

RAPPORT

Tågtunnlarna genom Hallandsås Omgivningspåverkan

Slutrapport Ekologiskt kontrollprogram

2016-06-13



Lyabäcken
Foto: Staffan Andersson

Trafikverket

Trafikverket, Box 366, 201 23 Malmö. Besöksadress: Gibraltargatan 7, 211 18 Malmö.

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Tågtunnlarna genom Hallandsås. Omgivningspåverkan. Slutrapport Ekologiskt kontrollprogram.

Författare: Katinka Klingberg Annertz

Dokumentdatum: 2016-06-13

Kontaktperson: Katinka Klingberg Annertz

Publikationsnummer: 2016:086

ISBN 978-91-7467-973-1

Medverkande

Redaktörer	Karl Holmström, Ekologgruppen i Landskrona AB Olov Holmstrand, Ramböll Katinka Klingberg Annertz, Trafikverket
Hydrologi	Fredrik Björkman, WSP Robert Gass, Sweco Magnus Gynnemo, MG Geokonsult AB
Kartmaterial mm	Ulf Johansson, WSP
Natur	Karl Holmström, Ekologgruppen i Landskrona AB Fältinventeringar och årlig rapportering: Mossor: Per Darell, Alvesta Kärlväxter: Birgitta Nilsson, Knäred Mollusker: Ted von Proschwitz, Naturhistoriska Museet, Göteborg
Vattenkemi	Katinka Klingberg Annertz, Trafikverket
Fisk	Mikael Svensson, MS Naturfakta
Bottenfauna i vattendrag	Karl Holmström, Ekologgruppen i Landskrona AB
Hav	Fredrik Lundgren, Toxicon AB Per Olsson, Toxicon AB
Skog	Stefan Anderson, Skogsstyrelsen
Jordbruk	Marcus Lundmark, Jordbruksverket
Skyddsåtgärder	Magnus Gynnemo, MG Geokonsult AB

Innehåll

SAMMANFATTNING

1. INLEDNING.....	1
2. TÅGTUNNELBYGGET GENOM HALLANDSÅS.....	1
3. EKOLOGISKA KONTROLLPROGRAMMET - BAKGRUND OCH GENOMFÖRANDE	3
4. TUNNELBYGGETS OMGIVNINGSPÅVERKAN	6
4.1 Grundvatten	6
4.2 Vattendrag och andra ytvatten	31
4.3 Natur	46
4.4 Jordbruk	61
4.5 Skog.....	66
4.6 Hav	92
5. SKYDDSÅTGÄRDER	97
5.1 Inledning	97
5.2 Genomförda skyddsåtgärder.....	98
5.3 Resultat och erfarenheter	99
6. SLUTSATSER	100

BILAGOR

- A. Kompletterande beskrivningar
- B. Ekologiska kontrollprogrammets uppbyggnad och omfattning
- C. Kompletterande uppgifter om kontrollprogrammet
- D. Hydrologiska förhållanden och resultat

SAMMANFATTNING

Rapporten sammanfattar de 17 år av undersökningar som utförts inom det ekologiska kontrollprogrammet för att studera miljöpåverkan från tunnelbygget genom Hallandsås.

Vid mitten av 1990-talet ledde det stora vatteninläckaget i de två påbörjade spårtunnlarna bland annat till att brunnar i området sinade. Problemen för fastighetsägare och brukare blev stora och provisoriska lösningar för vattenförsörjningen fick tillgripas. Utsläppet av den giftiga akrylamidbaserade tätningskemikalien Rhoca Gil innebar ytterligare påfrestningar för de boende på åsen och ledde till att tunnelbygget stoppades 1997. I samband med en undersökningsborrning 2003 skedde ett utsläpp av cement och bentonitlera i Lyabäcken och ställde där till med stor skada. Tunnelbygget hade nu fått nationellt rykte som miljökatastrof, karakteriserat av giftspridning, okontrollerad torrläggning och naturförstöring.

Efter omfattande utredningsarbeten och tillståndprocesser återupptogs arbetet 2004 med en ny tunnelborrmaskin för utförande av inklädda tunnlar. Mot bakgrund av tidigare skeenden genomfördes nu omfattande kontroller av miljöpåverkan, utsläpp av vatten och användning av kemiska produkter. Som ett led i omstarten av tunnelbygget hade Banverket också säkerställt dricksvattenförsörjningen inom influensområdet, bland annat genom att bekosta en utbyggnad av Båstads kommuns allmänna dricksvattennät.

Det ekologiska kontrollprogrammet startades 1999 och kom att utgöra en del av projektets egenkontroll fram till och med 2015. Programmet omfattade ett mycket stort antal parametrar och provstationer. De hydrologiska förhållandena följdes genom mätningar av grundvattennivåer, vattenföringar i vattendrag, vattennivåer i dammar och nederbörd. Vattenmiljöernas fisk- och bottenfauna inventerades, liksom kärlväxter, mossor och mollusker i utvalda naturmiljöer. Fortløpande kontroller av jordbruksgrödor gjordes och i skog undersöktes produktion och trädvitalitet. Bottenförhållanden i havet med dess växt- och djurliv studerades i anslutning till rörutlopp för utlett tunnelvatten. Programmet omfattade även förebyggande åtgärder, skyddsåtgärder och återställning av markområden samt gav ett betydelsefullt underlag för skadereglering.

Resultaten visar att grundvattenavsänkningens utsträckning i tiden i många fall varit en avgörande faktor för påverkan på naturförhållandena. Inom vissa områden var grundvattnet avsänkt under många år och där uppstod den tydligaste påverkan på vegetationen. Resultaten visar också att påverkan på grundvatten- och ytvattennivåer var påtaglig i samband med drivningen av det första tunnelröret. När det andra röret byggdes hade byggtekniken utvecklats samtidigt som ett nytt tillstånd medgav tillfälligt större inläckage av vatten. Tillsammans innebar dessa förutsättningar snabbare tunneldrivning samt totalt sett mindre avledd vattenmängd och mindre omgivningspåverkan.

I det korta perspektivet och i små geografiska områden har den grundvattenavsänkning tunnelbygget orsakade inneburit mycket tydliga effekter på vatten och natur. Effekterna var dock tillfälliga och avgränsade till förhållandevis små områden. I vissa mer skyddsvärda områden kunde påverkan begränsas genom skyddsåtgärder, främst genom bevattning av kärr och tillförsel av vatten till bäckar, men även genom att fisk tillfälligt flyttats från bäcksträckor som enligt prognos skulle torka ut.

Tunnelprojektet pågick under drygt 20 år. Under den tiden har mycket hänt i influensområdet som inte har med tunnelbygget att göra. Exempel är almsjuka, kraftiga stormar och ändrad skötsel med varierande och minskad beteshävd. Ett annat exempel är klimatet, där pågående förändring resulterar bland annat i ett mycket brunare vatten i vattendrag i skogslandskapen jämfört med på 1990-talet. Projektet kan ha spelat en roll i detta lokalt, men förändringarna är betydligt mer storskaliga.

Sett i ett längre tidsperspektiv och i lite större geografiska områden har projektet orsakat mycket liten eller obetydlig påverkan. Utsläppen av Rhoca Gil och cement/lera har sanerats omsorgsfullt och idag märks inga spår av händelserna. Grundvattennivåerna har i stort sett återhämtat sig och arbetsområdena är återställda. Undantaget områdena invid tunnelmynningarna och några få och geografiskt mycket små områden är det idag svårt, även för en expert, att se någon påverkan.

1. Inledning

Bygget av tunneln genom Hallandsås påbörjades 1992 men stoppades redan efter några år. Projektet hade sedan starten uppmärksammats för sina tekniska svårigheter, som i sin tur hade orsakat omfattande förseningar och fördyringar. Händelserna som föregick stoppet i oktober 1997 gav tunnelbygget ett ihärdigt katastrofrykte, inte minst ifråga om miljöpåverkan. När det återupptogs 2004 var det med mycket omfattande miljökontroller. En betydande andel utgjordes av det ekologiska kontrollprogrammet (EKP), vilket inleddes 1999 och troligen är unikt för anläggningsprojekt ifråga om omfattning och ambitionsnivå.

