högsta uppmätta värdet från kornstorleksanalyserna ($2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$). Eftersom geologin inom Röbacksslättan är att betrakta som komplex, kan det därför mot ovanstående information som bakgrund antas att den högsta

¹ Bergvall, M. 2011. *Hydrogeological modeling to improve remediation strategies for a drinking water aquifer contaminated by an aqueous phase liquid*. Vol. 2011. No. 26.

hydrauliska konduktiviteten från kornstorleksanalyserna representerar en mer verklig hydraulisk konduktivitet och att kornstorleksanalysernas medianvärde således tenderar att underskatta densamma.

5.3. Beräkning av inläckage och influensradie

Inläckage och influensområde skattades preliminärt med Darcys lag, Theims brunnsekvation (med antagandet att inläckaget balanseras av grundvattenbildningen), finit differensmodellering samt en analytisk beräkning som beaktar inflödet genom schaktbottnar. Inläckageberäkningarna baseras på antagna eller erhållna preliminära egenskaper samt att schakten länshålls som en öppen brunn så att atmosfärstryck är i nivå med schaktbotten.

Beräkningar av inläckage (ej pumpbehov) har utförts med antaganden enligt tabell 7 nedan. Beräkningarna ger det förväntade inläckaget och påverkansområdet vid stationärt tillstånd för antagna värden. Andra lösningar med vertikala brunnar med eller utan spontning och andra pumplösningar har inte utvärderats. Baserat på olika beräkningsmodeller förväntas inläckaget av grundvatten uppgå till ca 410 m³/d (ca 5 l/s) och att influensområdet uppgår till ca 350 m från släntrönet, givet egenskaperna i tabell 7. Uppskattningsvis 90 % av inläckaget kommer att ske genom schaktbotten vid homogena förhållanden. Vid en eventuell högre konduktivitet kommer inläckaget att öka, både via slänt samt genom schaktbotten. Mer konduktiva jordlager kan också aktiveras i samband med schakt.

Tabell 7. Förutsättningar för beräkningar gällande inläckage till schakt.

Parameter	Enhet	Värde
Huvudsaklig jordart		Siltig sand
Hydraulisk konduktivitet, K	m/s	$\sim 1 \times 10^{-5}$
Akvifärsmäktighet, D	m	~ 15
Naturlig grundvattennivå, h ₀	m	+13
Avsänkingsnivå	m	+8,3
Dimensionerande avsänkning Δs	m	4,7
Schaktlängd under gvy, L medel	m	~ 35
Schaktbredd under gvy, B, medel	m	~ 25

Pumpbehovet är således lika med eller högre än inläckageberäkningen ovan, allt beroende på vilken dräneringslösning som väljs. Om avsänkningen exempelvis måste vara dubbelt så stor i en "dräneringsring" runt schakten, för att garantera den dimensionerande avsänkningen mitt i schakten, kommer pumpbehovet att vara det dubbla eller mer. Till detta kommer eventuellt ytvatteninläckage att behöva hanteras.

5.4. Inverkan på omkringliggande skyddsvärden

5.4.1. Vindelälvsåsen

Grundvattentransportpotentialen norrut i åsen förbi Röbbäck kan med antagna värden preliminärt beräknas vara ca 25 l/s.² Strax före denna beräkningspunkt tappas uppskattningsvis 3-10 l/s från Linnés källa vilken sedermera avvattnar

² Givet $K \sim 100 \times 10^{-5}$ m/s, $i \sim 0,003$, $H = 10$ m, åsbredd = 800 m $\Rightarrow Q_n \sim 10 \times 10 \times 10^{-4} \times 0,003 \times 800 \sim 25$ l/s

till Degernäsbäcken. Grundvattenflödet söderifrån strax före Röbbäck och Linnés källa skulle då vara ca 30-35 l/s.³ SGU⁴ redovisar en uttagspotential motsvarande 5-25 l/s fram till Röbbäck. Det beräknade flödet om 30-35 l/s täcker således in utläckaget vid Linnés källa (3-10 l/s) vilket antyder att den storleksmässiga beräkningen ovan är korrekt.

Grundvattenflödets storlek (30-35 l/s) söderifrån kan översiktligt kontrolleras genom en vattenbalansberäkning. Det maximala tillskottet av vatten som teoretiskt kan byggas upp från vattendelaren i söder mot Röbbäck i norr uppgår till maximalt 50-60 l/s.⁵ Söder om Röbbäck kan uppskattningsvis drygt hälften av grundvattenbildningens 50-60 l/s läcka ut (25-30 l/s) eftersom området tenderar att ha en flack topografi. Typiskt bör sådant utläckage ske inom 1-2 km från Vindelälvsåsens ytvattendelare i söder.⁶ Vid Röbbäck är det därför teoretiskt möjligt att ca 25-30 l/s finns kvar, vilket stämmer med beräkningen om 30-35 l/s. Baserat på dessa två uppskattningar finns det skäl att förmoda att uttagspotentialen i Röbbäck, inklusive utflödet vid Linnés källa, är omkring 25-35 l/s. Om inget läckage sker längs vägen torde flödet mot Umeälv istället kunna vara 30-45 l/s.⁷

Enligt ovan har vattenbalansen söderifrån preliminärt uppskattats till ca 30-35 l/s. Vid Linnés källa bortflödar ca 3-10 l/s, dvs nettotillgången vilken kan transporteras norrut är uppskattningsvis 25 l/s. Skattningen av bortläckage från broarna mellan Röbbäcksslätten och Röbbäck under driftsskedet är ca 5 l/s (410 m³/d) för bro 445 och sammanlagt omkring 3 l/s (240 m³/d) för bro 441, 442, 443 och 444. Den påverkan som kan uppstå i Vindelälvsåsen från pumpning av de fem vägportarna medför ett maximalt läckage om 8 l/s. Detta måste även stå i proportion till hur inläckaget av grundvatten för varje enskild bro verkligen kan härledas tillbaks till Vindelälvsåsen. Ifall uppskattningen gällande grundvattentillgången efter Linnés källa är korrekt (25 l/s) och det föreligger en hydraulisk kontakt mellan jordlagren skulle det kunna resultera i ett inläckage om 8 l/s. Detta skulle innebära en sänkning av grundvattennivån i åsen med högst 3 m.⁸ I realiteten är mängden grundvatten som härrör från åsen troligen betydligt mindre än den beräknade mängden 8 l/s. Detta då nederbörd infiltrerar omkringliggande marker vilket minskar Vindelälvsåsens inflytande i inläckageberäkningarna.

En alternativ och översiktlig beräkning är att placera en fiktiv brunn i åsen och där pumpa ut motsvarande inläckage till broarna och därefter beräkna avsänkningen i brunnen. Vid ett sådant scenario skulle den maximala påverkan i åsen uppgå till ca 1,1 m.⁹ Detta indikerar, utan ytterligare beräkning, att den sammanlagda påverkan gällande Vindelälvsåsens grundvattennivå från bro 445 samt 441-444 troligtvis handlar om decimetrar snarare än den prognostiserade avsänkningen på tre meter.

Influensradien till följd av pumpning vid bro 445 har uppskattats till ca 350 m. Avståndet till Vindelälvsåsen är omkring 150 m vilket tyder på att en lokal

³ Grundvattenpotentialen (25 l/s) + avvattningen från Linnés källa (3-10 l/s) => 28 – 35 l/s.

⁴ http://vww.sgu.se/sguMapView/web/sgu_MV_hyna.html?zoom=743824.356492,7072692.215289,768927.550566,7099260.046195, uttagen 2011-02-11.

⁵ Grundvattenbildningen till Vindelälvsåsen uppskattas grovt till ca 240 mm/år eller ca 7,5 l/s*km². Vindelälvsåsen söder om Röbbäck har en yta av ca 8 km² => 50-60 l/s

⁶ $L = \sqrt{(2 \cdot T \cdot \Delta h / W)}$, givet $T \sim 0,5 \cdot 10^{-2}$ m²/s, $W = 0,35$ m/år, $\Delta h \sim 1-5$ m

⁷ IN: [30-35]Söderifrån -[3-10]Linné källa +[12]Tillskott ~ ca 30-45 l/s, givet antagna egenskaper.

⁸ Vattenförande mäktighet antas vara 10 m. För att transportera 25 l/s, d v s 2,5 l/s per höjdmeter, medför uttag av 8 l/s vattenbalansmässigt att avsänkningen maximalt blir $8/(2,5) \cdot 1 \Rightarrow \Delta s \sim 3$ m i åsen

⁹ $\Delta s_{brunn} \sim [8 \cdot 10^{-3} / (2 \cdot \pi \cdot 10^{-2})] \cdot \ln(400/0,057) \sim 1,1$ m

påverkan kan ske. Nivåförändringarna centralt i åsen beräknas dock endast bli några decimeter vid ett summerat uttag om 8 l/s från de fem vägportarna.

5.4.2. Linnés källa

Linnés källa är belägen ca 240 m sydost om bro 445, på nivån ca +12 (osäkert). Den opåverkade och naturliga grundvattennivån uppskattas centralt i åsen, väster om Linnés källa vara på ca +13 (osäkert), d v s en lokal påverkad gradient av preliminärt ca 0,003 i sektorn NO-SV mot Linnés källa. Källan avbördar idag en del av Vindelälvsåsens norrgående flöde. En fråga är hur inläckage och bortpumpning från berörd vägport också påverkar grundvattnet vid Linnés källa. För att kunna göra en korrekt bedömning är det avgörande att veta några specifika förutsättningar:

- Finns en hydraulisk kontakt mellan vägportar och Linnés källa?
- Vilket inläckage sker till broarna och vad härrör från Linnés källa respektive Vindelälvsåsen?
- Vilken avsänkning sker vid broarna?
- Avståndet mellan vägport, Linnés källa samt Vindelälvsåsen
- De hydrogeologiska egenskaperna mellan vägport, Linnés källa samt Vindelälvsåsen

Vid bro 445 är grundvattentrycknivån idag ca +13, och planeras hamna på ca +8,3 vilket är lägre än källans nivå (+12). Om bro 445 erhåller direkt hydraulisk kontakt med Vindelälvsåsen, föreligger både gradientmässiga och kontaktmässiga förutsättningar för påverkan av utflödet ur källan genom en avsänkning. Det sandiga material som påträffats på nivå ca +9 vid tilltänkt schakt för bro 445 antyder att det kan finnas hydraulisk kontakt mellan schaktbotten och Linnés källa.

Schaktbotten för bro 445 anges hamna på +8,3. Med beräknade hydrauliska egenskaper och antagandet att detta gäller inom hela schaktområdet kan inläckaget, som tidigare visat, beräknas till 410 m³/d. En grafisk avstånd-avsänkingsanalys indikerar att påverkan från bortpumpningen av 410 m³/d torde bli högst 0,2 m vid Linnés källa.¹⁰ Källflödet från Linnés källa reduceras genom att avsänkningsmöjligheten minskar med högst 20 %.¹¹ Avsänkningen 0,2 m eller flödesminskningen är dock knappast märkbar under normala förhållanden, eftersom den naturliga nivåvariationen är av denna storlek. Om däremot pumpbehovet vid bro 445 blir 800 m³/d istället för 400 m³/d, kommer avsänkningen i Linnés källa uppskattningsvis öka från 0,2 m till 1-2 m.

5.5. Sammanfattning

Baserat på resultat från provpumpningen som genomfördes vid km 3/320 uppvisar de hydrauliska egenskaperna ett inläckage motsvarande ca 400 m³/d vid 5 m avsänkning. Jordarterna i schaktläget för bro 445 tycks dock vara mer sandiga än där provpumpningen genomfördes, varför inläckage och

¹⁰ S k avstånd-avsänkingsanalys med $\Delta s_{\text{Bro445}}=4,7$ m och $R_0=350$ m $\Rightarrow \Delta s_{\text{Linne}} \sim 0,2$ m vid 240 m

¹¹ Uppskattningsvis [+12,8 till +12]/ [+13 till +12] ~ 80 % av ursprungligt flöde. Skillnaden +13 till 12,8 är den typiska avsänkning som "tas bort" av åsens grundvattennivå.

grundvattenpåverkan kan ha underskattats. Där schaktning ska genomföras har grovsand noterats på nivå +8,7, vilket är ovanför schaktbottennivå (+8,3). Schaktning i närheten av dessa djup ökar risken för att inläckaget kan komma att öka. Detta motiverar att en kompletterande provpumpning genomförs inför bygghandling.

Kontroll av verkliga förhållanden samt naturliga variationer bör ske genom ett kontrollprogram innan och efter schaktarbeten påbörjas. Grundvattenrör har inventerats i området kring bro 445 så att skyddsvärda objekt i form av Vindelälvsåsen, Linnés källa samt privata brunnar kan kontrolleras. Bedömningen är att redan installerade grundvattenrör är tillräckliga för att kunna upprätta ett tillförlitligt kontrollprogram. Mätningarna bör startas åtminstone 3 månader innan schaktstart där kontrollprogrammet anger vad, var, hur, frekvens, varaktighet samt rapporteringsmetod för fortsatta mätningar.



