

Projektnamn

Skapat av  
(Trafikverket)

Dokumentdatum

Ostlänken

2023-10-06

Ärendenummer

Sidor

TRV 2023/92087

1(7)

TRV 2023/92088



## **OSTLÄNKEN**

### **OLP4 SÖDERTÄLJE - TROSA**

### **LÅNGSJÖN - SILLEKROG**

## **BILAGA K FÖRDJUPADE BESKRIVNINGAR OCH FÖRTYDLIGANDEN AV BEGREPP RELATERADE TILL GRUNDVATTEN**

**Påverkansområdets utbredning, genomförda  
beräkningsantaganden och bedömningar om påverkan på  
enskilda objekt**

## **MILJÖPRÖVNING**

Projektnamn	Skapat av (Trafikverket)	Dokumentdatum
Ostlänken		2023-10-06
Ärendenummer		Sidor
TRV 2023/92087		2(7)
TRV 2023/92088		



Denna bilaga innehåller utförligare beskrivningar gällande beräkningsantaganden och bedömningar om påverkan på enskilda objekt än vad som beskrivs i bilaga D.2.3 *PM Beräkningar Grundvatten*

## Påverkansområdets utbredning, gjorda beräkningsantaganden och hydraulisk effektiv konduktivitet

De påverkansavstånd som beräknats längs bergtunnlar avser en avsänkt grundvattenyta i berg. I praktiken kan stora skillnader uppstå mellan avsänkt grundvattenyta i jord/berg och avsänkt trycknivå i djupare berg. Exempelvis kan grundvattnets trycknivå i berg närmst utanför en djupt belägen bergtunnel komma att sänkas av betydligt mer än grundvattenytan uppmätt närmre markytan i jord eller berg. Så kan vara fallet om det finns vattenförande sprickor i berg kring tunnelröret som dräneras, samtidigt som det finns ett hydrauliskt motstånd för grundvattenflöde på vägen mot det ytligare grundvattensystemet. I redovisat påverkansområde framgår inte sådana skillnader, men vid bedömningar av påverkan på enskilda riskexponerade objekt, såsom bergborrade brunnar, har detta beaktats. (*PM Beräkningar grundvatten* kap. 6.1.1)

För att definiera bergets hydrauliska egenskaper har den effektiva hydrauliska konduktiviteten använts i utförda beräkningar av påverkansavstånd. Berget är ett heterogent medium och dess vattenförande egenskaper varierar beroende på om man undersöker en meterskala eller en 100-metersskala. Detta beror på hur berget är uppsprucket och ser man på en större skala kommer många av de sprickor som är vattenförande på liten skala inte ha en utbredning som sträcker sig över hela 100-metersskalan. Tittar man på en svaghetszon kan den effektiva hydrauliska konduktiviteten skilja sig jämfört med den hydrauliska konduktiviteten sett till hela bergmassan. Det förutsätter dock att svaghetszonen i sig har goda vattenförande egenskaper.

Den effektiva hydrauliska konduktiviteten bedöms beskriva den heterogena bergmassans vattenförande förmåga i större skala. Många av de inhämtade mätvärdena är från en liten skala (0–3 meter) och därför skalas mätvärden i mindre skala upp för att gälla även i större skala till exempel för längre sträckor av en tunnel och påverkansområden.

De vattenförlustmätningar som gjorts har fokuserat på att undersöka och identifiera antagna svaghetszoner i berget, vilket medför en överskattning av bergets vattenförande egenskaper inom påverkansområdet. Känslighetsanalyser har utförts och analyserats där K-värden varierats. Vidare har inte vattenförlustmätningarna entydigt visat på att svaghetszonerna har högre genomsläpplighet än omgivande berg. Det är snarare mindre till medelstora enskilda sprickor som bidragit med de största vattenförlusterna, vilket tyder på en hög grad av mineralisering och igensättning av svaghetszonerna. (*PM Beräkningar grundvatten* -kap. 5.1.4, 5.4.4 Samlad bedömning, Påverkansområde och kap 6.1.2 Inläckage)

Med det sagt har ändå svaghetszonerna antagits medföra osäkerheter i hur vattenförande berget i berörda områden är. Sett till grundvattenpåverkan vid enskilda objekt i närheten av identifierade och antagna svaghetszoner ökar osäkerheterna eftersom både de analytiska och numeriska beräkningarna utgår från en homogen bergmassa. Osäkerheter kopplade till svaghetszoner har hanterats genom att ansätta konservativa parametrar vid beräkningarna.