Den här rapporten sammanfattar de 17 år av undersökningar som utförts inom det ekologiska kontrollprogrammet för att studera miljöpåverkan från tunnelbygget genom Hallandsås. Programmet har löpt under åren 1999-2015. Syftet är att med utgångspunkt från översiktliga synteser dra slutsatser om vilken påverkan tunnelbygget gav under byggtiden och vilken påverkan de färdiga tunnarna förväntas ge långsiktigt under den nu påbörjade drifttiden.

Det ekologiska kontrollprogrammet har varit avgränsat till undersökningar av yt- och grundvatten samt olika typer av kontroller av naturområden, skogar och jordbruksmark. Påverkan genom andra miljöaspekter än ekologiska som buller, vibrationer, utsläpp i luft, arbetsmiljö mm behandlas inte.

Underlaget är mycket omfattande. Fullständiga redovisningar av genomfört arbete finns i årsrapporterna för det ekologiska kontrollprogrammet. Allmänna miljöbeskrivningar och bedömningar finns i Banverkets miljökonsekvensbeskrivningar 2000 och 2010.

I bilagorna beskrivs kortfattat undersökningarnas omfattning och tillämpade metoder uppdelat i undersökningsmoment på samma sätt som under genomförandet.

2. Tågtunnelbygget genom Hallandsås

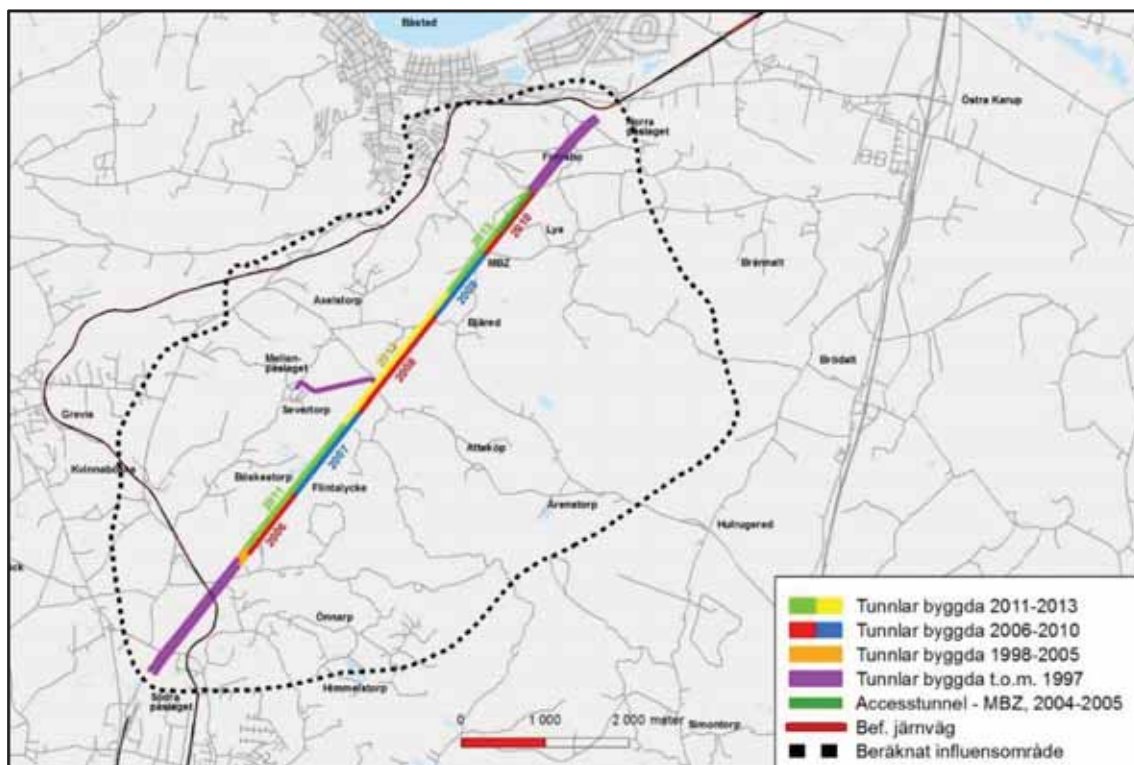
Tunnelbygget genom Hallandsås är en del av åtgärderna för att förbättra kapaciteten för järnvägstransporter på Väst kustbanan och bidra till minskad miljöpåverkan av landsvägstrafik. Dubbelspår i tunnlar genom Hallandsås ökar transportkapaciteten avsevärt jämfört med det ursprungliga enkelspåret över åsen. Även sett i större skala, i första hand förbindelserna Oslo-Köpenhamn och vidare söderut i Europa, bidrar projektet till hållbara transporter. Från senare delen av 1900-talet har även klimatfrågan medfört allt starkare önskemål om överföring av transporter från landsväg till järnväg för att minska utsläppen av växthusgaser.

Hallandsås är inte en grusås utan en horst, ett upplyft bergparti, vars berggrund huvudsakligen består av gnejs med inslag av amfibolit och diabas. Berggrunden har under tidens gång varit utsatt för omfattande förkastningsrörelser, vilket har orsakat påtagligt varierande bergkvalitet med omväxlande täta och mycket vattenförande partier. Generellt är berggrunden i Hallandsås mera uppsprucken och därmed även mera vattengenomsläpplig än genomsnittligt urberg i Sverige.

Byggandet startade 1992. Den första borrar maskinen Hallborr skulle borra tunnlar utan inklädnad med start i norr, men misslyckades nästan omgående. Istället påbörjades konventionell drivning med borrar och sprängning både från norr och söder. För att påskynda drivningen etablerades dessutom med början 1996 ett mellanpåslag mitt på åsen.

Tunnelbygget orsakade under åren 1995-1997 kraftig avsänkning av grundvattennivån till följd av stort inläckage av grundvatten i de tunneldelar som hade utförts fram till hösten 1997. Största

grundvattensänkningen i berggrunden, ca 100 meter, konstaterades vid de norra tunnlarna. Utsläppet av den giftiga akrylamidbaserade tätningskemikalien Rhoca Gil gjorde att tunnelbygget stoppades i början av oktober 1997.



Figur 1. Tunnelbyggets fortskridande fram till fullbordandet av huvudtunnlarna 2013.

Skeendet fram till att arbetet avbröts gjorde att tunnelbygget fick nationellt rykte som miljökatastrof, karakteriserat av giftspridning, okontrollerad torrläggning och naturförstöring. I verkligheten var emellertid natur- och miljöpåverkan begränsad och som det skulle visa sig huvudsakligen övergående. Projektet hade däremot påtagliga tekniska problem i genomförandet, vilket medförde felbedömningar, kostnadsökningar och kraftig försening.

I mitten av 1990-talet ledde det stora inläckaget i de utsprängda tunneldelarna till stora avsänkningar av grundvatten i både jord och berg. En direkt konsekvens var att brunnar i influensområdet sinade, vilket var ett stort problem eftersom många av de boende i influensområdet hade sin vattenförsörjning från enskilda brunnar. Brunnarna var oftast grävda. Banverket erbjöd de boende nya, djupare brunnar och reningsanläggningar. I några fall uppkom dock kvalitetsproblem med vattnet, särskilt hos mjölkbönder och andra storförbrukare.

Som ett led i omstarten av tunnelbygget 2002 bekostade Banverket en utbyggnad av Båstads kommuns allmänna dricksvattennät för försörjning av 265 fastigheter inom influensområdet. Vid tre fastigheter har vattenförsörjningen istället säkerställts genom att anlägga nya enskilda vattenförsörjningsanläggningar i form av borrhälsbrunnar med tillhörande teknisk utrustning.