Trafikverket, Box 3057, 903 02 Umeå. Besöksadress: Storgatan 60, 903 30 Umeå
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

www.trafikverket.se

PM Avvattnings/Geohydrologi - bilaga 2, bro 642

Vägplan E12 Röbäck–Norra länken

Umeå kommun, Västerbottens län

Datum: 2016-02-03

Projektnummer: 135178



Dokumenttitel: PM Avvattning/Geohydrologi - bilaga 2, bro 642, Vägplan E12 Röbäck–Norra
länken, Umeå kommun, Västerbottens län

Skapat av: Joel Avenius, Martin Bergvall, Sweco

Dokumentdatum: 2016-02-03

Dokumenttyp: Rapport

Projektnummer: 135178

Ärendenummer: TRV 2015/5999

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Urban Larsson, Trafikverket

Konsult: Sweco

Uppdragsansvarig: Thomas Sällström, Sweco

Distributör: Trafikverket, Box 3057, 903 02 Umeå, telefon: 0771-921 921

Innehåll

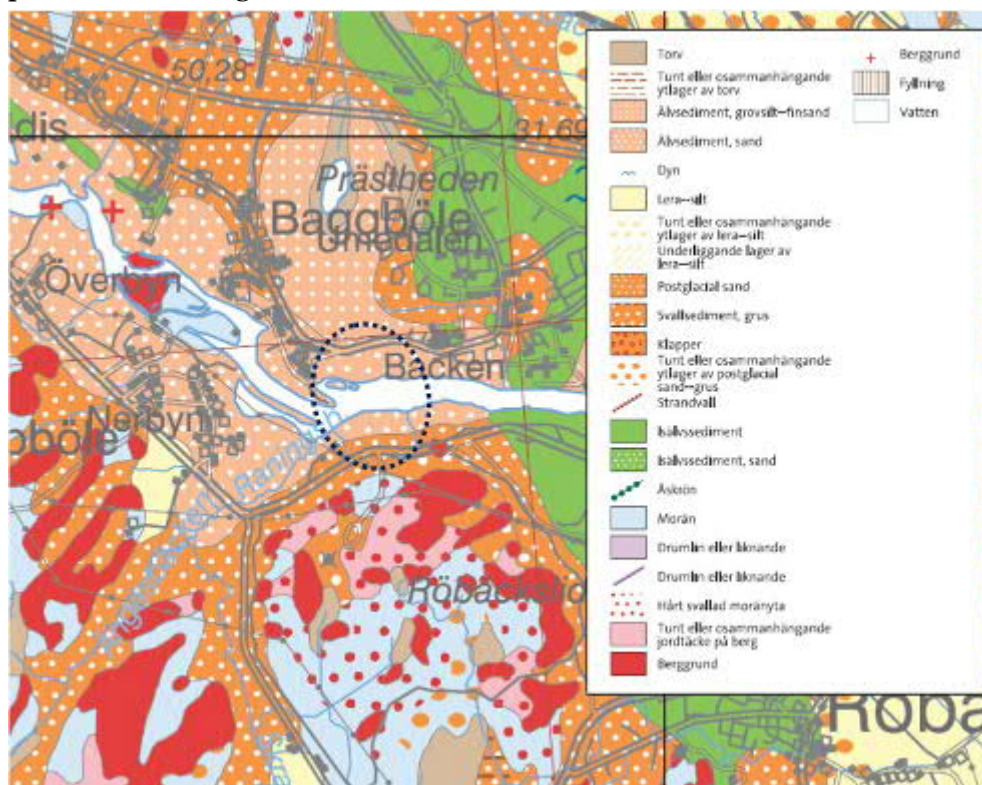
1. Inledning	1
1.1 Områdesbeskrivning	1
2. Resultat	2
2.1 Södra brofästet.....	2
2.2 Norra brofästet.....	3
2.3 Beräkningar.....	5
3. Sammanfattning och slutsatser	6

1. Inledning

Denna bilaga är upprättad med syfte att utgöra ett underlag för vägplan E12–Norra länken. De beskrivningar och sammanfattningar som redovisas är ej framtagna med syfte att utgöra tekniskt underlag för projektering vilket innebär att sådan användning endast kan ske i form av övergripande förståelse av hydrogeologin inom berört område.

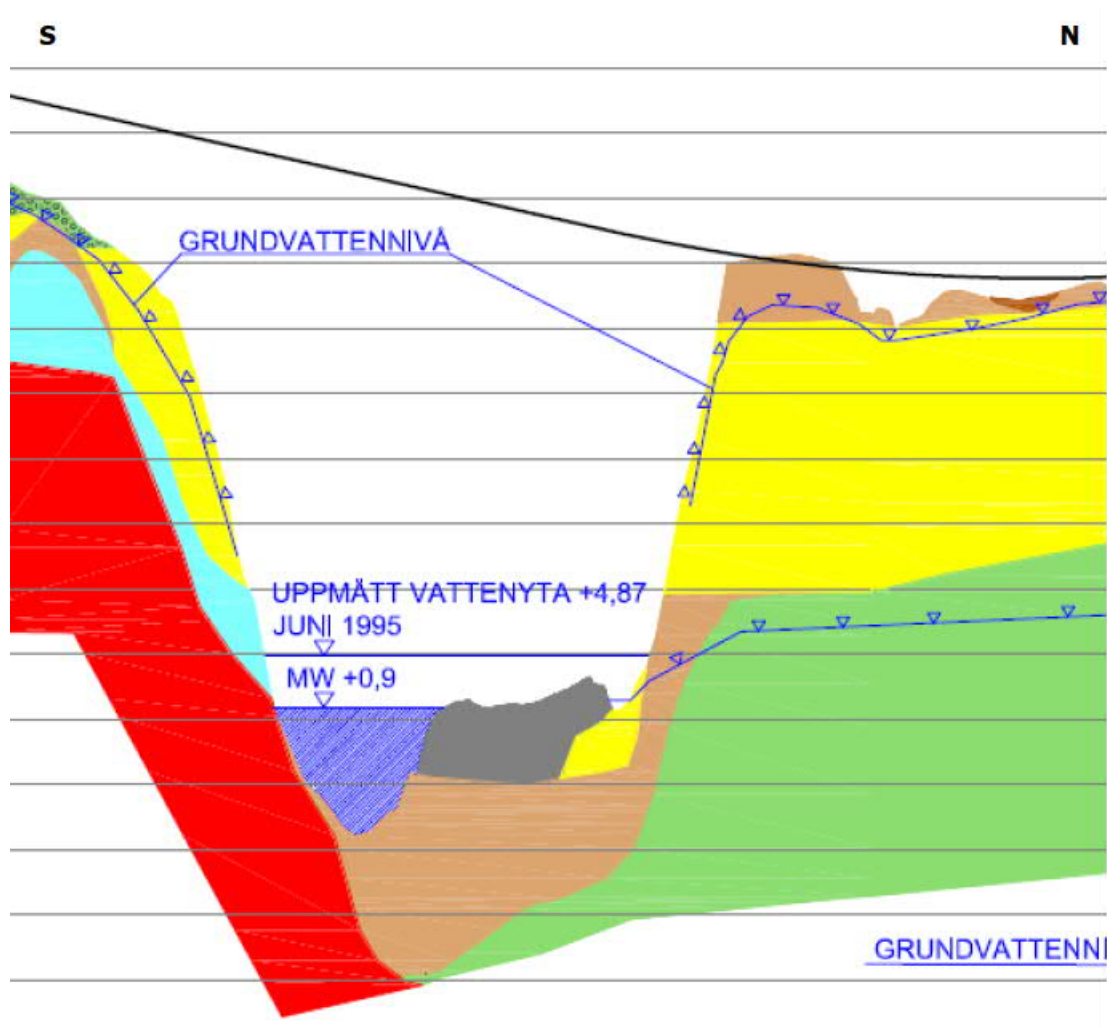
1.1 Områdesbeskrivning

Lokalt kännetecknas områdets geologiska förutsättningar av sandiga siltiga älvsediment vilka underlagras av mer hydrauliskt kompetenta lager bestående av isälvssediment och/eller svallsediment av det förra. De kvartära jordlagren i plan redovisas i figur 1 nedan.



Figur 1: Utsnitt ur jordartskarta över berört (inringat) område. Utsnitt ur Topografiskt underlag: Ur GSD-Terrängkartan © Lantmäteriet. MS2009/08799

En tolkad jordartsprofil kan ses i figur 2 nedan. De geologiska förhållandena kan sammanfattas i att den södra nipan byggs upp av ett relativt mäktigt (brant liggande) lager av lerig silt och siltig lera (gult) på morän (ljusblått) och berg (rött). Fri grundvattenyta är beskriven som att den förekommer någon till några meter under markytan starkt styrd av topografin. Den norra nipan kännetecknas i sin tur av mäktiga jordlager bestående av sandiga till siltiga älvsediment (ljusbrunt) lagrade på lerig silt och siltig lera (gult) vilka i sin tur överlagras sandiga grusiga isälvssediment (grönt) vilka mot älven övergår till sandiga siltiga älvsediment. I övergången till älvfåran förekommer även lera samt en (lerig/siltig) utfyllnad med ursprung från muddringsarbeten inför tidigare kraftverksarbeten.



Figur 2: Tolkad geoteknisk profil.

I ovanstående figur finns för den norra nipan angivet att det förekommer dubbla grundvattenytan, dels i det underlagande partiet isälvssediment och dels i det sandiga och siltiga marklagret vilket överlagrar de mer lernehållande jordlagren.

De angivna grundvattenförhållandena enligt ovan är starkt förenklade och i nedanstående text redovisas en något annorlunda bild av de på platsen faktiskt förekommande förhållandena.

2. Resultat

2.1 Södra brofästet

Redovisade grundvattenobservationer (tabell 1) pekar på att grundvattennivåerna är direkt styrda av topografin och det underlagande bergets nivå och i princip förekommer därmed ingen fri grundvattenyta utan nipan är i realiteten troligen fullt dränerad beroende på de topografiska förhållandena. Beroende på jordens (siltens) kapillaritet sker dock en påtaglig fördröjning av vattenflödet i slänten och även en tidsfördröjning innan uppbyggda porttryck utjämnas vilket kan ge en felaktig bild av aktuella nivåer beroende på vilket djup en spets är satt och utformning grundvattenrör/-spets.

Tabell 1: Por- och grundvattenobservationer från olika mättillfällen vid det södra brofästet.

Rör	Spets (Material och nivå)	Por- och grundvattennivåer
GW743	Morän +27,4	+31,5 till +32,9
GW80	Morän +22,8	<+22,8 till +23,10
PP80	Lerig silt +29,8	+31,3 till +32,3
RA1205GW	Silt +20,6	Torr
RA1203GW	Sandig silt +12,6	Torr

Schakt (figur 3) för såväl det södra brofästet (bröstöd 1) samt för bröstöd 2 kan med relativt stor säkerhet utföras utan att schaktarbetet kommer orsaka vare sig någon temporär eller permanent grundvattensänkning. Det inflöde av vatten som kan komma att ske till dessa schaktgropar är mer att betrakta som sjunkvatten, vilket följer marklagren till den hydrauliskt bestämmande nivån vilket i detta fall utgörs av Umeälvens årsvariationer.



Figur 3: Skiss över brofästen för bro 642.

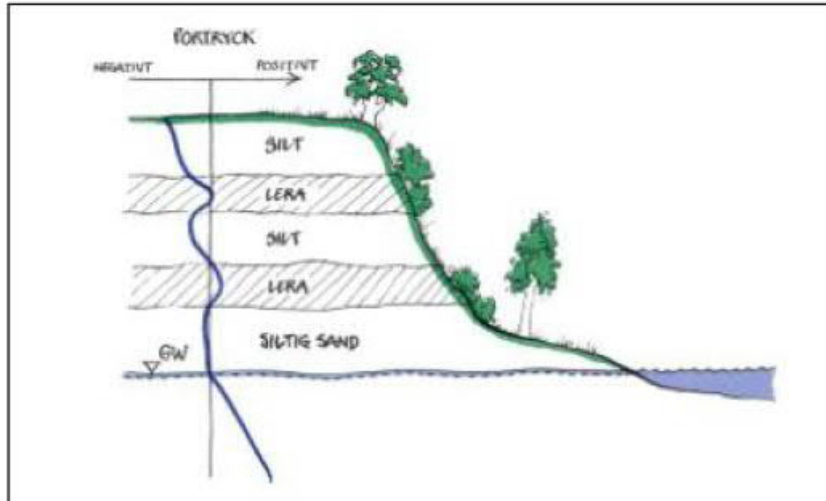
2.2 Norra brofästet

För området vid det norra brofästet finns grundvattenobservationer redovisade från olika mättillfällen i tabell 2 nedan.

Tabell 2: Por- och grundvattenobservationer från olika mättillfällen vid det norra brofästet.

Rör	Spets (Material och nivå)	Por- och grundvattennivåer
GW73	Friktionsmaterial +7,2	+8,2 till +15,7
PP73_9	Sandig silt +25,9	+28,6 till 29,0
PP73_12	Silt +22,9	+27,5 till 28,0
PP73_15	Silt +19,9	+27,0 till 29,1
PP73_18	Lerig silt +16,9	+25,8 till 26,4
PP73_21	Lerig silt +13,9	+24,8 till 26,0
PP73_24	Silt/friktionsmaterial +10,9	+10,9 till 14,4
GW72	Silt +29,0	<+29,0 till +32,6
PP72_12	Silt +22,9	+29,9 till +30,4
PP72_18	Silt +16,9	+26,6 till +29,7

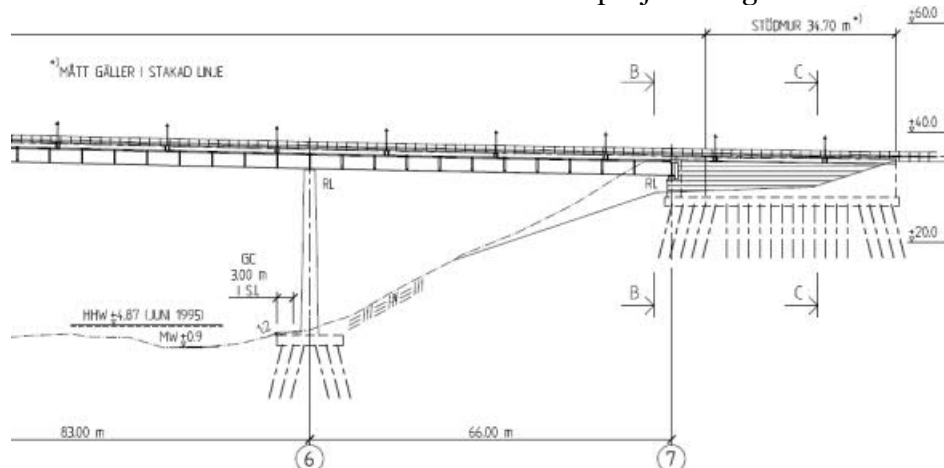
Ovanstående (tabell 2) visar hur nipan är dränerad via det grövre isälvmaterialet och någon egentlig förekomst av ett övre grundvattenförande lager finns inte nära slänten utan är möjligen förekommande först på längre avstånd från branten. Schematiskt kan grundvattenbilden beskrivas enligt skissen nedan i figur 4 vilken visar på ett teoretiskt läge lika det som föreligger i nu aktuellt projekt.



Figur 4: Schematisk figur föreställande siltjordars egenskaper, från SGI 1998, Siltjordars egenskaper, Information 16.

På samma sätt som för det södra brofästet kan schakt för det norra brostödet (figur 5) utföras utan att orsaka vare sig någon temporär eller permanent grundvattensänkning. Det inflöde av vatten som kan komma att ske till schaktgropen är i första hand ytvatten (nederbördsvattnet). Beroende på skillnader i vertikal och horisontell permeabilitet genom växellagring av sand/silt/lera, kan inflödet även utgöras av sjunkvatten vilket lokalt följer mer horisontella jordlager men som hydrauliskt styrs av Umeälvens årsvariationer.