Erfarenhetsmässigt har andra stora infrastrukturprojekt i anläggningskedet uppvisat större inläckage än vad som beräknats, åtminstone gällande de initiala flödena. Därför har konceptuella tolkningar och erfarenhetsmässiga bedömningar använts för att ta höjd för de kvarvarande osäkerheterna vid svaghetszoner. Det har inneburit att påverkansområdet har utökats genom att vara än mer konservativ i bedömningarna utöver att ansätta konservativa parametrar.

Eftersom det kvarstår osäkerheter sett till enskilda objekt ska grundvattennivåer övervakas genom kontroller och uppföljningar under och efter byggtiden för att säkerställa att ingen oförutsedd skada sker.

Bilaga K Fördjupade beskrivningar och förtydliganden av begrepp relaterade till grundvatten

Projektnamn	Skapat av (Trafikverket)	Dokumentdatum
Ostlänken		2023-10-06
Ärendenummer		Sidor
TRV 2023/92087		3(7)
TRV 2023/92088		



Den troligtvis största osäkerheten från de numeriska modellerna är påverkan från de grundvattenflöden inom modellområdet som sker vinkelrätt in mot upprättade modellsektioner, och som därmed inte kan fångas upp i de tvådimensionella modellerna. För att ta höjd för vissa av de oväntade eller okända flödena har modellerna generellt satts upp för att hellre överskatta än underskatta inflöden. Dessutom har flertalet modeller en dräneringsrand strax under markytan för att reglera grundvattenytan. Denna rand kompenserar för utflöde ur modellen i vinkel mot sektionen, samt, där så antas finnas, faktisk markdränering.

## Konceptuella tolkningar och erfarenhetsmässiga bedömningar

En första bedömning av påverkansavstånd görs genom analytiska eller numeriska beräkningar. Med begreppet konceptuella tolkningar avses framförallt justering av de beräknade påverkansavstånden görs med hänsyn till hydrauliska ränder (fasta grundvattendelare, och topografiska nivåskillnader, strukturgeologi, förekomst av större grundvattenmagasin eller ytvatten, etc.) som styr grundvattenpåverkans utbredning, men som tillämpade beräkningsmodeller inte kan ta hänsyn till.

Erfarenhetsmässiga bedömningar handlar till exempel om vad som beskrivits i rubriken ovan, om tidigare praktisk erfarenhet av liknande stora infrastrukturprojekt, där målet har varit att ge konservativa och inte för optimistiska bedömningar. Det kan även krävas en rimlighetsbedömning, exempelvis för de fall där resultat från numeriska och analytiska beräkningar anmärkningsvärt skiljer sig åt (se t ex Bilaga D.2.3 PM *Beräkningar grundvatten* kap. kapitel 5.2.4 Samlad bedömning).

De fall där det beräknade påverkansområdets utbredning har minskats handlar det uteslutande om att konceptuella tolkningar har gjorts och påverkansområdet avgränsats utifrån grundvattendelare, nivåskillnader eller i några fall där närheten till en positiv rand som till exempel en större sjö då dessa naturförutsättningar medför att påverkansområdet begränsas och medför att ingen risk för påverkan föreligger på andra sidan dessa gränser. I de fall det funnits ett riskexponerat objekt utanför det beräknade påverkansavståndet men påverkan inte helt kan uteslutas har objektet fått styra utbredningen av påverkansområdet så att objektet hamnat innanför bedömd påverkan (se t ex Bilaga D.2.3 PM *Beräkningar grundvatten* kap. 5.2.4 Samlad bedömning).

Osäkerheter kopplat till grundvattenflödet i de tvådimensionella modellerna har medfört stora skillnader i skattningen av påverkansavstånd mellan analytiska och numeriska modeller. För några sektioner för Tullgarnstunneln är påverkansavståndet upp till 6 gånger större för de numeriska modellerna. Vid läget för dessa tvådimensionella modeller har konceptuella tolkningar och erfarenhetsmässiga bedömningar varit av särskild vikt för att hitta ett konservativt men rimligt påverkansavstånd.