Den allvarligaste incidenten, efter händelserna med Rhoca Gil 1997 var utsläppet av cement och bentonitlera till Lyabäcken 2003 i samband med undersökningsborrning vid Möllebackszonen.

Efter omfattande utredningsarbeten och tillståndprocesser återupptogs arbetet 2004. Mot bakgrund av tidigare skeenden var det nu med betydligt mera omfattande kontroller gällande miljöpåverkan, utsläpp av vatten och inte minst användningen av kemiska produkter. Den nya tunnelbormmaskinen (TBM) Åsa startade drivningen av inklädda tunnlar från söder i det östra tunnelröret i slutet av 2005. Då arbetet med tunnelbygget drog ut på tiden och tillståndet för bygget höll på löpa ut behövde projektet ansöka om ett nytt tillstånd. Ett sådant erhöles 2011.

Det nya tillståndet medgav tillfälligt större inläckage av vatten vid tunnelfronten, vilket möjliggjorde snabbare byggprocess och totalt sett mindre och kortvarigare grundvattenpåverkan. Trots många svårigheter och incidenter under byggperioden kunde slutförandet av tunnelbygget genomföras på ett framgångsrikt sätt, med genombrott för det västra tunnelröret 2013. Byggnation av tvärtunnlar och övrigt tunnelarbete avslutades under 2014. Tågtrafiken genom tunnarna startade i december 2015.

Utöver den omgivningspåverkan som tunnelbygget orsakat genom grundvattensänkning har utsläpp av renat tunnelvatten skett till Vadbäcken i söder, till Vadbäcken från Mellanpåslaget och till Stensån i norr. Under åren 2004-2014 har vatten från de södra och norra tunnelmynningarna i huvudsak avletts via rör till Skälderviken respektive Laholmsbukten. Mellanpåslaget stängdes och återfylldes 2012.

3. Ekologiska kontrollprogrammet - bakgrund och genomförande

Tunnelsträckningen genom Hallandsås berör områden som generellt har höga eller mycket höga naturvärden. Detta sammanhänger både med mångformighet och mera specifika värden. Vid tunnelbyggets omstart 2005 sammanföll det beräknade influensområdet för grundvattensänkning till stor del med områden av riksintresse för naturvärden och friluftslivet. Vissa delar är dessutom naturreservat och delområden i EUs nätverk för värdefull natur, Natura 2000. De olika värdeklassificeringarna sammanfaller helt eller delvis. Naturförhållandena och det tilltalande, variationsrika landskapet gör att Hallandsås även har stort värde från rekreationssynpunkt. Tunnelbyggets beräknade influensområde berörde även avsevärda områden med aktivt skogs- och jordbruk.

Den del av Hallandsås som berörs av tunnelsträckningen upptas av ett mestadels småskaligt mosaiklandskap, påtagligt präglad av långvarigt brukande. Norra och södra delen domineras av öppen odlingsmark. Mellersta delen, framför allt öster om tunnelsträckningen domineras av skog och våtmarker. Bebyggelsen utgörs av spridda lantgårdar, enstaka bostadshus och några mindre områden med samlad bebyggelse. Jordbruket är småskaligt och har tidigare karakteriserats av relativt omfattande djurhållning. Men i takt med mindre antal betande djur håller många tidigare betade områden på att växa igen, vilket förändrar områdets karaktär.

Även skogsbruket inom området är huvudsakligen småskaligt. Aktivt skogsbruk avser framför allt gran- och bokskogar. De största sammanhängande skogsområdena finns i södra och centrala delen av området, medan norra delen har ett mer mosaikartat skogslandskap. Relativt stor andel av skogsmarksarealen utgörs av lövsumpskog, huvudsakligen al, vilken i många fall har höga naturvärden.

När privata brunnar, men även bäckar, källor och dammar sinade befarade de boende att natur, jordbruk och skogsbruk skulle ta allvarlig skada. Det fanns farhågor om utbredd vegetationsdöd och att återställandet av grundvattennivån skulle kunna ta årtionden.

Under tunneldrivningens första period hade en del ekologiska kontroller, undersökningar, utredningar och inventeringar genomförts både inom ramen för projektet och fristående från detta. Egentlig uppföljning av ekologiska effekter hade inte utförts. Som ett första steg till sådan uppföljning utförde Växtekologiska avdelningen, Ekologiska institutionen vid Lunds Universitet en vegetationsinventering sommaren 1997 och redovisade ett första förslag till kontrollprogram.

Mot bakgrund av tunnelbyggets befarade inverkan på naturförhållandena begärde Bjäre Naturskyddsförening, den lokala kretsen av Svenska Naturskyddsföreningen i Båstads kommun, biologisk kompetens i projektet och uppföljning av naturförhållandena. Föreningens bestämda

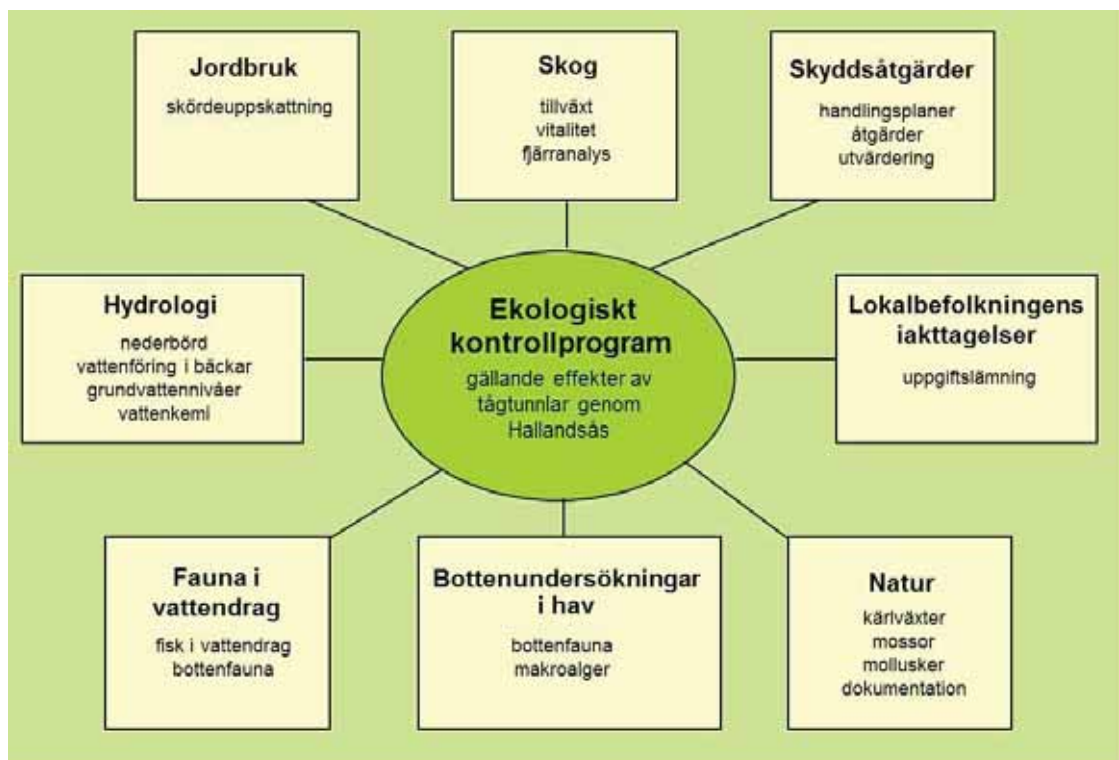
önskemål medförde att Banverket efter ett möte 25 januari 1999 började etablera ett ekologiskt kontrollprogram på Hallandsås.

Det ekologiska kontrollprogrammet pågick till och med 2015 i 17 år. Det utgjorde en del av projektets egenkontroll som ett komplement till övriga kontrollprogram och övervakningsprogram. I programmet ingick även såväl förebyggande åtgärder som skyddsåtgärder och återställning.