I och med att det planeras att utföra en avlastningsschakt med cirka 5 m ned på en yta av cirka 5 200 m² vid landfästet (med syfte att höja säkerheten mot skred) är det av stor vikt att skydda slänten mot ytavrinnig och erosion av marklager medan påverkan från ett inläckande sjunkvatten (alternativt grundvatten) är mer marginellt. Det bör noteras att det är det negativa portrycket som gör att slänten är stabil och detta är en viktig förutsättning för fortsatt projektering. I sak bör inte avlastningsschakten innebära drastiskt förändrade förhållanden i denna del vilket dock måste visas vid fortsatt projektering.



Figur 5: Skiss över brofästen för bro 642.

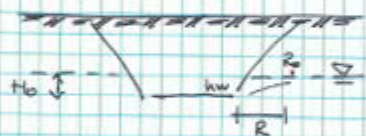
2.3 Beräkningar

Med syfte att beräkna maximal storlek på en (fiktiv) grundvattensänkning har ett antal förenklade beräkningar genomförts. Dessa, vilka redovisas nedan i figur 6, kan sammanfattas i att det maximala påverkansområdet är klart mindre än 10 m utanför kommande kant för schakt och att inläckaget av sjunk- eller grundvatten som mest är i storleksordningen 300 l/d – en siffra som ska jämföras med den totala tillkommande ytavrinningen som kan beskrivas med ett årsmedelvärde av 29 m³/d.

Project No. Job Date Ref Page No. 1
Västman länken, Umeå

Station A endimens. snallt flöde med grundvattenbildning

$P = 200 \text{ mm/år}$ (medel)
 $K = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ (stationär för silt)



R_{max} där sänken är som djupast!!

$$R_{\text{max}}: H_0^2 - h_w^2 = \frac{P}{K} (R^2 - r_0^2)$$

Project No. Job Date Ref Page No. 2
Västman länken, Umeå

$H_0 = 5 \text{ m}$ | $h_w = 0 \text{ m}$
 $r_0 = 0 \text{ m}$ | $R = \text{skat}$

$$R = \sqrt{\frac{H_0^2 \cdot K}{P}}$$

$P = 200 \text{ mm/år} = 6,3 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$
 $R = \sim 6 \text{ m}$

$P = 100 \text{ mm/år} = 3,2 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$
 $R = \sim 9 \text{ m}$

om $K = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ och $P = 200 \text{ mm/år}$
 $R = \sim 20 \text{ m}$

Project No. Job Date Ref Page No. 3
Västman länken, Umeå

Vid stationär tillstånd

$$Q = P \cdot A$$

$A_1 = 5200 \text{ m}^2 \rightarrow R = 40,7$
 $A_2 = (41 + 6)^2 \cdot \pi = 6900 \text{ m}^2$

Tillkommande = 6900 - 5200 = 1700 m²

$$Q = 6,3 \cdot 10^{-9} (\text{m/s}) \cdot 1700 (\text{m}^2) =$$

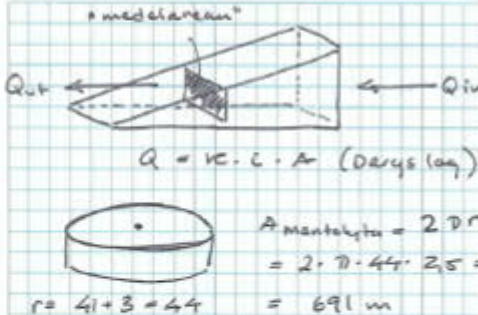
$$= 1,0 \cdot 10^{-5} (\text{m}^3/\text{s}) =$$

$$= 0,3 \text{ l/s}$$

$$= 29 \text{ m}^3/\text{dag}$$

Project No. Job Date Ref Page No. 4
Västman länken, Umeå

+ medelareal +



$Q = K \cdot L \cdot A$ (Darcy lag)

$A_{\text{mantelyta}} = 2 \pi r \cdot h$
 $= 2 \cdot \pi \cdot 44 \cdot 2,5 =$
 $= 691 \text{ m}^2$

$r = 41 + 3 = 44$

$$Q_{\text{medel}} = 6,3 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{5-0}{6} \cdot 691 =$$

$$= 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = 0,004 \text{ l/s}$$

(13 l/timme)

Figur 6: Förenklade hydrauliska beräkningar över inläckage mot schakt.

3. Sammanfattning och slutsatser

Schakt för de olika brostöden kommer kunna utföras utan att orsaka några grundvattensänkningar, vare sig tillfälliga eller permanenta. Det vatten som kommer att läcka in till schakt är i första hand nederbördsvattnen (ytavrinning) och i andra hand ett sjunkvatten (med negativt portryck) vilket beroende på skillnader i vertikal och horisontell permeabilitet kan följa mer horisontella lager och därmed ledas in mot schakten.

Noterbart är även att Vindelälvsåsens grundvattenförekomst (SE709160-171345) är belägen i direkt närhet till arbetsområdet och det i figur 2 redovisade sandiga grusiga isälvsediment bör ses som en hydraulisk del av denna vattenförekomst. Planerade arbeten ska således utföras så att vattenförekomsten inte påverkas med avseende på kvantitativ eller kvalitativ status.



Trafikverket, Box 3057, 903 02 Umeå. Besöksadress: Storgatan 60, 903 30 Umeå
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

www.trafikverket.se

PM Avvattning/Geohydrologi - bilaga 3, bro 643

Vägplan E12 Röbäck–Norra länken

Umeå kommun, Västerbottens län

Datum: 2016-02-03

Projektnummer: 135178



Dokumenttitel: PM Avvattnings/Geohydrologi - bilaga 3, bro 643, Vägplan E12 Röbbäck–Norra länken, Umeå kommun, Västerbottens län

Skapat av: Joel Avenius, Martin Bergvall, Sweco

Dokumentdatum: 2016-02-03

Dokumenttyp: Rapport

Projektnummer: 135178

Version: 0.5

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Urban Larsson, Trafikverket

Konsult: Sweco

Uppdragsansvarig: Thomas Sällström, Sweco

Distributör: Trafikverket, Box 3057, 903 02 Umeå, telefon: 0771-921 921

Innehåll

1. Inledning	1
2. Förutsättningar	1
2.1. Geologi.....	1
2.2. Hydrogeologi	1
2.3. Allmänna och enskilda intressen	2
3. Beräkningar.....	2
3.1. Metodik och generella förutsättningar	2
4. Resultat	4
4.1. Grundvattennivå förändringar	4
4.2. Konsekvenser på allmänna och enskilda intressen	4
5. Sammanfattning	4

1. Inledning

Hydrogeologin undersöktes hösten 2010 genom nivåmätningar i ett antal grundvattenrör inom området. Slugtest utfördes i ett flertal rör för att bestämma jordens hydrauliska konduktivitet. Jordprover siktades på geotekniskt laboratorium för att bestämma textur och bedöma hydraulisk konduktivitet. Insamlat data har sammanställts och analytiska beräkningar har utförts.

Föreslagen bro innebär att den befintliga Sockenvägen förflyttas upp ca 30 m i nordlig riktning. I det nya läget kommer Sockenvägen att gå i en ca 360 m lång jordskärning mellan km 0/200 och 0/560 (figur 2). Djupet på skärningen uppgår som mest till 1,7 m vid portläget. Schakten för skärningen utförs delvis under de normala grundvattennivåerna i området, vilket medför en lokal sänkning av grundvattennivåerna. I beräkningarna har lägsta dräneringsnivå antagits vara 1 m under asfaltyta för den föreslagna vägprofilen. Föreslagen vägprofil och dräneringsnivå visas i figur 1. Asfaltyta i föreslagen vägport ligger vid +28 m. Dräneringsnivån antas därmed från +32 m vid början av jordskärningen (0/200) och till + 27 m vid porten (0/340).

2. Förutsättningar

2.1. Geologi

Kring bro 643 varierar topografin mellan ca +30 och + 34 m och är som lägst där Sockenvägen passerar en ravin som sträcker sig ner mot Umeälv. Jordlagren i området består i väster av ca 1 m sand och grusig sand i ytan ovan sulfidsilt och något lerig sulfidsilt. Vid 0/260 har sandlagret avtagit och jorden utgörs i svackan fram till 0/460 i huvudsak av silt med inslag av torv i ytan. Därefter tilltar åter sandlagrets mäktighet kraftigt åt öster när vägprofilen åter stiger upp på älvnippan. Norr om skärningen blir det ytliga sandlagret finare och utgörs i huvudsak av siltig finsand.

2.2. Hydrogeologi

De olika geologiska formationerna som håller grundvatten i området kan generellt delas in i berggrunden, isälvsavlagringarna under sulfidjorden, sulfidjorden samt det övre jordlagret. Planerade väg omfattar endast schakt i det ytliga sandlagret och underliggande finsediment. Därför görs ingen ingående beskrivning av hydrogeologin i underliggande berggrund samt isälvsavlagring.

Grundvatten i de övre jordlagren finns i sanden och torven. En sammanställning av den hydrauliska konduktiviteten och jordtexturen i undersökta grundvattenrör vid port 643 redovisas i tabell 1. Slugtester visar att den hydrauliska konduktiviteten varierar mellan 3×10^{-6} och 7×10^{-7} m/s i den siltiga finsanden.

Grundvattnet i finsedimenten rör sig mycket långsamt till följd av den låga hydrauliska konduktiviteten. Därför sker en eventuell grundvattensänkning långsamt och mer lokalt. En grundvattensänkning i ovanliggande sand ger däremot tryckförändringar som kan påverka sulfidjordens kompression.

Tabell 1: Sammanställning av resultat från utförda slugtester samt siktningar i anslutning till port 643.

Grundvattenrör	K (m/s)	K (m/dag)	Textur
TH6GW	7×10^{-7}	0,057	Siltig finsand
TH7GW	3×10^{-6}	0,24	Siltig finsand

Den normala årsavrinningen i Umeåområdet är enligt SMHI mellan 300-400 mm/år. Enligt en översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell¹ uppskattades grundvattenbildningen i grova jordarter, som sand och grus, i Umeåområdet till 375-450 mm/år. I fina jordar, som lera och silt, uppskattades grundvattenbildningen variera mellan 300-375 mm/år.

Grundvattennivåer i området har undersökts i ett antal punkter i området kring planerad bro. Grundvattenytan i området ligger generellt i nivå med markytan till ca 1,5 m under markytan. Grundvattennivåmätningar under hösten 2010 visar en grundvattenströmning mot sydost. Dränerande nivån för Sockenvägens nya profil ligger mellan ca 0,2 m under uppmätt grundvattennivå vid 0/220 och ca 2 m vid 0/300. Vid den lägsta punkten i portläget (0/340) ligger den dränerande nivån ca 2,5 m under uppmätt grundvattennivå.

2.3. Allmänna och enskilda intressen

Ett antal bostadshus och byggnader finns ca 130 m väster om planerad bro i Baggböle. Närmaste byggnad ligger ca 30 m från skärningen för föreslagen ny vägprofil för Sockenvägen. Den sänkning av grundvattenytan som föreslagen väg ger upphov till skulle kunna medföra porttryckssänkning i finsedimenten, vilket ökar risken för sättningar om husen är grundlagda på finsediment.

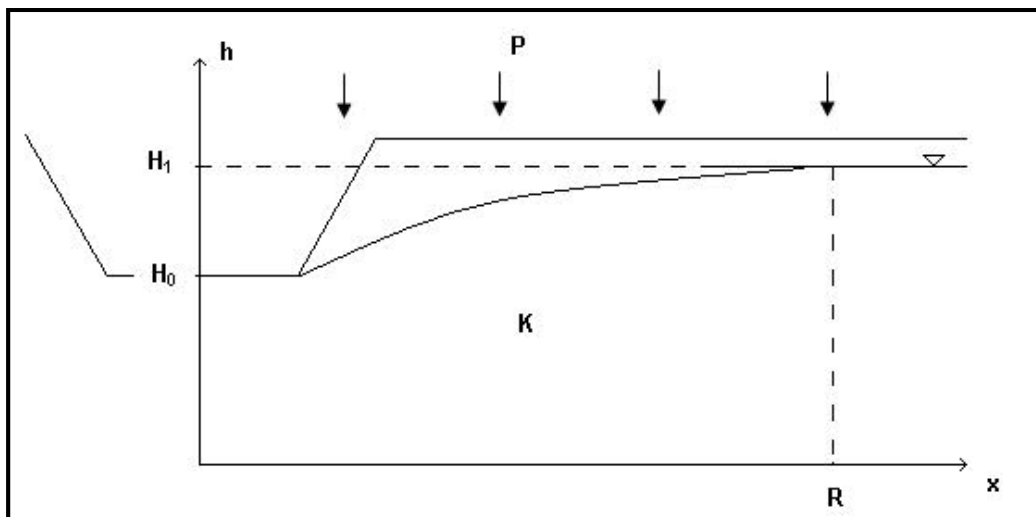
3. Beräkningar

3.1. Metodik och generella förutsättningar

För att förutsäga de hydrogeologiska konsekvenserna till följd av schakt under grundvattenytan, har endimensionella analytiska beräkningar kombinerats med en geologisk tolkning av området. Utförda beräkningar förutsätter stationärt tillstånd (när jämviktsförhållanden ställt in sig) för det slutgiltiga driftskedet.

Grundvattensänkningen från porten har överslagsmässigt beräknats med en förenklad modell av verkligheten (figur 1), där vattenbalansen i området kombineras med grundvattenströmningen (Darcys lag).

¹ Rodhe, A., Lindström, G., Rosberg, J. och Pers, C. 2006. Grundvattenbildning i svenska typjordar-översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell. Institutionen för geovetenskaper, Luft-och vattenlära, Uppsala.



Figur 1. Schematisk bild av beräkningsmodellen. Angivna parametrar framgår av ekvationerna 1-3 nedan.