## Bedömningar om påverkan på enskilda objekt och gjorda antaganden

### Byggnader och anläggningar

Byggnader och anläggningar som är belägna på sättningskänslig mark inom påverkansområdet för vattenverksamheten kallas riskexponerade objekt och kan riskera att påverkas av grundvattensänkning som uppkommer vid byggande och drift av Ostlänken. Hur känslig en byggnad eller anläggning är för påverkan från markrörelser i form av sättningar har bedömts utifrån dess grundläggning, placering, geologi på platsen, undergrund och mäktighet av lösa

Projektnamn	Skapat av (Trafikverket)	Dokumentdatum
Ostlänken		2023-10-06
Ärendenummer		Sidor
TRV 2023/92087		4(7)
TRV 2023/92088		



jordlager, storleken på grundvattensänkningen samt de total- och differentialsättningar som bedöms kunna tillåtas utan risk för att skador uppstår.

Bilaga K.3 *PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning* med bilagor, beskriver de geotekniska förhållandena och grundläggningen av befintliga byggnader och anläggningar som kan komma att påverkas av grundvattensänkningar i bygg- och driftskedet. I avsnitt 4 i *PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning* beskrivs vilken metod, vilka utredningar och vilka antaganden som gjorts vid bedömning av påverkan på byggnader och anläggningar från vattenverksamheten.

Som en del i metoden vid bedömning av påverkan har översiktliga sättningsberäkningar utförts för byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning för att bedöma storleken på en eventuell sättningsberäkning. I de fall där en skadlig sättningsberäkning har räknats fram för en byggnad eller anläggning har ytterligare beräkningar utförts. Sättningsberäkningar har utförts med beräkningsprogrammet Geosuite Settlement, se bilaga till K.3 *Sättningsberäkningar till PM byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning*.

Slutsatser av de utredningar samt beräkningar som utförts för riskexponerade objekt redovisas i avsnitt 7 i *PM byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning*.

Osäkerheter i bedömningar och beräkningar går att läsa om i huvuddokumentet *PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning* samt i tillhörande bilaga *Sättningsberäkningar*.

## Brunnar

Påverkan på de bedömda enskilda brunnarna, både energibrunnar och dricksvattenbrunnar, har främst bedömts genom analytiska beräkningar. Inom områden där numeriska modeller tagits fram har även stöd av dessa använts i bedömningen.

För djupa bergborrade energi- och dricksvattenbrunnar är det endast vid planerade bergtunnlar som risk för betydande påverkan föreligger, så länge inte brunnen ligger i direkt närhet och riskerar att påverkas av injektering i berg.

Grävda dricksvattenbrunnar är generellt grunda med ett begränsat vattendjup, vilket medför att redan vid en relativt moderat avsänkning av grundvattenytan riskerar dessa att tidvis förlora kapacitet eller torka ut. Utöver den analytiska beräkningen tillkommer därför en beräkning/bedömning av kapacitetsförlust för brunnen för att avgöra om brunnen även i fortsättningen kan tillgodose sitt syfte. För stöd i bedömning av kapacitetsförluster på grund av en sänkt grundvattenyta har Thiems brunnsekvation använts (Thiem 1906). Eftersom de grävda brunnarna är känsliga och det kan handla om decimeteravsänkningar som gör skillnad är det viktigt att följa upp detta i kontrollprogram för grundvatten. För beräkningar och antaganden se Bilaga D.2.3 *PM Beräkningar grundvatten* kap. 4.1 Numeriska beräkningar och kap. 4.2 Analytiska beräkningar. För osäkerheter se bilaga D.2.3 *PM Beräkningar grundvatten* kap. 5 och kap. 6.