Valet av delmoment i undersökningarna gjordes med utgångspunkt från den grundläggande orsakskedjan klimat – hydrologi – naturförhållanden. Nederbördens storlek och fördelning i tiden bestämmer ytvattennivåer, flöden och grundvattennivåer, vilka i sin tur påverkar vegetationens vattentillgång. Referensmätningar i av tunnelbygget opåverkade områden utnyttjades för att avgöra var påverkan av hydrologin har skett. Delmomenten och genomförandet av dessa beskrivs närmare i bilaga B.

- Ekologiska kontrollprogrammet hade enligt programbeskrivningen fyra övergripande syften:
- Ge underlag för att värdera påverkan och eventuella ekologiska skador till följd av hittills genomfört tunnelbygge i Hallandsås.
- Etablera mätningar och observationer för uppföljning och slutsatser om påverkan i samband med fortsatt byggande av tunnarna genom Hallandsås.
- Komplettera kontrollprogram etablerade i anslutning till givna tillstånd för tunnelbygget.
- Ge underlag för åtgärder med syfte att motverka eventuell påverkan av tunnelbygget.

Programmet gav ett oundgängligt underlag för att rättvist värdera och reglera de skador av olika slag som projektet har orsakat.



Figur 2. Delmoment i ekologiska kontrollprogrammet.

Huvuddelen av arbetet inom ekologiska kontrollprogrammet utfördes inom ramen för schemalagda aktiviteter, vilka bestämdes för varje år och huvudsakligen omfattade återkommande mätningar och observationer. Det var av grundläggande betydelse att etablera och upprätthålla långsiktiga mätserier som kunde utnyttjas för att identifiera förändringar och påverkan från tunnelbygget.

Under ekologiska kontrollprogrammets första del fram till 2007 genomfördes vissa år systematiska enkäter med boende i det av tunnelbygget påverkade området. Syftet var att fastighetsägare och boende skulle ges möjlighet att redovisa egna iakttagelser av påverkan på i första hand vatten och vegetation. Iakttagelserna ledde i många fall till besiktningar och värdering av förmodade skador. Tunnelprojektet utvecklade efter hand kontinuerliga markägarkontakter för rapportering av skador.

Inför varje år anpassades de schemalagda aktiviteternas intensitet och omfattning till tunnelbyggets förväntade framdrift och påverkan. Dessutom fanns beredskap för att genomföra extra kontroller i områden där påverkan hade observerats eller förväntats.

Utvärderingen skedde i två steg. I första steget identifierades avvikelser, förändringar eller påverkan för varje delmoment utan hänsyn till orsak. Påverkan identifierades antingen kvantitativt genom jämförelser med referensmätningar eller om detta inte var möjligt med expertbedömningar. I andra steget värderades på motsvarande sätt en förändrings möjliga koppling till tunnelbygget. Utgångspunkt var då frågan om påverkade ekologiska förhållanden var kopplade till konstaterad påverkan på grundvattennivåer, bäckflöden eller kvalitetspåverkan som någorlunda säkert hade orsakats av tunnelbygget.

Ansvariga för genomförandet har under huvuddelen av genomförandet varit representanter för

- Trafikverket
- Miljögranskningsgruppen
- Jordbruksverket
- Skogsstyrelsen
- Ekologgruppen i Landskrona AB
- MS Naturfakta
- Nordvästskånes kustvattenkommitté och Toxicon AB.

Omfattningen och utförandet av kontrollerna beslutades i samråd med en arbetsgrupp med, förutom ovan nämnda, representanter från Bjäre Naturskyddsförening, Båstads kommun och Länsstyrelsen i Skåne län.

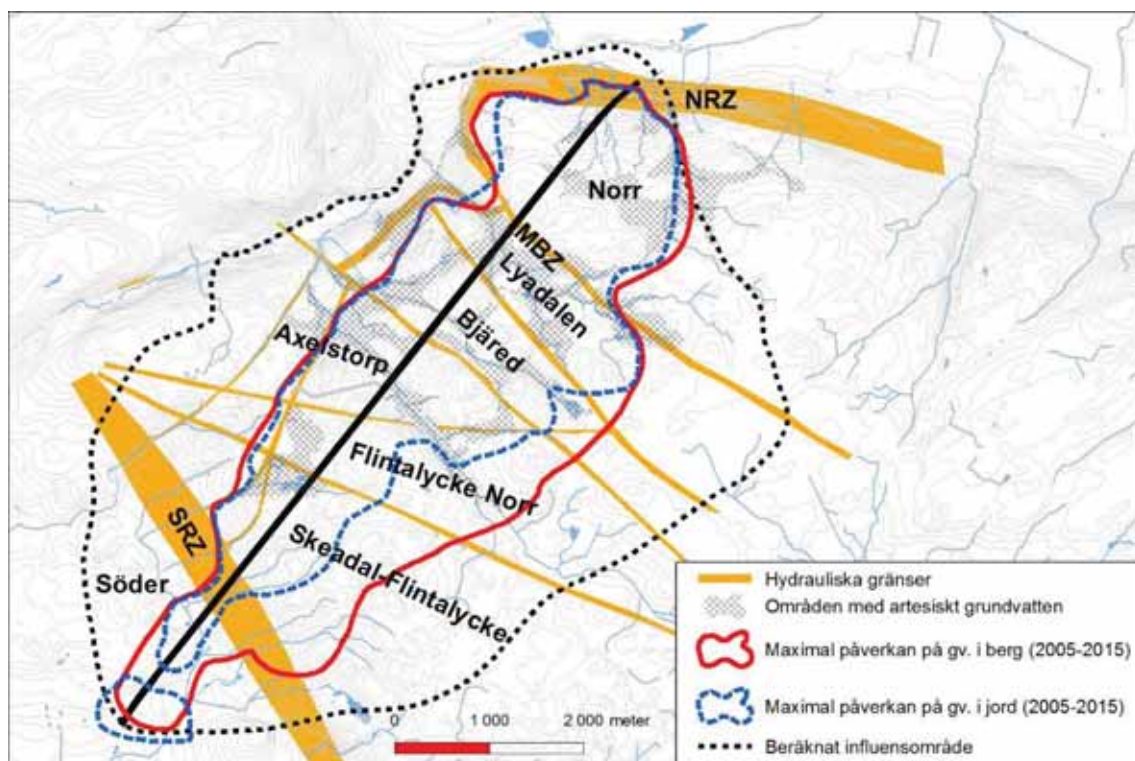
Det ekologiska kontrollprogrammet avslutades 2015. Under drifttiden, d.v.s. från 2016 och framåt, måste Trafikverket enligt krav i gällande miljödomar fortsätta kontrollerna för att följa eventuella skador av grundvattenbortledningen. Dessa kontroller, kallade prøvotidsmätningar, är bestämda för tiden 2016-2019. Jämfört med det kontrollprogram som genomförts under byggtiden är prøvotidsprogrammet betydligt nedbantat avseende undersökningslokaler, provtagningsfrekvens och undersökta parametrar. I prøvotidsprogrammet ingår kontroll av bortlett grundvatten, mätning av grund- och ytvattennivåer, undersökningar av fisk och bottenfauna i vattendrag, kontroll av tillväxt och vitalitet i skog och inventeringar av kärlväxter, mossor och mollusker i naturområden.

4.1 Grundvattennivåer och grundvattenkemi

4.1.1 Karaktärisering av grundvattenmagasin

På Hallandsås har en rad grundvattenmagasin i berg identifierats under byggets gång, figur 3. Dessa begränsas av hydrauliska gränser som utgörs av diabasgångar, vittrade zoner, bergartsgränser och förkastningar. Ett grundvattenmagasin definieras som en del av ett grundvattenområde som är så avgränsat att det kan betraktas som en hydraulisk enhet. I det här fallet betraktas horsten Hallandsås som ett grundvattenområde. Områden inom de hydrauliska gränserna i figur 3 betraktas som grundvattenmagasin. Indelningen är dock mycket grov. Varje enskilt grundvattenmagasin i berg har stora variationer inom det egna magasinet.