Darcys lag: $q = Kh \frac{\partial h}{\partial x}$ (ekv. 1)

Vattenbalans: $\frac{\partial q}{\partial x} = P$ (ekv. 2)

q = grundvattenflöde till VA-stråk [m^3/s]
 K = hydraulisk konduktivitet i jorden [m/s]
 h = mäktighet på de vattenförande jordlagren [m]
 x = avstånd från VA-stråk [m]
 P = grundvattenbildning till jord [m/s]

Kombineras ovanstående ekvationer (ekv. 1 och ekv. 2) ges avsänkningen av:

$$R = \sqrt{\left(\frac{K}{P} (H_1^2 - H_0^2)\right)} \quad (\text{ekv. 3})$$

H_0 = dräneringsnivå i VA-stråk [m]
 H_1 = ursprunglig grundvattenyta [m]
 R = påverkansområdets utsträckning från VA-stråken [m]

Vid beräkning av influensområdet görs flera antaganden om t ex de hydrauliska parametrarna och grundvattenbildningen. För att utvärdera resultaten har en övergripande hydrogeologisk bedömning utförts. I bedömningen tas, förutom beräkningsresultatet, även hänsyn till områdets geologi, topografi samt geotekniska borresultat. Tillsammans med resultaten från de analytiska beräkningarna resulterar detta i ett teoretiskt influensområde.

4. Resultat

4.1. Grundvattennivå förändringar

Resultatet av de analytiska beräkningarna från jordskärningarna samt vägporten kan ses i tabell 2 nedan.

Tabell 2: Resultat beträffande influensområde samt dräneringsnivå för port 643 samt Sockenvägen. Km-angivelse avser den nya Sockenvägen, från väst till öst.

Km	Textur	K (m/s)	Ursprunglig grundvattenyta	Dräneringsnivå	R (m)
0/220	Sa	1×10^{-4}	+32,3	+32,0	450
0/260	Sa	1×10^{-4}	+31,9	+31,5	516
0/300	Si	1×10^{-7}	+30,9	+28,9	43
0/340	siSaf	7×10^{-7}	+29,5	+28,8	67
0/340	Si	1×10^{-7}	+28,2	+27,0	40

Avsänkningen i det genomsläppliga sandlagret mellan km 0/220 och 0/300 medför ett relativt stort påverkansområde. Påverkansområdet kommer att sträcka sig till de bostadshus och byggnader som finns belägna söder och sydväst om skärningen. Skärningen kommer dock endast innebära en upp till ca 0,3 m sänkning av grundvattenytan, vilket skulle kunna motsvara den naturliga variationen under en längre tid. Mellan km 0/300 och 0/460 går skärningen i tätare sediment och grundvattenavsänkningen blir mer lokal.

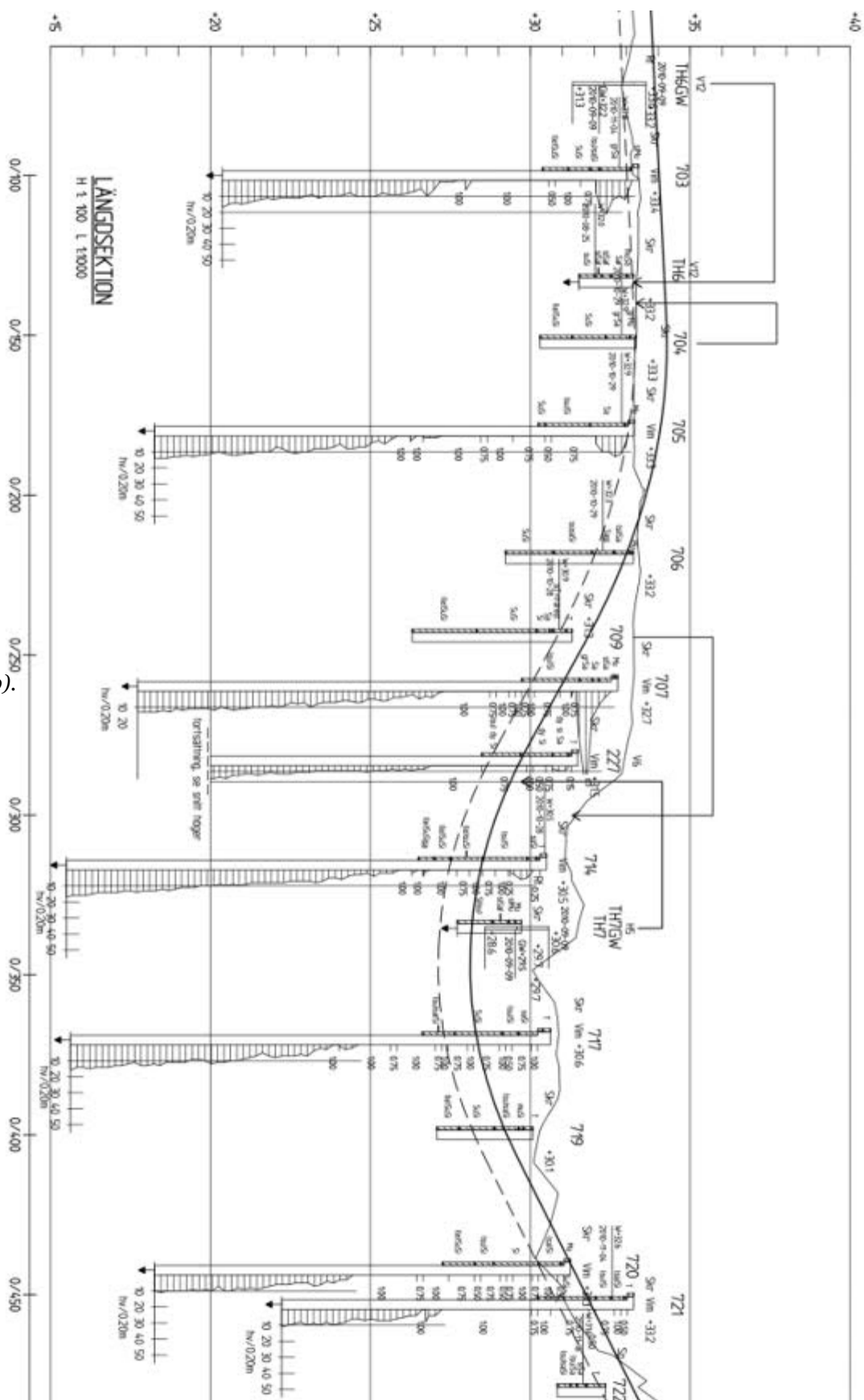
4.2. Konsekvenser på allmänna och enskilda intressen

Planerad bro och profilsänkning av Sockenvägen innebär en permanent grundvattensänkning. Således finns en risk för sättningar i marken under byggnader, vilka befinner sig i närheten av planerad skärning vid km 0/220. De geotekniska förhållandena kring befintliga hus är jämna och på grund av den måttliga grundvattensänkningen bedöms risken för sättningsskador som marginell. För att övervaka förändringar ska täta mätningar av grundvattennivåer samt jordportryck i befintliga grundvattenrör och portrycksmätare utföras före, under och efter byggtiden. För att kunna särskilja naturliga variationer från förändringar som beror på planerad profilsänkning ska regelbundna mätningar av grundvattennivåerna i området påbörjas så snart som möjligt.

5. Sammanfattning

Port 643 belägen vid längdmätning 7/489 involverar förutom en vägport, även en justering och profilsänkning av den nuvarande Sockenvägen. Influensradien gällande den nya vägsträckningen varierar mellan 40-450 m, beroende på jordartssammansättning. Den planerade profilsänkningen av Sockenvägen innebär en permanent grundvattensänkning. När portrycket i underlagrande siltmaterial sjunker finns risk för sättningar kring närliggande byggnader. De geotekniska förhållandena omkring befintliga hus är dock jämna och risken för sättningsskador bedöms därför vara marginell.

envägen och port 643 (o/340).





Trafikverket, Box 3057, 903 02 Umeå. Besöksadress: Storgatan 60, 903 30 Umeå
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

www.trafikverket.se

PM Avvattnings/Geohydrologi – bilaga 4, bro 741-745

Vägplan E12 Röbäck–Norra länken

Umeå kommun, Västerbottens län

Datum: 2016-02-03

Projektnummer: 135178



Dokumenttitel: PM Avvattning/Geohydrologi – bilaga 4 bro 741-745, Vägplan E12 Röbäck–Norra
länken, Umeå kommun, Västerbottens län

Skapat av: Martin Bergvall, Sweco

Dokumentdatum: 2016-02-03

Dokumenttyp: Rapport

Projektnummer: 135178

Ärendenummer: TRV 2015/5999

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Urban Larsson, Trafikverket

Konsult: Sweco

Uppdragsansvarig: Thomas Sällström, Sweco

Distributör: Trafikverket, Box 3057, 903 02 Umeå, telefon: 0771-921 921

Innehåll

1. Bro 741.....	5
1.1. Planerad anläggning	5
1.2. Omgivning	5
1.3. Geohydrologiska förutsättningar.....	5
1.4. Beräkning av influensområde vid grundvattensänkning	6
1.4.1. Metod för beräkning av influensområde.....	6
1.4.2. Resultat av beräknat influensområde.....	8
1.5. Grundvattensänkning inom spont.....	8
1.5.1. Metod för spontberäkningar	8
1.5.2. Resultat av spontberäkningar	9
1.6. Bedömning av grundvattenpåverkan för bro 741	10
2. Bro 742.....	11
2.1. Planerad anläggning	11
2.2. Omgivning.....	11
2.3. Geohydrologiska förutsättningar	11
2.4. Provpumpning.....	12
2.5. Beräkning av inläckage och influensradie.....	13
2.6. Grundvattensänkning inom spont	14
2.6.1. Metod för spontberäkningar	14
2.6.2. Resultat av spontberäkningar	15
2.7. Bedömning av grundvattenpåverkan för bro 742	15
3. Bro 743.....	17
3.1. Planerad anläggning	17
3.2. Omgivning.....	17
3.3. Geohydrologiska förutsättningar	17
3.4. Provpumpning.....	18
3.5. Beräkning av inläckage och influensradie.....	19
3.6. Grundvattensänkning inom spont	20
3.6.1. Metod för spontberäkningar	20
3.6.2. Resultat av spontberäkningar	21
3.7. Bedömning av grundvattenpåverkan för bro 743	22
4. Bro 744.....	23
5. Bro 745.....	23
5.1. Planerad anläggning	23

5.2. Omgivning	23
5.3. Geohydrologiska förutsättningar	23
5.4. Bedömning av grundvattenpåverkan för bro 745	24

1. Bro 741

Vid bro 741 kommer en öppen portlösning att medföra en permanent grundvattensänkning. De geohydrologiska förutsättningarna vid vägporten har därför undersökts med olika metoder. Hösten 2010 installerades ett flertal grundvattenrör i området i vilka nivån mättes och slugtest utfördes för att bestämma jordens hydrauliska konduktivitet. Jordprover siktades på geotekniskt laboratorium för att bestämma textur och bedöma hydraulisk konduktivitet. Utifrån insamlade data utfördes analytiska beräkningar för att bedöma influensområdet till följd av en permanent grundvattensänkning.

Ytterligare slugtest har genomförts i grundvattenrör som drivits ned i underliggande tät silt. Utifrån de geohydrologiska förutsättningarna sattes en tredimensionell grundvattenmodell upp för att beräkna om en tät spont kan hindra grundvattensänkning.

Provpumpning i vägportens läge för beräkning av inläckage och influensområde kommer att genomföras som underlag till bygghandling.

Resultat från geotekniska fältundersökningar (PM Geoteknik) har inarbetats i utredningen.

1.1. Planerad anläggning

För ägovägen söder om Prästsjön vid km 7/898 föreslås en port uppföras under planerad väg. I porten planeras lägsta nivå på vägytan bli +31,8 (RH2000). Länshållningsnivå under byggtid kan antas bli ca +29,2, vilket är 0,5 m under bedömd nivå för schaktbotten. Markytan i föreslagen port ligger på nivån +35, vilket innebär att största schaktdjup blir ca 6 m.

1.2. Omgivning

Landskapet utgörs i huvudsak av ett öppet betes- och odlingslandskap med förekommande igenvuxna partier. Topografin kring porten är relativt plan och varierar mellan ca +35 i öst och +38 i väst.

Umedalens bostadsområde ligger ca 200 m öster om vägporten. En sänkning av grundvattenytan, som föreslagen port skulle ge upphov till, skulle kunna medföra porttryckssänkning i finsedimenten som finns på varierande djup under sanden. En porttrycksänkning ökar risken för sättningar om husen är grundlagda på finsediment. Norr om planerad port ligger Prästsjön som har höga naturvärden (klass 1).

1.3. Geohydrologiska förutsättningar

Jordlagren i området utgörs i ytan av ett lager svallsand med varierande kornstorlek som överlagrar mäktiga lager av finsediment. Finsedimenten utgörs av sulfidhaltig silt och lerig silt. Sandlagrets mäktighet varierar och är som minst 1 m och ökar till ca 4 m åt nordost. Inslaget av grövre sandfraktioner som grusig sand ökar åt öst och sydost. Västerut blir sandfraktionerna finare som finsand.

De olika geologiska formationerna som håller grundvatten i området kan generellt delas in i berggrunden, isälvsavlagringarna under sulfidsilten, sulfidsilten samt det övre sandskiktet (med mulljord). De geologiska förhållandena medför att det finns två grundvattenmagasin; dels ett undre i isälvsavlagringarna och dels ett övre i det övre sandskiktet. Sulfidsiltens bottennivå ligger på ca +20 utifrån utförda borrhningar.

Grundvattenytan i det undre grundvattenmagasinet ligger flera meter under finsedimentens bottennivå, d v s dränerande förhållanden råder i isälvsavlagringarna som ligger direkt under finsedimenten. Planerad port omfattar schakt i det ytliga sandskiktet och underliggande sulfidsilt. Till följd av att dränerande förhållanden råder under finsedimenten görs ingen ingående beskrivning av geohydrologin i berggrunden eller isälvsavlagringarna.

Grundvattennivåer i det övre grundvattenmagasinet, som finns i sand och sandig mulljord, har undersökts i ett antal punkter vid den planerade vägporten. Nivåmätningarna visar generellt en östlig grundvattenströmning med nivåer kring +35,5 i väster och +33,5 i öster. Vanligtvis ligger grundvattenytan ca 0,5-2,0 m under markytan.

För port 741 bedöms länshållning under byggtiden krävas ned till ca 4-4,5 m under uppmätt grundvattennivå. Genomförda undersökningar visar dock på att sandens mäktighet vid planerad vägport endast sträcker sig ned till ca 3,5 m djup under markytan, vilket innebär att avsänkningen i den vattenförande sanden blir ca 2,5 m.