Följande generella antaganden har gjorts vid analytiska beräkningar för bedömning av påverkan på brunnar:

Bilaga K Fördjupade beskrivningar och förtydliganden av begrepp relaterade till grundvatten

Projektnamn	Skapat av (Trafikverket)	Dokumentdatum
Ostlänken		2023-10-06
Ärendenummer		Sidor
TRV 2023/92087		5(7)
TRV 2023/92088		



- Grundvattenbildning (P) är en av de ingående parametrarna vid beräkning av påverkansområden. Beräkningsmetoderna och påverkansområdets utbredning baseras på en balans mellan grundvattenbortledning/inflöde (Q) och grundvattenbildning inom området. Förenklat innebär det att när dessa två tar ut varandra erhålls påverkansområdets utbredning. Ansatt värde avseende grundvattenbildning är således styrande av påverkansområdets utbredning.
- Grundvattenbildning till morän och grovt material i området kan enligt Rodhe et al. (2006) antas variera mellan 150–225 mm/år (morän) respektive 225–300 mm/år (grovt material). I utförda beräkningar för öppna magasinsförhållanden har en grundvattenbildning till friktionsjord/morän ansatts till 200 mm/år. Sett till spannet i stort är siffran är relativt lågt ansatt i syfte att beakta lokala avvikelser och därmed inte riskera att underskatta påverkansområdets utbredning. Sett till spannet för enbart morän är antaget värde i den högre delen av intervallat med hänsyn till att grundvattenbildningen kan förväntas öka under störda förhållanden.
- Grundvattenbildningen till det undre grundvattenmagasinet (morän/friktionsjord) genom finkorniga jordarter, såsom silt och lera, har i utförda beräkningar för slutna magasinsförhållanden antagits till 50 mm/år. Värdet är relativt högt ansatt i jämförelse med litteraturvärden (infiltrationskoefficienten för lera är ca 0,11-0,16 enligt SGU, 2017 och von Brömssen, 1968 vilket ger en grundvattenbildning kring 20-30 mm/år). Värdet är valt mot bakgrund av att planerad grundvattenbortledning i områden med slutna magasinsförhållanden generellt är belägna i nära anslutning till randområden med större grundvattenbildning, som därigenom kan komma magasinet till godo. Vidare kan det förväntas att grundvattenbildningen ökar vid störda förhållanden.
- Grundvattenbildning till berg, liksom till jord, beror på vad plats- och tidsspecifika mark- och grundvattenförhållanden möjliggör. Sveriges geologiska undersökning har inte funnit något stöd i litteraturen för att bildning av berggrundvatten under ostörda förhållanden skulle vara större än 50 mm/år (SGU, 2017). Grundvattenbildning vid störda förhållanden har i utförda beräkningar utifrån detta konservativt antagits till 50 mm/år.
- I de fall grundvattensänkning sker i både jord och berg, exempelvis där järnvägen går i skärning, antas en del av grundvattenbildningen till jord övergå till grundvattenbildning till berg. Grundvattenbildning till jord (friktionsjord) ansätts i de fallen till 150 mm/år och grundvattenbildning till berg 50 mm/år.
- Hydraulisk konduktivitet (K) har ansatts utifrån utförda hydrogeologiska undersökningar/analyser i kombination med en bedömning utifrån förekommande jordart/berg. Värdet har valts konservativt i syfte att inte underskatta påverkansområdets utbredning. Hydraulisk konduktivitet är generellt i beräkningarna satt till  $1 \times 10^{-6}$  -  $1 \times 10^{-5}$  m/s för morän och friktionsjord,  $1 \times 10^{-8}$  -  $1 \times 10^{-9}$  m/s för silt och lera och  $1 \times 10^{-7}$  -  $6 \times 10^{-8}$  m/s för berg.
- Grundvattennivåer är valda utifrån utförda observationer i området, alternativt konservativt bedömda utifrån mätdata från närliggande grundvattenrör och marktopografiska förutsättningar i de fall observationspunkter saknas i området. Det senare innebär att ansatta opåverkade grundvattennivåer i beräkningar generellt kan vara överskattade (högre än i verkligheten), men tillvägagångssättet är valt utifrån att inte underskatta påverkansområdets utbredning.

Projektnamn	Skapat av (Trafikverket)	Dokumentdatum
Ostlänken		2023-10-06
Ärendenummer		Sidor
TRV 2023/92087		6(7)
TRV 2023/92088		



- Grundvattenmagasinens mäktighet är bedömd utifrån utförda geotekniska undersökningar i eller i anslutning till berörd anläggningsdel.
- Grundvattenmagasinet i aktuell beräkningssektion/punkt har i beräkningar antagits ha oändlig utsträckning i plan, vara homogena och ha konstant mäktighet.