På motsvarande sätt är den kemiska sammansättningen hos berggrundvattnet i grundvattenområdet Hallandsås i stora drag relativt enhetlig. Det finns dock en variation inom det enskilda grundvattenmagasinet men framförallt i hur den vattenkemiska responsen på nivåfluktuationer ser ut. Denna har visat sig enbart vara kopplad till hur den allra närmaste kemiska omgivningen ser ut, som följd av sprick- och bergartsmineral, flödesmönster etc.



Figur 3. Grundvattenmagasin och hydrauliska gränser i berg inom influensområdet. Kartan visar också den största uppmätta utbredningen av påverkansområdet under tiden 2005 till 2015 i både jord- och berggrundvattnet (0,3 meters avsänkning). De rasterade områden visar områden där det förekommer artesiskt grundvatten. Dessa områden förekommer främst inom dalgångar och lågområden.

Förutom grundvattenmagasinen i berg finns det även grundvattenmagasin i jord. Dessa är små och fragmenterade och förekommer i många olika slags jordarter. För enkelhetens skull behandlas grundvattenmagasinen i jord mycket översiktligt och betraktas i beskrivningen som ett osammanhängande, heterogent magasin som innehåller ytligt grundvatten.

De vattenförande egenskaperna inom magasinerna bestäms av bergarterna, sprickigheten och sprickornas egenskaper (öppna, slutna, sammanhängande och sprickmineraler). I jord bestäms de av jordart och porernas egenskaper.

Jordgrundvattnets strömningsriktning följer i stort sett topografen. I högre topografiska lägen är det längre till grundvattenytan i jord och i lågpunkter står grundvattenytan högt. I lägen där grundvattnet trycks upp mot ytan, t.ex. för att berget är nära markytan, bildas källor. På Hallandsås finns en mängd källor, de flesta ganska små och oansenliga, men några är lite större och finare. De flesta mynnar ut i våtmarker. I lågpunkter har jord- och berggrundvattnet ofta kontakt med varandra och samspelar. Grundvattentrycket i berg kan vara högt och stå över markytan (artesiskt grundvatten) och läcka ut i jordmagasinet. Ofta bildas det källor eller försumpningsmarker i sådana topografiska lågpunkter.

Endast berggrundvattnets kemiska sammansättning har övervakats. Helt opåverkade utgångsvärden saknas. Den övergripande grundvattenkemiska sammansättning som iakttagits i Hallandsås överensstämmer dock väl med den som Sveriges geologiska undersökning (SGU) beskriver i regionen sydsvenska höglandet.

Sydsvenska höglandet utgörs av urbergsområden ovanför högsta kustlinjen. Berg- och jordarter är relativt svårvittrade, vilket gör att området har relativt låg motståndskraft mot försurning. Eftersom området ligger ovanför högsta kustlinjen förväntas inte naturligt höga kloridhalter. De västra delarna, som omfattar Hallandsås, var tidigare utsatta för hög deposition av försurande ämnen. Grundvattenmiljön utgörs av kristallin berggrund där berget kan vara blottat eller täckt av jord. Dominerande bergarter i Hallandsås är gnejs med inlagrade skivor/slior av amfibolit, men gångar av amfibolit och diabas förekommer också. Grundvattnet finns i bergets sprickor och grundvattenbildningen sker i sprickorna eller i de överlagrande jordarterna. Miljön består ofta av en mosaik av höjdområden med små jorddjup och jordfyllda sänkor däremellan. Sänkorna kan vara täckta av torv. Grundvattenomsättningen är under opåverkade förhållanden långsam med inflödesområden i höjddpartierna och utflöde i sänkorna. Resultatet blir därför ett vatten med relativt hög alkalinitet och låg järnhalt. På stora djup är ofta järnhalterna högre på grund av reducerande förhållanden. Höga järnhalter kan också orsakas av stora grundvattenuttag då grundvattenbildning från torvområden induceras. (Bedömningsgrunder för grundvatten. SGU-rapport 2013:01.)

En kortfattad beskrivning av hydrogeologin i de tio grundvattenmagasinen ges i bilaga A2.

4.1.2 Kort om programmet

Grundvattennivåerna har mätts under hela projektets gång i både jord och berg. Antalet mätpunkter har hela tiden utökats, vilket dels är ett svar på förändringar i krav på miljökontrollen över tid, och projektets behov av ett tillförlitligt underlag för att kunna beskriva hur grundvattnet påverkats och svarat på olika byggmetoder, t.ex. injekteringar. Kontrollen av grundvattennivåer har visat var påverkan på miljön har skett, i både jord och berg. Mätningarna har också gett svar på frågor om grundvattentryck på tunnelkonstruktionen i driftskedet och hur trycket varierade under byggskedet.

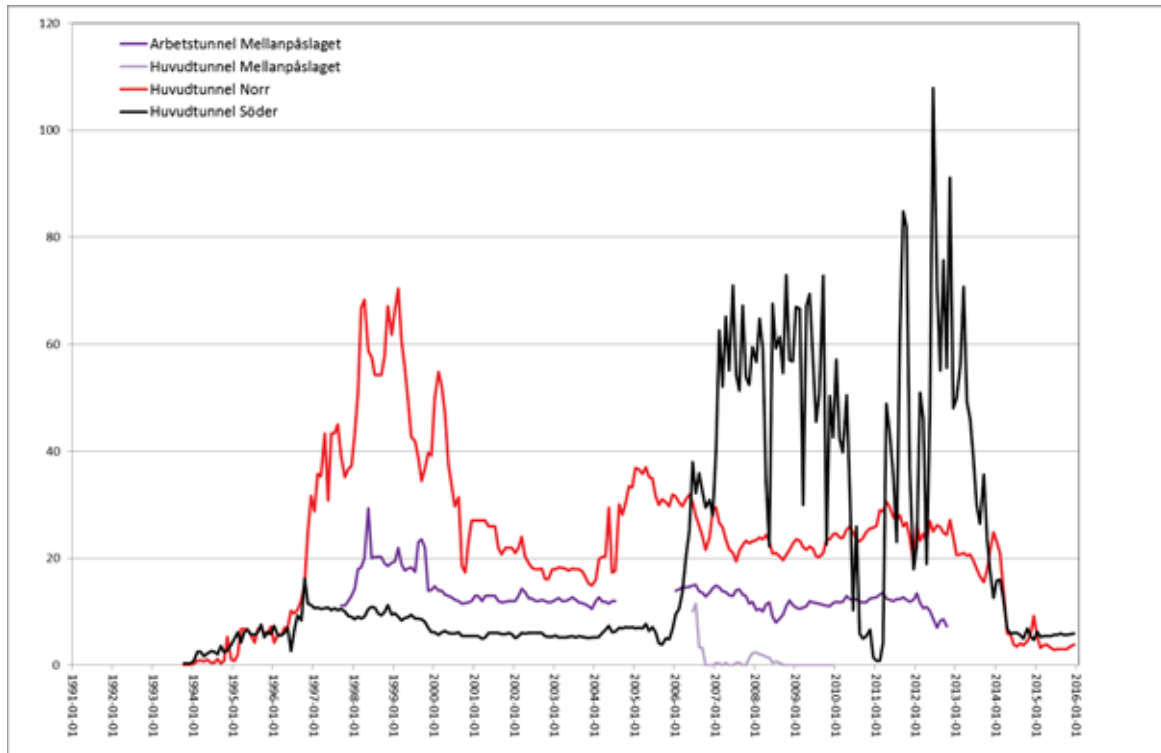
Övervakningen av grundvattennivåer och -kvalitet har använts för att förbereda skyddsåtgärder och för att hantera frågor om dricksvattenförsörjning.