En sammanställning av den hydrauliska konduktiviteten och jordtexturen i undersökta grundvattenrör vid port 741 redovisas i Tabell 1. Generellt är genomsläppligheten i sanden hög. Slugtesterna visar att den hydrauliska konduktiviteten varierar mellan 2×10^{-4} i den grusiga sanden till 3×10^{-7} m/s i den siltiga finsanden.

Tabell 1. Sammanställning av resultat från utförda slugtester samt siktningar.

Gv-rör	K (m/s)	Textur
TH2GW	Torrt	Sag (okulärt bedömd)
TH3GW	1×10^{-4}	Sag (okulärt bedömd)
TH4GW	1×10^{-4}	Sa
TH5GW	3×10^{-7}	Saf Si
TH8GW	2×10^{-4}	(gr) Sag

Den höga hydrauliska konduktiviteten innebär att en eventuell grundvattensänkning sker relativt snabbt och influensområdet får en stor utbredning. Grundvattnet i finsedimenten rör sig däremot mycket långsammare till följd av den låga hydrauliska konduktiviteten. Därför sker en eventuell grundvattensänkning i finsedimenten långsamt och mer lokalt. En grundvattensänkning i ovanliggande sand ger däremot tryckförändringar som kan påverka sulfidjordens kompression.

Den normala årsavrinningen i Umeåområdet är enligt SMHI mellan 300-400 mm/år. Enligt en översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell¹ uppskattades den potentiella grundvattenbildningen i grova jordarter, som sand och grus, i Umeåområdet variera mellan 375-450 mm/år.

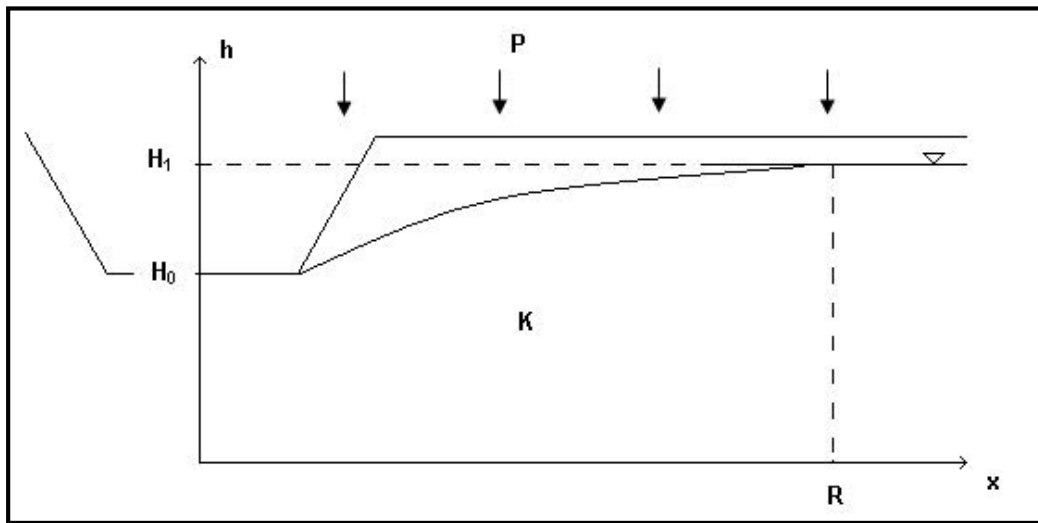
1.4. Beräkning av influensområde vid grundvattensänkning

1.4.1. Metod för beräkning av influensområde

För att förutsäga de geohydrologiska konsekvenserna till följd av schakt under grundvattenytan, har endimensionella analytiska beräkningar kombinerats med en geologisk tolkning av området. Utförda beräkningar förutsätter stationärt tillstånd (när jämviktsförhållanden ställt in sig) för det slutgiltiga driftskedet.

¹ Rodhe, A., Lindström, G., Rosberg, J. och Pers, C. 2006. Grundvattenbildning i svenska typjordar-översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell. Institutionen för geovetenskaper, Luft-och vattenlära, Uppsala.

Grundvattensänkning från porten har överslagsmässigt beräknats med en förenklad modell av verkligheten (Figur 1), där vattenbalansen i området kombineras med grundvattenströmningen (Darcys lag).



Figur 1. Schematisk bild av beräkningsmodellen. Angivna parametrar framgår av ekvationerna 1-3 nedan.

Darcys lag: $q = Kh \frac{\partial h}{\partial x}$ (ekv. 1)

Vattenbalans: $\frac{\partial q}{\partial x} = P$ (ekv. 2)

q = grundvattenflöde till väggport [m^3/s]
 K = hydraulisk konduktivitet i jord [m/s]
 h = mäktighet på vattenförande jordlager [m]
 x = avstånd från väggport [m]
 P = grundvattenbildning till jord [m/s]

Kombineras ovanstående ekvationer (ekv. 1 och 2) ges avsänkningen av:

$$R = \sqrt{\left(\frac{K}{P}(H_1^2 - H_0^2)\right)} \quad (\text{ekv. 3})$$

H_0 = dräneringsnivå i väggport [m]
 H_1 = ursprunglig grundvattenyta [m]
 R = influensområdets utsträckning från väggport [m]

Vid beräkning av influensområdet görs flera antaganden om t ex de hydrauliska parametrarna och grundvattenbildningen. För att utvärdera resultaten har en övergripande geohydrologisk bedömning utförts. I bedömningen tas, förutom beräkningsresultatet, även hänsyn till områdets geologi, topografi samt geotekniska borresultat. Tillsammans med resultaten från de analytiska beräkningarna resulterar detta i ett teoretiskt influensområde.

1.4.2. Resultat av beräknat influensområde

Resultat från de analytiska beräkningarna för grundvattensänkning vid föreslagen port ges i Tabell 2. Beräkningarna har utförts med olika storlek på grundvattenbildning och hydraulisk konduktivitet på grund av osäkerheterna kring dessa parametrar.

Tabell 2. Resultat från de analytiska grundvattenberäkningarna för bro 741.

K (m/s)	P (mm/år)	Ursprunglig grundvattenyta	Nivå tät botten	R (m)
1×10^{-4}	350	+33,8	+33,3	550
1×10^{-4}	300	+33,8	+33,3	594
5×10^{-5}	300	+33,8	+33,3	420
2×10^{-4}	300	+33,8	+33,3	840
1×10^{-4}	150	+33,8	+33,3	840

Beräkningarna visar att påverkan på grundvattennivåerna kan sträcka sig ca 600 m in i Umedalens bostadsområde i öst. Med hänsyn till att sanden blir grövre samt tilltar i mäktighet öster om föreslagen port bedöms resultaten som realistiska.

1.5. Grundvattensänkning inom spont

För att kunna utföra grundläggning och schaktarbete för planerad vägport kan spont längs ägovägen vara en möjlig lösning. Med en vattentät permanent spont minskas grundvattenpåverkan utanför sponten under både bygg- och driftskede. En vattentät spont medför dock att grundvatten kan strömma under spontfoten, vilket innebär att en grundvattensänkning ändå kan uppkomma på utsidan av sponten. Hur stor grundvattensänkningen blir avgörs av hur djupt sponten drivs och av hur täta finsedimenten är.

För att närmare bedöma om en permanent spont kan vara tillräcklig för att hindra att influensområdet sträcker sig in i bostadsbebyggelsen på Umedalen har detaljerade flödesberäkningar utförts.

1.5.1. Metod för spontberäkningar

Beräkningarna utfördes med programmet FEFLOW 6.2, som kan användas för att beräkna tredimensionellt grundvattenflöde. Modellområdet delades in i små triangulära beräkningsceller i plan samt i 18 beräkningsskikt i vertikalled.

Utifrån befintligt underlagsmaterial upprättades en konceptuell modell som översiktligt beskriver geologin, samt in- och utgående vattenflöden i området. För att avgränsa modellen i plan användes uppmätta grundvattennivåer och höjddata. I höjddled sattes, utifrån de geotekniska undersökningarna som gjorts i området, gränsen mellan det övre sandskiktet och sulfidsilten till 3,5 m under markytan; gränsen mellan sulfidsilten och underliggande isälvsavlagringar sattes till 20 m under markytan. Eftersom grundvattenytan i isälvsavlagringarna inte står i direkt kontakt med sulfidsilten påverkas beräkningsresultatet inte av avlagringarna, varför de inte togs med i modellen.

Sandens hydrauliska konduktivitet sattes till 1×10^{-4} m/s utifrån utförda slugtest (Tabell 1). I sulfidsilten sattes två grundvattenrör (GW03 och GW04) i vilka den hydrauliska konduktiviteten bestämdes med slugtest till 1×10^{-7} m/s respektive 6×10^{-9} m/s, varav det högsta mätvärdet (mest genomsläppliga jord) användes i beräkningarna.

Grundvattenbildningen sattes till 300 mm/år.

För att beräkna effekten av vattentät spont beräknades grundvattenströmningen i området dels under opåverkade förhållanden och dels under påverkan av spont. För att sponten ska nå upp över opåverkad grundvattenyta måste den neddrivas längs ca 140 m

av ägovägen. i beräkningarna antogs spontens bredd vara 30 m. I vägporten simulerades länshållning till nivå +29,5.

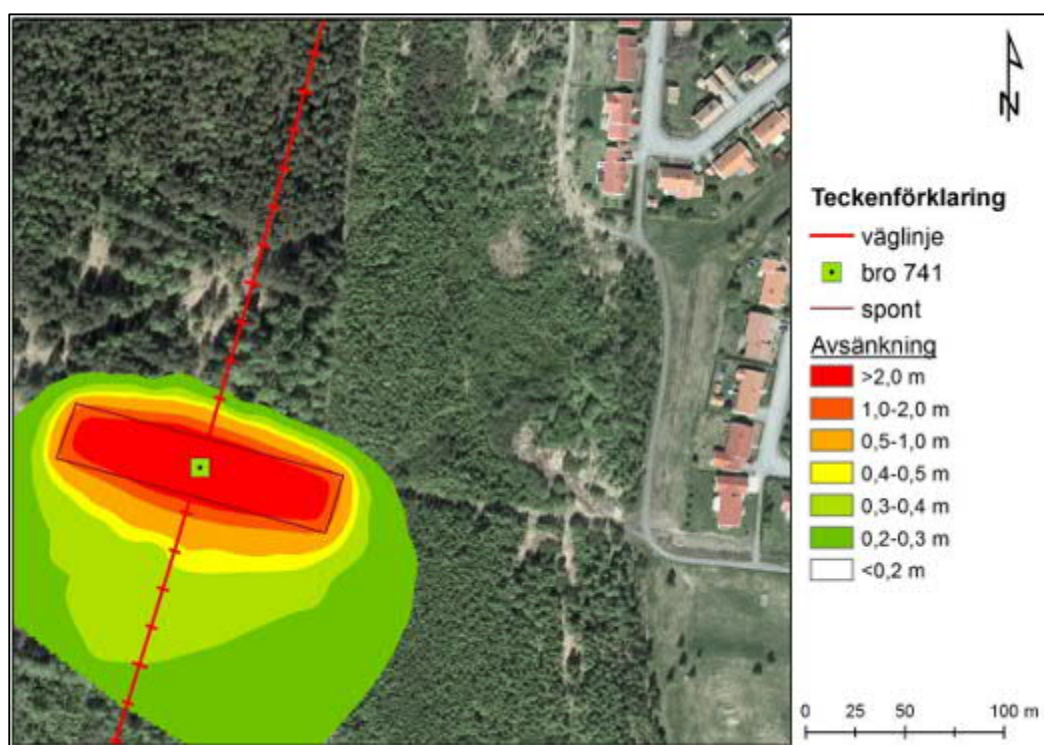
Parametervärden använda i beräkningarna finns sammanfattade i Tabell 3.

Tabell 3. Parametervärden använda i spontberäkningar för bro 741.

Parameter	Värde
Hydraulisk konduktivitet, sand	1×10^{-4} m/s
Hydraulisk konduktivitet, sulfidsilt	1×10^{-7} m/s
Sandens mäktighet	3,5 m
Sulfidsiltens mäktighet	16,5 m
Grundvattenbildning	300 mm/år
Spontens längd	140 m
Spontens bredd	30 m
Länshållningsnivå i vägporten	+29,5

1.5.2. Resultat av spontberäkningar

Beräkningar utfördes med spont neddriven till 8 m respektive 10 m djup från markytan. Beräkningen med spontdjup på 8 m gav endast marginellt större influensområde än beräkningen med spontdjupet 10 m. Eftersom skillnaden inte var så stor redovisas endast resultat från beräkningen med spontdjup 8 m i Figur 2, d v s beräkningen med något större påverkan.



Figur 2. Beräknat influensområde med vattentät spont neddriven till 8 m djup under markytan. Avsänkning <0,2 m bedöms falla inom grundvattenytans naturliga variation och redovisas därför inte.

Resultatet visar att påvisbar grundvattensänkning, definierad som avsänkning större än 0,2 m, kan förväntas på avstånd upp till 30 m från spontens utsida i riktning mot bostadsbebyggelsen. Närmsta bostadshus ligger 160 m från denna gräns.

Grundvattensänkning mindre än 0,2 m bedöms falla inom grundvattenytans naturliga variation och finns därför inte med i det redovisade resultatet.

1.6. Bedömning av grundvattenpåverkan för bro 741

Området vid bro 741 omges av genomsläppliga sandiga sediment, vilket medför att en grundvattensänkning kan leda till ett relativt utbrett influensområde. Det går således inte att utesluta att det under bygg- och driftskede kan uppstå omfattande grundvattensänkning med risk för sättningar i underliggande finmaterial i ett relativt stort område. Detta kan ge upphov till skadliga sättningar under den befintliga bostadsbebyggelsen på Umedalen. En permanent grundvattensänkning skulle även kunna innebära att grundvattenflödet till Prästsjön påverkas negativt i form av minskad tillrinning.

Som åtgärd för att undvika permanent grundvattensänkning visar utförda beräkningar att en vattentät permanent spont kan hindra ett alltför utbrett influensområde. Sponten sätts där schakten för ägovägen når ned under grundvattenytan och förs ned i de täta sediment (sulfidsilt) som underliggjer mer vattengenomsläppliga jordlager. En tråglösning skulle också fungera men bedöms inte vara nödvändig ur ett geohydrologiskt perspektiv.

Provpumpning i vägportens läge för noggrannare beräkning av inläckage och influensområde vid grundvattensänkning utan spont kommer att genomföras som underlag till bygghandling.