Generella osäkerheter finns i beräkningsmodeller för avsänkningen då modellerna förutsätter homogena och isotropa förhållande i grundvattenmagasinet vilket är en förenkling av den faktiska verkligheten. Kunskapen om grundvattenmagasinet minskar även med avståndet från anläggningen vilket ökar osäkerheten i bedömningen av påverkan vid riskexponerade objekt långt från anläggningen. Många av osäkerheterna i beräkningarna härrör från platsspecifika variationer som till exempel varierande mäktighet på det vattenförande jordlagret, förändrade jordartsförhållanden på avstånd från anläggningen, varierande magasinförhållanden som medför osäkerheter i grundvattenbildningen, bergtrösklar inom grundvattenmagasinet som begränsar grundvattenströmning etc. Sammantaget är dock beräkningarna och bedömningarna utförda konservativt för att ta höjd för osäkerheterna.

En sammanställning över påverkan på brunnar inom sträckan finns i bilaga K.1. Sammanställningen omfattar de brunnar inom sträckan där det har gjorts beräkningar. Dessa brunnar finns redovisade på grundvattenkartan som har tagits fram för att visa avsänkningar i undre magasin vid objekt (bilaga K.2), se nedan.

## Grundvattenpåverkan i plan och berörda fastigheter

En karta har tagits fram där den bedömda avsänkningen av grundvattenytan illustreras vid objekt där beräkningar av avsänkning har gjorts, bilaga K.2, och där även påverkansområdesgränsen som anger gränsen för påverkan i berg eller jord visas (definierat som grundvattenytans avsänkning med 0,3 m både i berg och jord). De bedömda avsänkningar som visas i kartan är från platser där det bedömts finnas behov av beräkningar för stöd i bedömningen av effekt och konsekvens. Det är därför inte alla riskexponerade objekt som visas i kartan och i kartan finns även objekt som inte bedömts vara riskexponerade.

De påverkansavstånd som beräknats längs bergtunnlar avser en avsänkt grundvattenyta. I praktiken kan stora skillnader uppstå mellan avsänkt grundvattenyta i jord/berg och avsänkt trycknivå i djupare berg. Exempelvis kan grundvattnets trycknivå i berg närmst utanför en djupt belägen bergtunnel komma att sänkas av betydligt mer än grundvattenytan uppmätt närmre markytan. Detta under förutsättning att vattenförande sprickor i berg kring tunnelröret dräneras, samtidigt som det finns ett hydrauliskt motstånd för grundvattenflöde på vägen mot det ytligare grundvattensystemet. I redovisat påverkansområde framgår inte sådana skillnader, men vid bedömningar av påverkan på enskilda riskexponerade objekt, såsom bergborrade brunnar, har detta beaktats.

I kartan anges den beräknade eller bedömda avsänkningen med en decimals noggrannhet. Dessa värden är ursprungligen framtagna som ett stöd för bedömningen av effekt och konsekvens och det finns stora osäkerheter kopplade till dessa värden. Många är framtagna med analytiska beräkningar vilket medför begränsningar. Kännedomen om hydrogeologiska förhållandena i områden mellan anläggningen och det riskexponerade objektet är ofta sparsamma. Detta medför att beräkningsresultatet ska användas varsamt och framförallt användas som stöd tillsammans med annan kunskap. Beräkningarna är utförda konservativt och omfattningen av undersökningarna är anpassade till värdet av det riskexponerade objektet och risken för påverkan. Värden är framtagna utan hänsyn till eventuella skyddsåtgärder.

Bilaga K Fördjupade beskrivningar och förtydliganden av begrepp relaterade till grundvatten

Projektnamn

Skapat av  
(Trafikverket)

Dokumentdatum

Ostlänken

2023-10-06

Ärendenummer

Sidor

TRV 2023/92087

7(7)

TRV 2023/92088



I kartan visas även sektioner från de grundvattenmodeller som är gjorda i Seep/W. Sektionernas längd visar beräknat påverkansavstånd från tunneln och värden på sektionen är beräknad av sänkning av grundvattenytan längs sektionen.