Primärsyftet för övervakningen av grundvattenkvalitet har varit att kontrollera spridning av hälso- och miljöskadliga ämnen från tunneln. Influensområdet är relativt glest befolkat och till största delen täcks av skog eller småskaligt jordbruk och större föroreningskällor från mänsklig verksamhet saknas. I vattnet runt tunneln är halterna av ämnen som kan indikera påverkan av föroreningar från denna mycket låga. Föroreningar från tunneln har inte heller påträffats, men bedömningen är ändå att förekomst av ett sådant ämne skulle ha upptäckts om det förekommit. Ett annat syfte har varit att följa vattenkemiska förändringar som följd av dräneringspåverkan. Där utgör avsaknaden av utgångsvärden en begränsning för möjlighet till tolkning. Analysdata har även använts vid utredning av produktionsrelaterade frågor, som t.ex. rör korrosivitet med hänsyn till material i anläggningen.

Programmets utformning redovisas närmare i bilagorna B3 och B4.

4.1.3 Beskrivning av påverkan

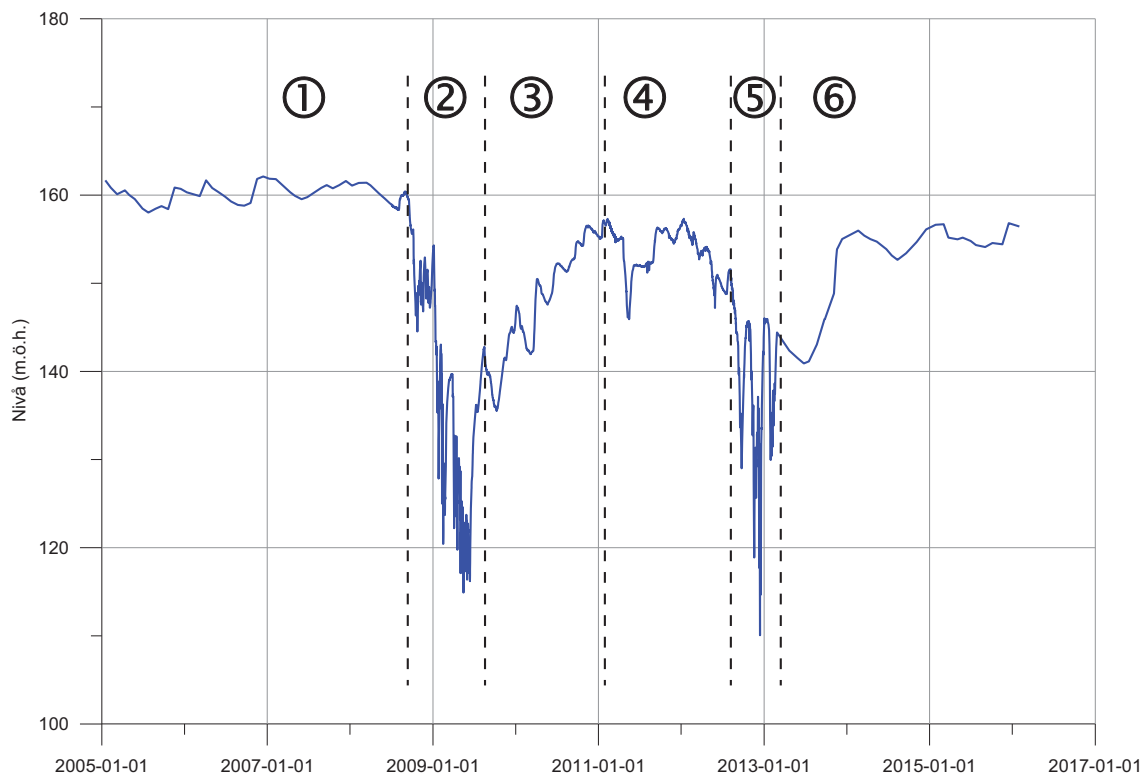
Inläckaget till tunnarna under byggtiden har orsakat en avsänkning av grundvattennivåerna i jord och berg. Inläckagets storlek har varierat med tiden, se figur 4. Efter det att byggarbetena avbröts 1997 ägnades en stor del av tiden åt att sanera berget från rester av ohärdad Rhoca Gil. Detta gjordes genom att aktivt öka inläckaget till tunnarna vid platser där Rhoca Gil använts. Efter saneringen kunde tätningsarbetena återupptas, vilket ledde till att inflödena minskade under 2000-talets första hälft.



Figur 4. Inläckaget till tunnarna 1993 - 2015. För huvudtunnarna redovisas rullande 30-dygnsmedelvärden, för arbetstunneln redovisas dygnsmedelvärden.

När byggandet kom igång igen 2005 användes en tunnelbormaskin (TBM). Den byggde en tät betonginklädnad bakom sig, vilken hindrade inflöde av vatten till tunnarna. Med den byggmetoden fick man en tillfälligt inläckage till tunneln vid den öppna delen av tunnelbormaskinen vilket gav en avsänkning av grundvattennivåerna.

När maskinen arbetade sig framåt från söder mot norr steg grundvattennivåerna bakom maskinen. Detta upprepades två gånger, eftersom maskinen först byggde det östra och därefter det västra tunnelröret. Som ett exempel på hur grundvattennivåerna påverkats visas i figur 5 hur grundvattennivåerna i den bergborrade kontrollbrunnen MK16 i Bjäred påverkas av TBM-passagera och byggandet av tvärtunnlar. Man ser också hur grundvattenpåverkan förändras när TBM rör sig in och ut ur det grundvattenmagasin som kontrollbrunnen befinner sig i.



Figur 5. Exempel på grundvattenpåverkan i berg i den bergborrade brunnen MK16 i Bjäred. **1:** Nivåerna är opåverkade av inläckaget till tunnelarna. **2:** TBM närmar sig brunnen i den östra tunneln och går vid årsskiftet 2008/2009 in i magasinet Bjäred. Grundvattennivåerna reagerar tydligt och snabbt på förändringar i inläckaget till TBM, vilket syns som tydliga toppar och dalar. **3:** TBM passerar ut ur magasinet och återhämtningen börjar. **4:** Byggandet av tvärtunnel sex och uttag av bergkammare sänker av grundvattennivåerna i berg. I slutet av perioden närmar sig TBM återigen brunnen, denna gång i den västra tunneln. **5:** TBM passerar in i magasinet vid den andra passagen. Påverkan är denna gång betydligt kortare än vid första passagen. Avsänkningen är något större, inläckaget var också större (den nya miljödomen tillät nu 150 l/s istället för 100 l/s vid den första passagen som rullande 30-dygnsmedel). **6:** TBM passerar ut ur magasinet Bjäred och nivåerna återhämtas. En viss kvarstående påverkan finns dock, detta beror på tryckutjämning mellan grundvattenmagasinen längs med tunnelns utsida.

Parallellt med andra TBM-tunneln byggdes det tvärtunnlar mellan de två tunnelrören. Generellt sett blev påverkan från byggandet av tvärtunnlarna mycket liten och kortvarig (max ett par månader). Undantaget var i Bjäred och Lyadalen där två tvärtunnlar byggdes när den östra tunneln var klar. Dessa två tvärtunnlar utnyttjades för att bygga två bergkammare i den västra tunneln för att förbehandla det kraftigt vattenförande berget genom injekteringar och därmed underlätta tunnelbormaskinens passage. Påverkan på grundvattennivåerna blev tydlig från dessa två tvärtunnlar och bergkammare.