2. Bro 742

Vid bro 742 kommer en öppen portlösning att medföra en permanent grundvattensänkning. De geohydrologiska förutsättningarna vid planerad GC-port påminner om de som råder vid bro 741. Bro 742 ligger dock något närmare bostadsbebyggelsen på Umedalen och har ett mäktigare övre sandskikt.

Provpumpning i GC-portens läge har genomförts för beräkning av inläckage och influensområde.

Utifrån de geohydrologiska förutsättningarna sattes en tredimensionell grundvattenmodell upp för att beräkna om en tät spont kan hindra grundvattensänkning.

Resultat från geotekniska fältundersökningar (*PM Geoteknik*) har inarbetats i utredningen.

2.1. Planerad anläggning

En GC-port planeras vid km 8/327 för anslutning av Umedalen mot Prästsjön. I porten planeras lägsta nivå på vägytan bli +33,0 (RH2000). Lägsta länshållningsnivå under byggtid kan antas bli ca +30, vilket är 0,5 m under bedömd nivå för schaktbotten till brofundamenten. Markytan i föreslagen port ligger på nivån +36, vilket innebär att största schaktdjup blir ca 6 m.

2.2. Omgivning

Topografin kring porten är relativt plan. Omkring porten ligger marknivån på +36 men faller av mot Prästsjön i nordväst som håller nivån +33.

Umedalens bostadsområde ligger ca 100 m öster om porten. En sänkning av grundvattenytan, som föreslagen port skulle ge upphov till, skulle kunna medföra porttryckssänkning i finsedimenten som finns på varierande djup under sanden. En porttrycksänkning ökar risken för sättningar om husen är grundlagda på finsediment. Nordväst om planerad port ligger Prästsjön som har höga naturvärden (klass 1).

2.3. Geohydrologiska förutsättningar

Jordlagren i området utgörs i ytan av ett lager svallsand med varierande kornstorlek som överlagrar mäktiga lager av finsediment. Finsedimenten utgörs av sulfidhaltig silt och lerig silt. Sandlagrets mäktighet varierar men uppgår till ca 9 m utifrån utförda borrhningar.

De olika geologiska formationerna som håller grundvatten kan generellt delas in i berggrunden, isälvsavlagringarna under sulfidsilten, sulfidsilten samt det övre sandskiktet. De geologiska förhållandena medför att det finns två grundvattenmagasin; dels ett undre i isälvsavlagringarna och dels ett övre i det övre sandskiktet. Sulfidsiltens bottennivå ligger på ca +13 utifrån utförda borrhningar. Grundvattenytan i det undre grundvattenmagasinet ligger flera meter under finsedimentens bottennivå, d v s dränerande förhållanden råder i isälvsavlagringarna som ligger direkt under finsedimenten. Att dränerande förhållanden råder bekräftas också av utförda porttrycksmätningar som visar på kraftigt minskande porttryck med stigande djup (porttrycksspets PP1177).

Planerad port omfattar schakt i det ytliga sandskiktet som i vissa delar har karakteriserats som sulfidsand. Till följd av att dränerande förhållanden råder under

finsedimenten görs ingen ingående beskrivning av geohydrologin i berggrunden eller isälvsavlagringarna.

Grundvattennivåer i det övre grundvattenmagasinet, som finns i sanden, har undersökts i ett antal punkter vid den planerade porten. Nivåmätningarna indikerar en nordvästlig grundvattenströmning mot Prästsjön med nivåer kring +34 i porten. Vanligtvis ligger grundvattenytan ca 1,5-2,5 m under markytan.

För port 742 bedöms länshållning under byggtiden krävas ned till ca 3,5 m under uppmätt grundvattennivå. All avsänkning bedöms ske i den vattenförande sanden.

I övrigt bedöms de geohydrologiska förutsättningarna vara likvärdiga med de som råder för bro 741. Det innebär att en eventuell grundvattensänkning kommer att spridas relativt snabbt och orsaka ett förhållandevis utbrett influensområde.

Influensområdets utbredning till följd av en grundvattensänkning har inte beräknats, men bedöms vara i samma storleksordning som för bro 741. Där visade beräkningar att påverkan på grundvattennivåerna kan sträcka sig ca 600 m in i Umedalens bostadsområde i öst. Sannolikt får dock en grundvattensänkning vid bro 742 en större negativ påverkan på grundvattenflödet till Prästsjön i form av minskad tillrinning.

2.4. Provpumpning

I läge för bro 742 installerades en pumpbrunn med 2 m silrör i dimension 109 mm , slitsvidd 0,5 mm, och 1 m sumprör. Nederkanten på silröret monterades i nivå med övergången från sand till finare siltigt material. I Tabell 4 sammanfattas data för pumpbrunn och grundvattenrör som användes i provpumpningen. Punkternas placering framgår av Figur 3.

Tabell 4. Data för undersökningspunkter använda i provpumpningen vid bro 742. Jordlagerföljden är okulärt bedömd.

Borrpunkt	Djup nederkant filter (m)	Filterlängd (m)	Avstånd BB1501 (m)	Jordlagerföljd (m)
BB1501	5,0	2,0	0	0-4,95 Sa; 4,95-6,0 saSi
SW1566	5,0	1,0	3	0-0,25 saSi; 0,25-3,6 Sa; 3,6-4,9 suSa; 4,9-5,0 växtdelar
SW1567	5,0	1,0	9	-
GW1175	4,2	0,7	24	0-0,2 Mu; 0,2-2,7 grSa; 2,7-5,0 (gr)suSa; 5-14 suSi
SW1569	5,0	1,0	110	0-0,45 saSi; 0,45-2,5 Sa; 2,5-4,65 suSa; 4,65-4,85 växtdelar; 4,85-5,0 suSa

Provpumpningen genomfördes med start 2015-11-25 (kl 08:57) och stopp 2015-12-02 (kl 08:44). Under pumpningen kunde flödet hållas relativt konstant till 0,44 l/s. Nivåförändringar mättes före pumpstart och därefter med diver 1 gång/minut i fyra intilliggande grundvattenrör. Mätning av återhämtningsförloppet avslutades 9 dagar efter pumpstopp. Avsänkings- och återhämtningsförloppet utvärderades med Jacobs extrapolationsmetod. För att utvärdera avsänkingsförloppet användes även Theims brunnsekvation och Theis-Boultons typkurvemethod.

Utvärderingen av provpumpningsdata gav samstämmiga resultat både i jämförelse mellan enskilda punkter (tid-avsänkning) och mellan olika tidpunkter (avstånd-avsänkning), med undantag för utvärdering enligt Theis-Boulton. Transmissiviteten i det sandiga materialet beräknades till $1,6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, Theis-Boulton undantaget. Det innebär att den hydrauliska medelkonduktiviteten kan uppskattas till $5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ då magasinets mäktighet uppgick till 3,2 m under provpumpningen. Det är fem gånger högre än vad som beräknades utifrån utförda slugtest i grundvattenrör vid bro 741.



Figur 3. Pumpbrunn och grundvattenrör som användes under provpumpningen vid bro 742.

2.5. Beräkning av inläckage och influensradie

Inläckage och influensområde beräknades med Darcys lag, Theims brunnsekvation (med antagandet att inläckaget balanseras av grundvattenbildningen), finit differensmodellering samt med Dupuit-Forchheimers metod. Inläckageberäkningarna baseras på antagna eller erhållna preliminära egenskaper samt att schakten länshålls som en öppen brunn så att atmosfärstryck är i nivå med schaktbotten.

Beräkningar av inläckage har utförts med antaganden enligt Tabell 5 nedan. Beräkningarna ger det förväntade inläckaget och påverkansområdet vid stationärt tillstånd för antagna värden. Utifrån beräkningarna kan inläckaget av grundvatten förväntas uppgå till ca 16 l/s och influensområdet till ca 600 m från slänkrönet, givet egenskaperna i Tabell 5. Pumpbehovet är således lika med eller högre än inläckageberäkningen ovan. Till detta kommer eventuellt ytvatteninläckage att behöva hanteras.

Tabell 5. Förutsättningar för beräkningar gällande inläckage till schakt. Observera att avsänkningen beräknas bli 3,4 m i den vattenförande sanden då sandig silt finns under nivå +31,1.

Parameter	Enhet	Värde
Huvudsaklig jordart		Sand
Hydraulisk konduktivitet, K	m/s	5×10^{-4}
Akvifärsmäktighet, D	m	3,4
Naturlig grundvattennivå, h_0	m	+34,5
Avsänkingsnivå	m	+30,0
Dimensionerande avsänkning Δs	m	4,5 (3,4)
Schaktlängd under gvy, L medel	m	20
Schaktbredd under gvy, B, medel	m	20

2.6. Grundvattensänkning inom spont

För att kunna utföra grundläggning och schaktarbete för planerad GC-port kan spont längs gång- och cykelvägen vara en möjlig lösning. Med en vattentät permanent spont minskas grundvattenpåverkan utanför sponten under både bygg- och driftskede. En vattentät spont medför dock att grundvatten kan strömma under spontfoten, vilket innebär att en grundvattensänkning ändå kan uppkomma på utsidan av sponten. Hur stor grundvattensänkningen blir avgörs av hur djupt sponten drivs och av hur täta finsedimenten är.

För att närmare bedöma om en permanent spont kan vara tillräcklig för att hindra att influensområdet sträcker sig in i bostadsbebyggelsen på Umedalen har detaljerade flödesberäkningar utförts.

2.6.1. Metod för spontberäkningar

Beräkningarna utfördes med programmet FEFLOW 6.2, som kan användas för att beräkna tredimensionellt grundvattenflöde. Modellområdet delades in i små triangulära beräkningsceller i plan samt i 16 beräkningsskikt i vertikalled.

Utifrån befintligt underlagsmaterial upprättades en konceptuell modell som översiktligt beskriver geologin, samt in- och utgående vattenflöden i området. För att avgränsa modellen i plan användes uppmätta grundvattennivåer och höjddata. I höjddled sattes, utifrån de geotekniska undersökningarna som gjorts i området, gränsen mellan det övre sandskiktet och sulfidsilten till 9 m under markytan; gränsen mellan sulfidsilten och underliggande isälvsavlagringar sattes till 23 m under markytan. Eftersom grundvattenytan i isälvsavlagringarna inte står i direkt kontakt med sulfidsilten påverkas beräkningsresultatet inte av avlagringarna, varför de inte togs med i modellen. Sandens hydrauliska konduktivitet sattes till 5×10^{-4} m/s utifrån resultat från provpumpningen. Sulfidsilten antogs också ha samma sammansättning som vid bro 741. Grundvattenbildningen sattes till 300 mm/år.

För att beräkna effekten av vattentät spont beräknades grundvattenströmningen i området dels under opåverkade förhållanden och dels under påverkan av spont. För att sponten ska nå upp över opåverkad grundvattenyta måste den neddrivas längs ca 110 m av GC-vägen. I beräkningarna antogs spontens bredd vara 30 m. I GC-porten simulerades länshållning till nivå +30,5.

Parametervärden använda i beräkningarna finns sammanfattade i Tabell 6.

Tabell 6. Parametervärden använda i spontberäkningar för bro 742.

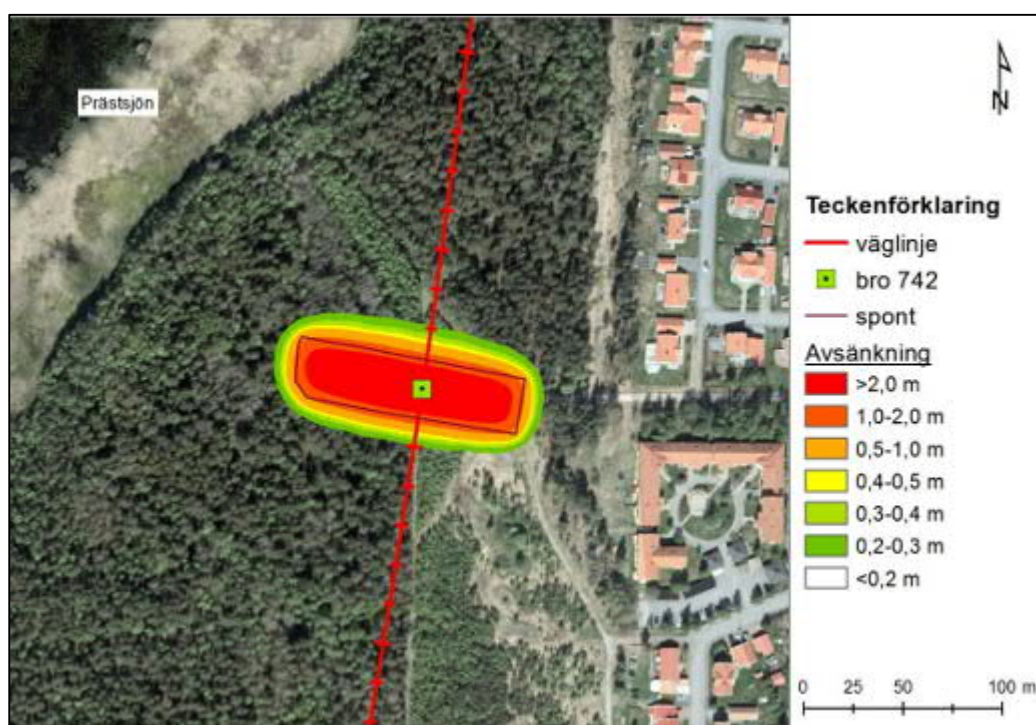
Parameter	Värde
Hydraulisk konduktivitet, sand	5×10^{-4} m/s
Hydraulisk konduktivitet, sulfidsilt	1×10^{-7} m/s
Sandens mäktighet	9 m
Sulfidsiltens mäktighet	14 m
Grundvattenbildning	300 mm/år
Spontens längd	110 m
Spontens bredd	30 m
Länshållningsnivå i GC-porten	+30,5

2.6.2. Resultat av spontberäkningar

Beräkning utfördes med spont neddriven till 12 m djup från markytan. Resultat från beräkningen redovisas i Figur 4.

Beräkningarna visar att påvisbar grundvattensänkning, definierad som avsänkning större än 0,2 m, kan förväntas på avstånd upp till 12 m från spontens utsida i riktning mot bostadsbebyggelsen. Närmsta bostadshus ligger 50 m från denna gräns. Prästsjön ligger 90 m utanför influensområdet.

Grundvattensänkning mindre än 0,2 m bedöms falla inom grundvattenytans naturliga variation och finns därför inte med i det redovisade resultatet.