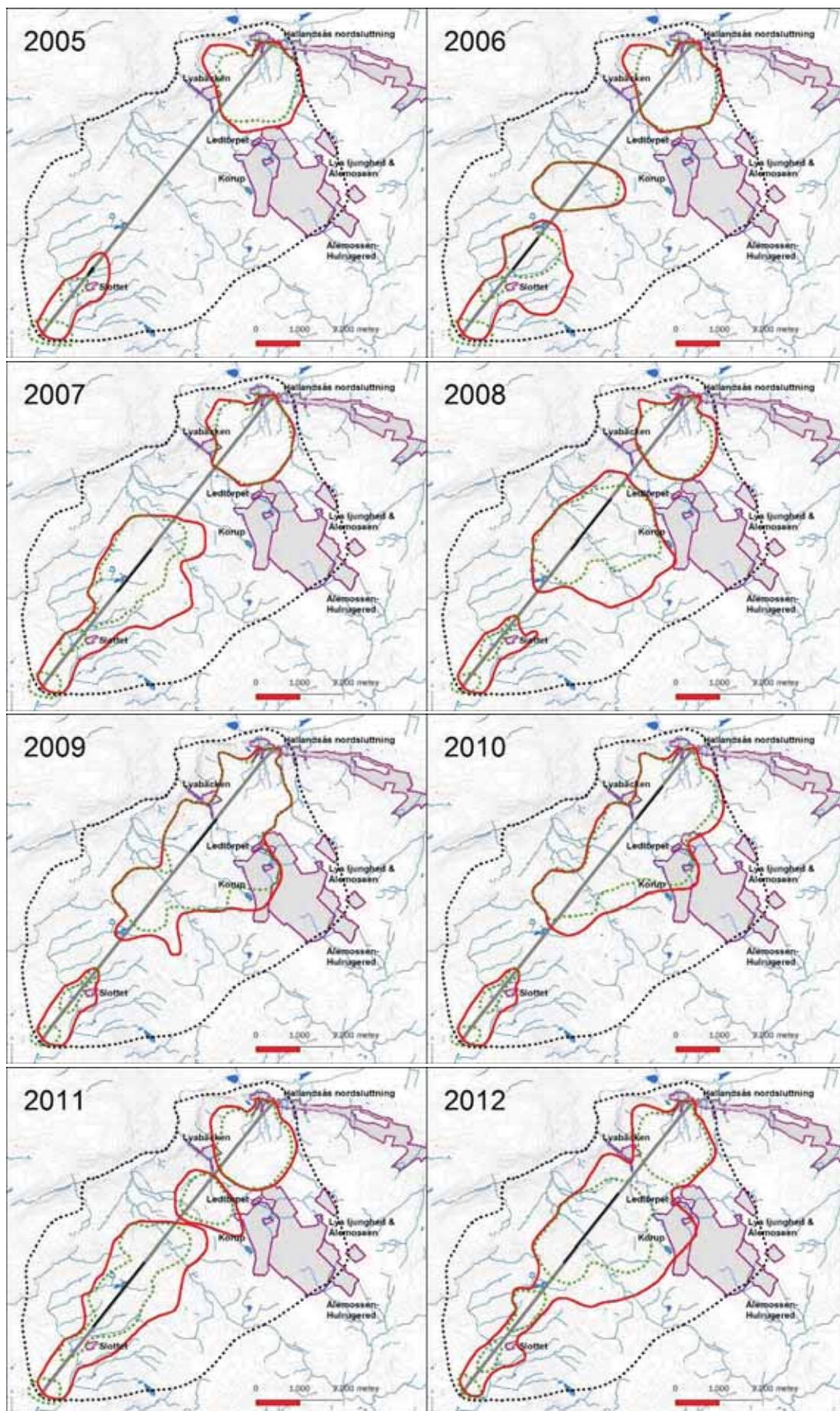
I det här kapitlet beskrivs hur grundvattenpåverkan i jord och berg sett ut i varje magasin under hela byggtiden. Beskrivningen är översiktlig, men tar upp de viktigaste observationerna av påverkan i både jord och berg. Diagram används för att exemplifiera hur påverkans storlek har varierat i magasinet med tiden. Även återhämtningen beskrivs.

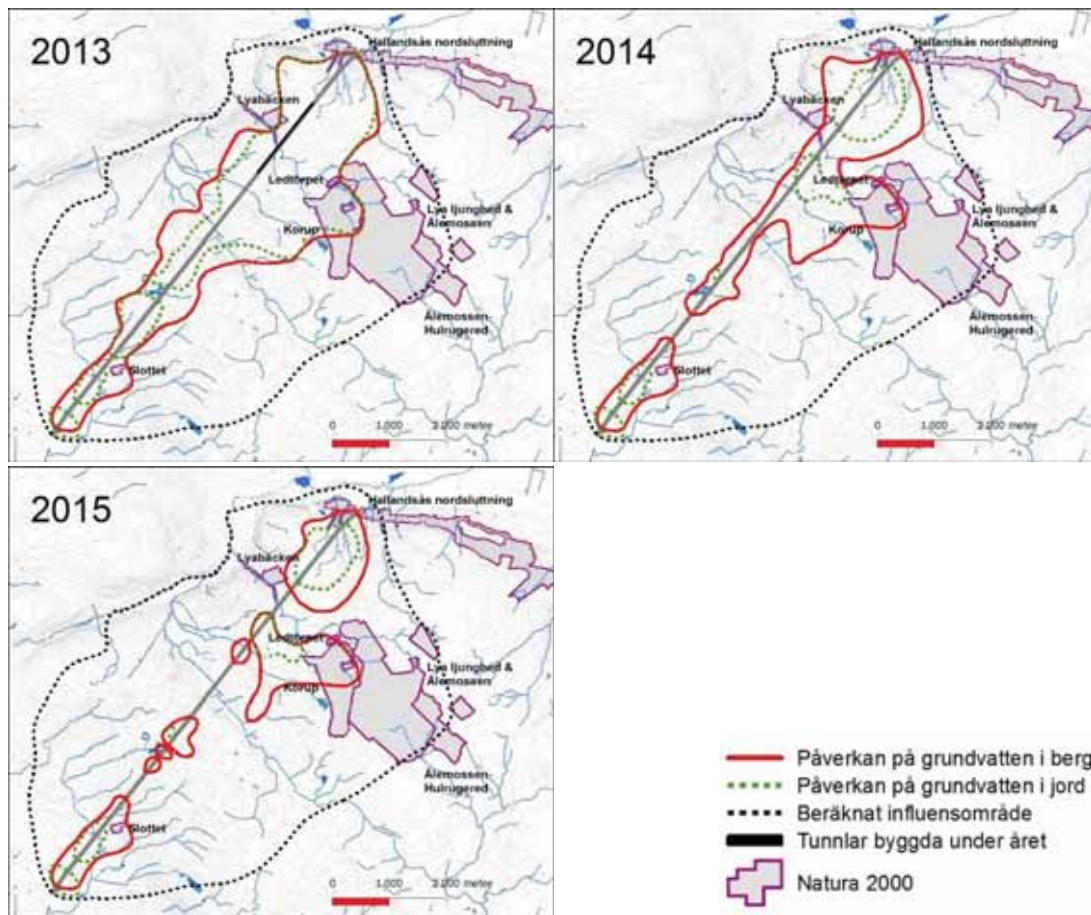
I figur 6 visas på kartor hur utbredningsområdet för grundvattenavsänkningen har varierat år från år, från 2005 till och med 2015. Avsänkningens storlek i berg har varierat kraftigt längs med tunnelsträckningen. Närmst tunneln har avsänkningen uppgått till drygt 100 meter vid TBM-drivningen, under den tid TBM har stått nära. Återhämtningen har skett relativt snart efter att TBM rört sig framåt. Kring mellanpåslaget var avsänkningen cirka 30 meter som mest.

Den avsänkning som visas i kartan för 2015 är liten. Som mest fem meter i Bjäred och på Norr, närmst tunneln. I övriga områden maximalt någon meters avsänkning. Avsänkningen i jord berör endast begränsade områden och där är avsänkningen som mest några decimeter.

Samtliga övervakade brunnar har påverkats vattenkemiskt av grundvattnets nivåfluktuationer. Effekterna har syns som periodvis starkt förändrade halter av vissa ämnen, i förhållande till förmodade halter. Det gäller pH och metaller men framför allt sulfat. Även alkalinitet (HCO_3), oxiderbarhet (COD-Mn), färg och grumlighet har påverkats. Gemensamt för dessa parametrar är att de är känsliga förändringar i vattnets redoxtillstånd, vilket är det som påverkas då grundvattennivåerna fluktuerar.