Figur 4. Beräknat influensområde med vattentät spont neddriven till 12 m djup under markytan. Avsänkning <0,2 m bedöms falla inom grundvattenytans naturliga variation och redovisas därför inte.

2.7. Bedömning av grundvattenpåverkan för bro 742

Området vid bro 742 omges av vattenengenomsläppliga sandiga sediment, vilket medför att en grundvattensänkning kan leda till ett relativt utbrett influensområde. Det kan därför under bygg- och driftskede uppstå omfattande grundvattensänkning med risk för

sättningar i underliggande finmaterial i ett relativt stort område. Detta kan ge upphov till skadliga sättningar under den befintliga bostadsbebyggelsen på Umedalen. En permanent grundvattensänkning skulle även kunna innebära att grundvattenflödet till Prästsjön påverkas negativt i form av minskad tillrinning.

Som åtgärd för att undvika permanent grundvattensänkning visar utförda beräkningar att en vattentät permanent spont kan hindra ett alltför utbrett influensområde. Sponten sätts där schakten för GC-vägen når ned under grundvattenytan och förs ned i de täta sediment (sulfidsilt) som underliggjer mer vattengenomsläppliga jordlager. En tråglösning skulle också fungera men bedöms inte vara nödvändig ur ett geohydrologiskt perspektiv.

3. Bro 743

Vid bro 743 kommer en öppen portlösning att medföra en permanent grundvattensänkning. De geohydrologiska förutsättningarna vid planerad GC-port påminner om de som råder vid broarna 741 och 742. Bro 743 ligger på ungefär samma avstånd från närmsta bostadsbebyggelse som bro 742. Norr om bro 743 ligger ett handelsområde.

Provpumpning i GC-portens läge har genomförts för beräkning av inläckage och influensområde.

Utifrån de geohydrologiska förutsättningarna sattes en tredimensionell grundvattenmodell upp för att beräkna om en tät spont kan hindra grundvattensänkning.

Resultat från geotekniska fältundersökningar (*PM Geoteknik*) har inarbetats i utredningen.

3.1. Planerad anläggning

En GC-port planeras vid km 9/201 för anslutning av Umedalen mot handelsområdet Klockarbäcken. I porten planeras vägytan till nivå +32 (RH2000). Under byggskele kan länshållningsnivån antas bli +29,3, vilket är 0,5 m under nivå för schaktbotten.

Markytan i föreslagen port ligger på nivån +37, vilket innebär att största schaktdjup blir ca 8 m.

3.2. Omgivning

Topografin kring porten är relativt plan men ca 50 m västerut faller terrängen av. Omkring porten ligger marknivån på +37 men nivån når ner mot +35 ca 100 m från GC-porten.

Umedalens bostadsområde ligger ca 100 m söder om porten. Drygt 100 m norr om porten ligger handelsområdet Klockarbäcken. En sänkning av grundvattenytan, som föreslagen port skulle ge upphov till, skulle kunna medföra porttryckssänkning i finsedimenten som finns på varierande djup under sanden. En porttrycksänkning ökar risken för sättningar om husen är grundlagda på finsediment. Sydväst om planerad port ligger Prästsjön som har höga naturvärden (klass 1).

3.3. Geohydrologiska förutsättningar

Jordlagren i området utgörs i ytan av ett lager svallsand med varierande kornstorlek som överlagrar finsediment. Finsedimenten utgörs av sulfidhaltig silt och lerig silt. Sandlagrets mäktighet varierar men uppgår till ca 5 m utifrån utförda borrhningar.

De olika geologiska formationerna som håller grundvatten kan generellt delas in i berggrunden, isälvsavlagringarna under sulfidsilten, sulfidsilten samt det övre sandskiktet. De geologiska förhållandena medför att det finns två grundvattenmagasin; dels ett undre i isälvsavlagringarna och dels ett övre i det övre sandskiktet. Sulfidsiltens bottennivå ligger på ca +29 utifrån utförda borrhningar. Grundvattenytan i det undre grundvattenmagasinet ligger flera meter under finsedimentens bottennivå, d v s dränerande förhållanden råder i isälvsavlagringarna som ligger direkt under finsedimenten. Detta påvisas av nivåmätningar utförda i grundvattenrör GW1179 med spetsen på nivå +28.

Planerad port omfattar schakt i det ytliga sandskiktet och underliggande sulfidsilt. Till följd av att dränerande förhållanden råder under finsedimenten görs ingen ingående beskrivning av geohydrologin i berggrunden eller isälvsavlagringarna.

Grundvattennivåer i det övre grundvattenmagasinet, som finns i sanden, har undersökts i ett antal punkter vid den planerade porten. Nivåmätningarna indikerar en sydvästlig grundvattenströmning mot Prästsjön med nivåer kring +35,0 i porten. Vanligtvis ligger grundvattenytan ca 2-2,5 m under markytan.

För port 743 bedöms länshållning under byggtiden krävas ned till ca 5,5 m under uppmätt grundvattennivå. Genomförda undersökningar visar dock på att sandens mäktighet vid planerad GC-port endast sträcker sig ned till ca 5 m djup under markytan, vilket innebär att avsänkningen i den vattenförande sanden blir ca 2 m.

I övrigt bedöms de geohydrologiska förutsättningarna vara likvärdiga med de som råder för bro 741. Det innebär att en eventuell grundvattensänkning kommer att spridas relativt snabbt och orsaka ett förhållandevis utbrett influensområde.

Influensområdets utbredning till följd av en grundvattensänkning har inte beräknats, men bedöms vara i samma storleksordning som för bro 741. Där visade beräkningar att påverkan på grundvattennivåerna kan sträcka sig ca 600 m in i Umedalens bostadsområde. Med motsvarande influensområde för bro 743 skulle influensområdets utbredning sträcka sig in över bostadsområdena på Umedalen, handelsområdet Klockarbäcken samt ge negativ påverkan på grundvattenflödet till Prästsjön i form av minskad tillrinning.

3.4. Provpumpning

I läge för bro 743 installerades en pumpbrunn med 2 m silrör i dimension 109 mm , slitsvidd 0,5 mm, och 1 m sumprör. Nederkanten på silröret monterades i nivå med övergången från sand till finare siltigt material. I Tabell 7 sammanfattas data för pumpbrunn och grundvattenrör som användes i provpumpningen. Punkternas placering framgår av Figur 5.

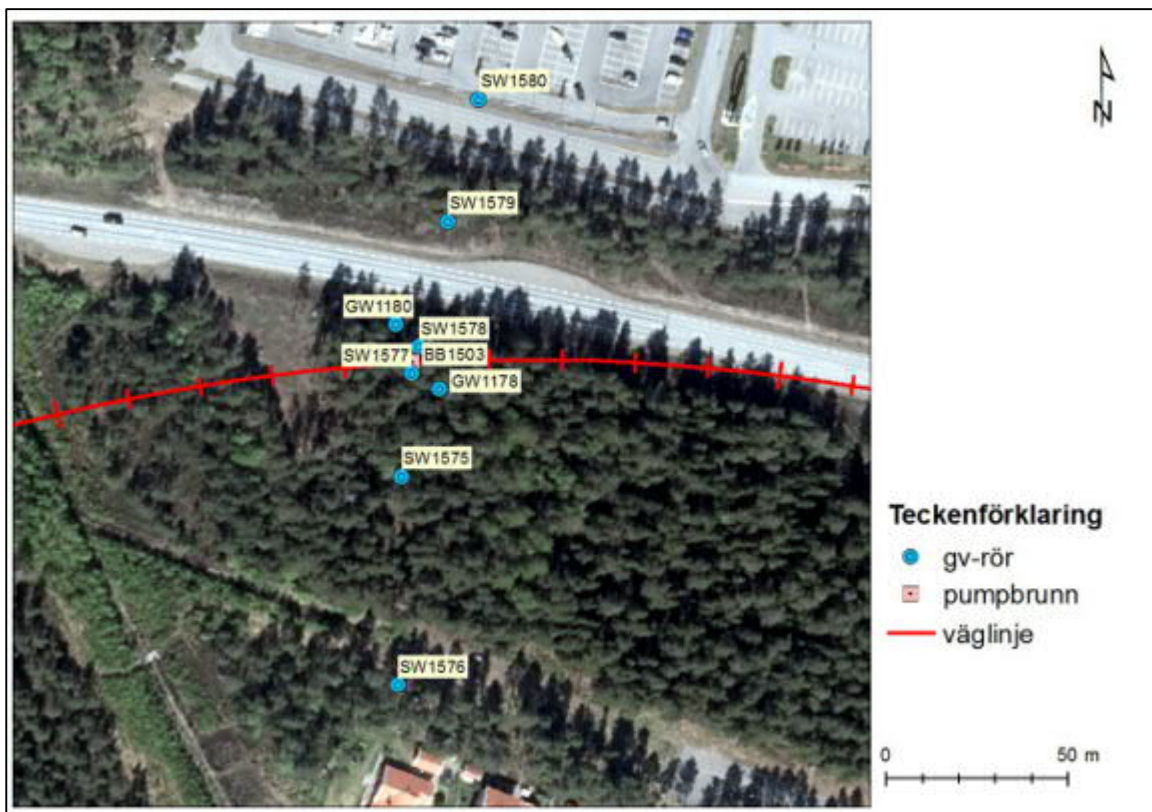
Tabell 7. Data för undersökningspunkter använda i provpumpningen vid bro 742. Jordlagerföljden är okulärt bedömd.

Borrpunkt	Djup nederkant filter (m)	Filterlängd (m)	Avstånd BB1501 (m)	Jordlagerföljd (m)
BB1503	4,5	2,0	0	0-4,4 Sa; 4,4-6,0 siSa
SW1578	5,0	1,0	5	-
GW1180	3,5	0,3	11	0-0,2 Si; 0,2-2,0 grSa; 2,0-3,5 (gr)siSa
SW1579	5,0	1,0	40	0-0,1 saSi; 0,1-4,5 Sa; 4,5-5,0 Si
SW1580	5,0	1,0	75	0-5,0 Sa
SW1577	5,0	1,0	3	-
GW1178	4,0	0,3	10	0-0,5 Si; 0,5-2,0 (gr)Sa; 2,0-4,0 (gr)siSa
SW1575	5,0	1,0	31	0-0,6 siSa; 0,6-5,0 Sa
SW1576	5,0	1,0	89	0-2,6 FSa; 2,6-4,3 Sa; 4,3-5,0 siSa

Provpumpningen genomfördes med start 2015-11-17 (kl 09:42) och stopp 2015-11-24 (kl 08:49). Under pumpningen kunde flödet hållas relativt konstant till 0,48 l/s.

Nivåförändringar mättes före pumpstart och därefter med diver 1 gång/minut i åtta intilliggande grundvattenrör samt i pumpbrunnen. Mätning av återhämtningsförloppet avslutades 9 dagar efter pumpstopp. Avsänkings- och återhämtningsförloppet utvärderades med Jacobs extrapolationsmetod. För att utvärdera avsänkingsförloppet användes även Theims brunnsekvation och Theis-Boultons typkurvemetod.

Utvärderingen av provpumpningsdata gav någorlunda samstämmiga resultat både i jämförelse mellan enskilda punkter (tid-avsänkning) och mellan olika tidpunkter (avstånd-avsänkning). Transmissiviteten i det sandiga materialet beräknades till $1,1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Det innebär att den hydrauliska medelkonduktiviteten kan uppskattas till $5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ då magasinets mäktighet uppgick till 2,2 m under provpumpningen. Det är fem gånger högre än vad som beräknades utifrån utförda slugtest i grundvattenrör vid bro 741.



Figur 5. Pumpbrunn och grundvattenrör som användes under provpumpningen vid bro 743.

3.5. Beräkning av inläckage och influensradie

Inläckage och influensområde beräknades med Darcys lag, Theims brunnsekvation (med antagandet att inläckaget balanseras av grundvattenbildningen), finit differensmodellering samt med Dupuit-Forchheimers metod. Inläckageberäkningarna baseras på antagna eller erhållna preliminära egenskaper samt att schakten länshålls som en öppen brunn så att atmosfärstryck är i nivå med schaktbotten.

Beräkningar av inläckage har utförts med antaganden enligt Tabell 8 nedan.

Beräkningarna ger det förväntade inläckaget och påverkansområdet vid stationärt tillstånd för antagna värden. Utifrån beräkningarna kan inläckaget av grundvatten förväntas uppgå till ca 7 l/s och influensområdet till ca 400 m från slänkrönet, givet egenskaperna i Tabell 8. Pumpbehovet är således lika med eller högre än

inläckageberäkningen ovan. Till detta kommer eventuellt ytvatteninläckage att behöva hanteras.

Tabell 8. Förutsättningar för beräkningar gällande inläckage till schakt. Observera att avsänkningen beräknas bli 2,1 m i den vattenförande sanden då siltig sand finns under nivå +32,9.

Parameter	Enhet	Värde
Huvudsaklig jordart		Sand
Hydraulisk konduktivitet, K	m/s	$\sim 5 \times 10^{-5}$
Akvifärsmäktighet, D	m	2,1
Naturlig grundvattennivå, h_0	m	+35,0
Avsänkingsnivå	m	+29,3
Dimensionerande avsänkning Δs	m	5,7 (2,1)
Schaktlängd under gvy, L medel	m	25
Schaktbredd under gvy, B, medel	m	15

3.6. Grundvattensänkning inom spont

För att kunna utföra grundläggning och schaktarbete för planerad GC-port kan spont längs gång- och cykelvägen vara en möjlig lösning. Med en vattentät permanent spont minskas grundvattenpåverkan utanför sponten under både bygg- och driftskede. En vattentät spont medför dock att grundvatten kan strömma under spontfoten, vilket innebär att en grundvattensänkning ändå kan uppkomma på utsidan av sponten. Hur stor grundvattensänkningen blir avgörs av hur djupt sponten drivs och av hur täta fínsedimenten är.

För att närmare bedöma om en permanent spont kan vara tillräcklig för att hindra att influensområdet sträcker sig in i bostadsbebyggelsen på Umedalen och handelsområdet Klockarbäcken har detaljerade flödesberäkningar utförts.

3.6.1. Metod för spontberäkningar

Beräkningarna utfördes med programmet FEFLOW 6.2, som kan användas för att beräkna tredimensionellt grundvattenflöde. Modellområdet delades in i små triangulära beräkningsceller i plan samt i 9 beräkningsskikt i vertikalled.

Utifrån befintligt underlagsmaterial upprättades en konceptuell modell som översiktligt beskriver geologin, samt in- och utgående vattenflöden i området. För att avgränsa modellen i plan användes uppmätta grundvattennivåer och höjddata. I höjddled sattes, utifrån de geotekniska undersökningarna som gjorts i området, gränsen mellan det övre sandskiktet och sulfidsilten till 5 m under markytan; gränsen mellan sulfidsilten och underliggande isälvsavlagringar sattes till 8,5 m under markytan. Eftersom grundvattenytan i isälvsavlagringarna inte står i direkt kontakt med sulfidsilten påverkas beräkningsresultatet inte av avlagringarna, varför de inte togs med i modellen. Sandens hydrauliska konduktivitet sattes till 5×10^{-4} m/s utifrån resultat från provpumpningen. I sulfidsilten sattes ett grundvattenrör (GW02) i vilket den hydrauliska konduktiviteten bestämdes med slugtest till 8×10^{-8} m/s, som användes i beräkningarna.

Grundvattenbildningen sattes till 300 mm/år.

För att beräkna effekten av vattentät spont beräknades grundvattenströmningen i området dels under opåverkade förhållanden och dels under påverkan av spont. För att spontan ska nå upp över opåverkad grundvattenyta måste den neddrivas längs ca 140 m av GC-vägen. I beräkningarna antogs spontens bredd vara 30 m. I GC-porten simulerades länshållning till nivå +30.

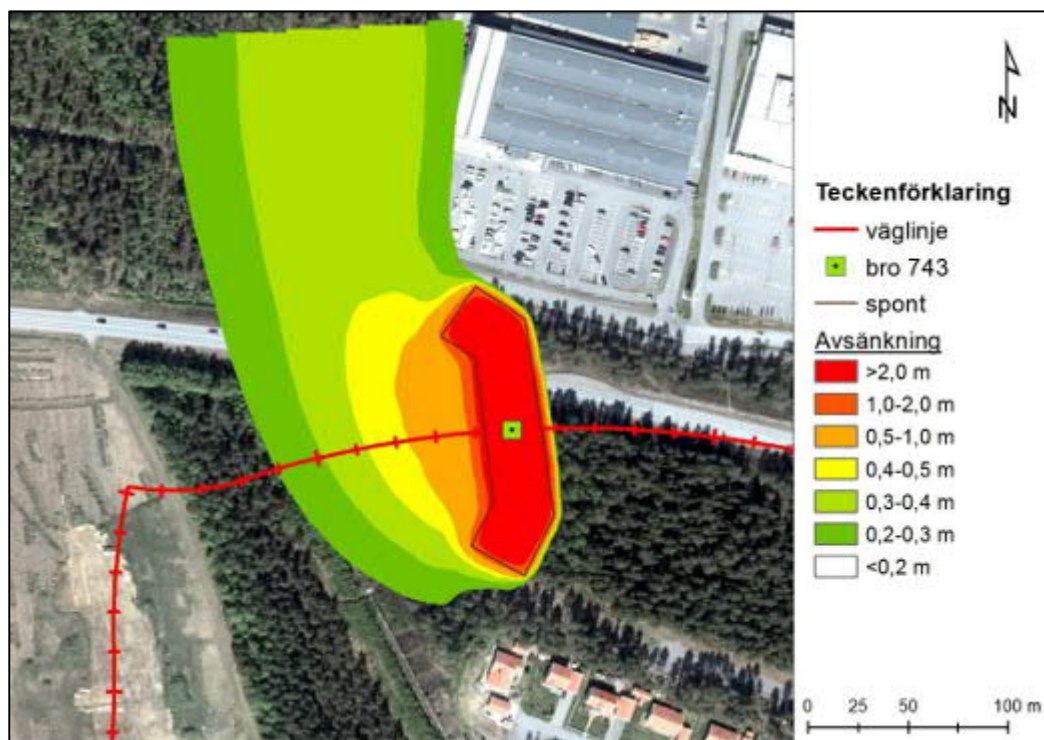
Parametervärden använda i beräkningarna finns sammanfattade i Tabell 9.

Tabell 9. Parametervärden använda i spontberäkningar för bro 743.

Parameter	Värde
Hydraulisk konduktivitet, sand	5×10^{-4} m/s
Hydraulisk konduktivitet, sulfidsilt	8×10^{-8} m/s
Sandens mäktighet	5 m
Sulfidsiltens mäktighet	3,5 m
Grundvattenbildning	300 mm/år
Spontens längd	140 m
Spontens bredd	30 m
Länshållningsnivå i GC-porten	+30

3.6.2. Resultat av spontberäkningar

Beräkning utfördes med spont neddriven till 9 m djup från markytan. Resultat från beräkningen redovisas i Figur 6.



Figur 6. Beräknat influensområde med vattentät spont neddriven till 9 m djup under markytan. Avsänkning <0,2 m bedöms falla inom grundvattenytans naturliga variation och redovisas därför inte.

Beräkningarna visar att påvisbar grundvattensänkning, definierad som avsänkning större än 0,2 m, kan uppkomma inom handelsområdet Klockarbäcken samt på avstånd upp till 30 m från spontens utsida i riktning mot bostadsbebyggelsen. Närmsta bostadshus ligger 30 m från denna gräns. Prästsjön ligger utanför influensområdet.

Grundvattensänkning mindre än 0,2 m bedöms falla inom grundvattenytans naturliga variation och finns därför inte med i det redovisade resultatet.

3.7. Bedömning av grundvattenpåverkan för bro 743

Området vid bro 743 omges av genomsläppliga sandiga sediment, vilket medför att en grundvattensänkning kan leda till ett relativt utbredd influensområde. Det kan därför under bygg- och driftskede uppstå omfattande grundvattensänkning med risk för sättningar i underliggande finmaterial i ett relativt stort område. Detta kan ge upphov till skadliga sättningar under den befintliga bostadsbebyggelsen på Umedalen. En permanent grundvattensänkning skulle även kunna innebära att grundvattenflödet till Prästsjön påverkas negativt i form av minskad tillrinning.

Utförda beräkningar kan inte påvisa att en vattentät spont fungerar som åtgärd för att undvika permanent grundvattensänkning inom ett alltför stort influensområde. Beräknat influensområde når in under handelsområdet Klockarbäcken. En lösning med tråg och tillfällig spont bedöms därför vara nödvändig utifrån de geohydrologiska förutsättningarna. Den tillfälliga sponten sätts där schakt för GC-vägen når ned under grundvattenytan och förs ned i de täta sediment (sulfidsilt) som underliggmer vattengenomsläppliga jordlager.

Skillnaden i beräkningsresultat för bro 743 jämfört med broarna 741 och 742 kan förklaras av att de täta finsedimenten är betydligt tunnare vid bro 743 jämfört med de andra broarna.

4. Bro 744

Bro 744, belägen vid km 9/650, utgör ingen risk gällande geohydrologiska förändringar. Väg E12 kommer att passera under bron i jordskärning på ca 5 m under nuvarande markyta (+39). Jordlagerföljden i det aktuella området består uteslutande av isälvsmaterial ner till stora djup (>25 m) där sand och grusig sand är dominerande. Utifrån nivåmätningar som gjorts i närliggande grundvattenrör bedöms grundvattenytan ligga på nivå ca +22, vilket innebär att det vid bro 744 inte kan bli någon påverkan på grundvattennivåerna. Däremot måste täta diken anläggas för att undvika påverkan på vattenförekomsten Vindelälvsåsen.

5. Bro 745

5.1. Planerad anläggning

Bro 745, belägen vid km 9/943, utgör bro över enskild väg. Redan idag finns här en vägport som kommer att behöva byggas om i och med att vägen breddas. Vägytan i den nya vägporten kommer att förläggas ca 2 m djupare än idag, vilket innebär nivå ca +25. Lägsta dräneringsnivå kan antas bli ca +24,5.

5.2. Omgivning

Topografin kring porten har ca 5 % lutning mot nordost. 100 m sydväst om porten ligger marknivån på +38 och 100 m nordost om porten ligger marknivån på +28. Vägytan i befintlig vägport ligger på nivå +26,9.

Närmsta bebyggelse ligger 100 m söder om vägporten. Befintlig vägport medför redan idag en permanent grundvattensänkning. Beroende på de geohydrologiska förutsättningarna kan en sänkning av vägportens nivå medföra påverkan på omgivningen.

En sänkning av grundvattenytan, som planerad port skulle ge upphov till, skulle kunna medföra porttryckssänkning i finsedimenten som finns på varierande djup under sanden. En porttryckssänkning ökar risken för sättningar om husen är grundlagda på finsediment.

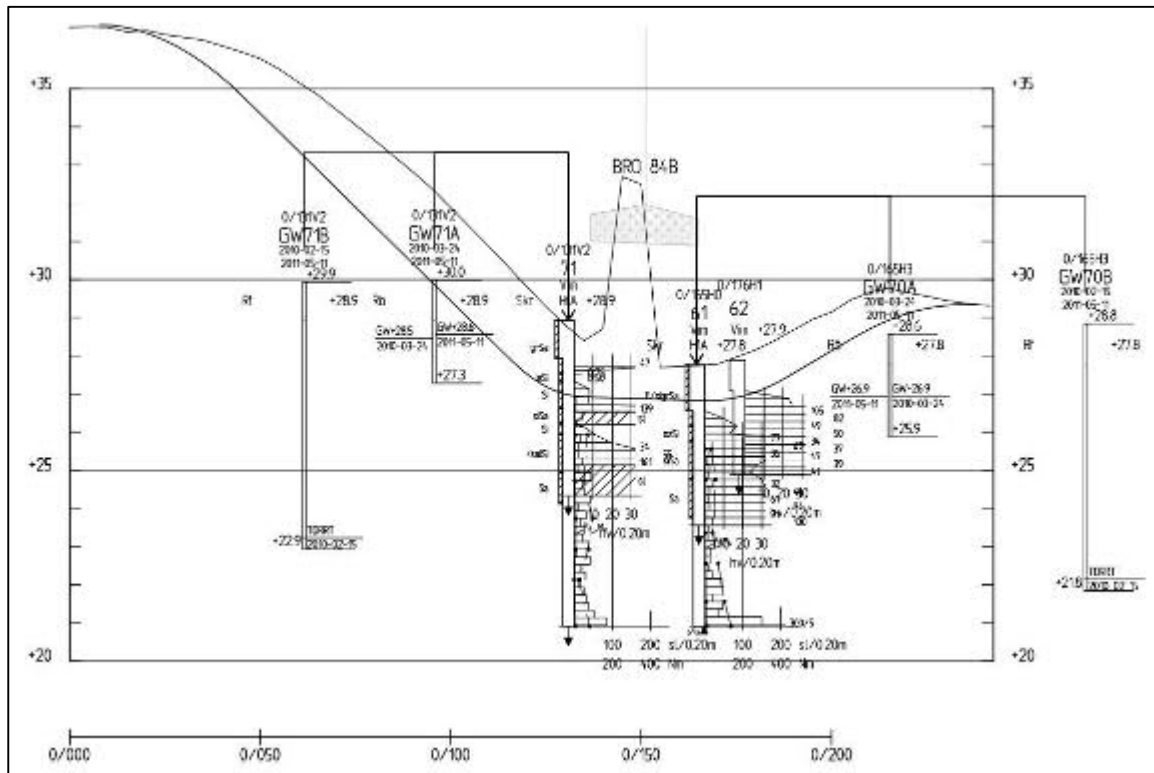
5.3. Geohydrologiska förutsättningar

Jordlagren i området utgörs i ytan av ett lager svallsand med varierande kornstorlek som överlagrar finsediment. Finsedimenten utgörs av silt och lerig silt, vars mäktighet uppgår till ca 1 m. Under finsedimenten finns sandiga isälvsavlagringar som tillhör vattenförekomsten Vindelälvsåsen.

De geologiska förhållandena medför att det finns två grundvattenmagasin; dels ett undre i isälvsavlagringarna och dels ett övre i det övre sandskiktet. Grundvattenytan i det undre grundvattenmagasinet ligger flera meter under finsedimentens bottennivå, d v s dränerande förhållanden råder i isälvsavlagringarna som ligger direkt under finsedimenten. Detta bekräftas genom nivåmätningar i grundvattenrör GW70B och GW71B, som satts till nivå +21,8 respektive +22,9 och som stått torra (Figur 7). Utifrån nivåmätningar som gjorts i andra närliggande grundvattenrör ligger troligen den undre grundvattennivån på ca +19.

Grundvattennivån i det övre grundvattenmagasinet har undersökts i ett två punkter vid den planerade porten (GW70A och GW71A). Nivåmätningarna indikerar en nordlig

grundvattenströmning med nivå ca +28,5 på södra sidan om porten och ca +27 på norra sidan. Sannolikt är uppmätta nivåer betingande av ytan på de täta vattenhållande finsedimenten.



Figur 7. Profil enskild väg med utförda geotekniska undersökningar. Södra sidan av vägporten, som vetter mot närmsta bebyggelse, är till vänster i figuren.

Utförda borrhningar intill befintlig port visar att det övre sandlagret når ned till nivå +27,5 på södra sidan och +26,2 på norra sidan (Figur 5). Det innebär att befintlig port delvis är anlagd i de täta finsedimenten och att grundvattnet i det övre vattenförande sandskiktet redan till stor del nått maximal avsänkning. Exempelvis gäller dessa förhållanden för södra sidan om porten som vetter mot bebyggelsen.

Eftersom finsedimentens mäktighet endast uppgår till ca 1 m kommer schakten för planerad vägport att genomtränga finsedimenten och nå ned i underliggande isälvsmaterial.

5.4. Bedömning av grundvattenpåverkan för bro 745

Eftersom befintlig vägport är anlagd i finsediment, som ligger under det övre vattenförande sandskiktet, bedöms planerad vägport inte kunna medföra någon ytterligare påverkan på grundvattnet än vad som redan förekommer. Bedömningen motiveras av att befintlig vägport dränerar det övre sandskiktet maximalt och att schaktning i de underliggande täta, icke-vattenförande finsedimenten, endast kan ge en marginellt större avsänkning av grundvattenytan. Detta eftersom avsänkning i täta jordar ger en brant "avsänkningsträtt" med typiska influensradier på mindre än 10 m. Penetreringen av tätskiktet innebär däremot att täta diken måste anläggas för att undvika påverkan på vattenförekomsten Vindelälvsåsen.



Trafikverket, Box 3057, 903 02 Umeå. Besöksadress: Storgatan 60, 903 30 Umeå
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

www.trafikverket.se