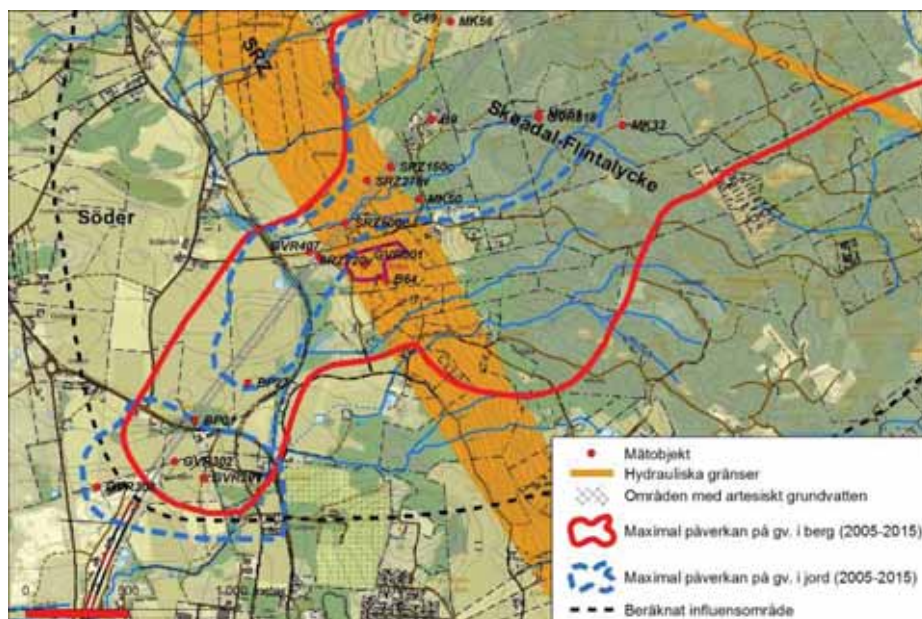
Det finns en stor variation i hur den vattenkemiska responsen på nivåfluktuationer ser ut i detalj. Grundvattnets sammansättning har visat sig enbart vara kopplad till hur den allra närmaste kemiska omgivningen ser ut som följd av sprick- och bergartsmineral, flödesmönster etc.





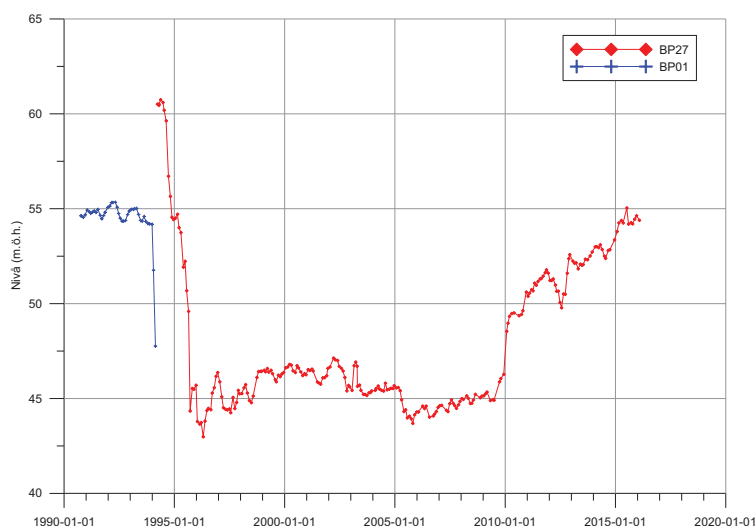
Figur 6. Maximal uppmätt grundvattenpåverkan i berg och jord längs med tunnlar genom Hallandsås under åren 2005 till och med 2015. De röda linjerna markerar områden inom vilka det någon gång under respektive år uppmäts en avsänkning i berg som varit större än 0,3 meter vattenpelare. Gröna linjer markerar områden med påverkan i jord. Svart streckad linje anger projektets beräknade yttre influensområde för grundvattensänkning i berg (0,3 m). Notera att under 2005 och efter 2013 var området kring arbetstunneln inte påverkat eftersom ingen pumpning skedde vid mellanpåslaget.

Söder



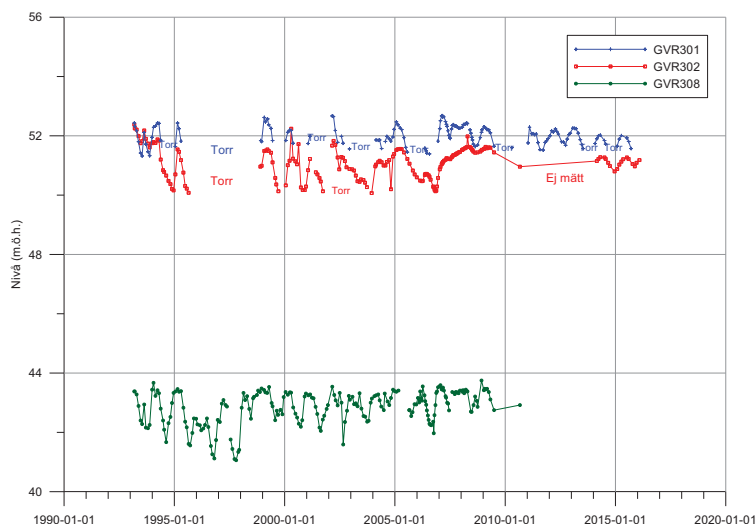
Figur 7. Detaljkarta över magasinet Söder.

Drivningen av tunneln påbörjades under 1993. En skärning byggdes vid den södra tunnelmynningen för att nå berg med bergtäckning så att tunnelarbetena kunde påbörjas. Drivningen skedde med borrhning och sprängning med injekteringar för att minska vatteninläckaget.



Figur 8. Uppmätta grundvattennivåer i berg i Söder. Påverkan startade närmst tunnelmynningen (BP01) i slutet av 1993. Övriga mätpunkter fick avsaknt grundvattennivå efterhand som tunneldrivningen fortskred norrut (BP28 och BP27). Brunnarna ligger nära tunnelinjen. BP01 ligger i tunnelinjen och gjöts igen 1994 för att förhindra uppträngning av injekteringsbruk och därmed upphörde nivåmätningarna i dessa brunnar.

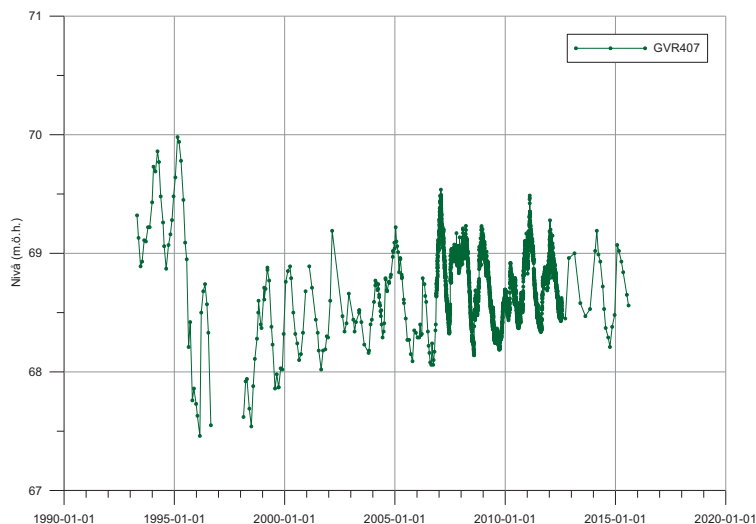
Påverkan på grundvattnet i jord och berg skedde under 1993 och påverkan har funnits i området sedan dess.



Figur 9. Uppmätta grundvattennivåer i jord i jordlagerrör kring det södra tunnelpåslaget.

Påverkan i jord var tydligast kring det södra tunnelpåslaget. Där består området av sand och grus underlagrat av morän. Jordlagren genomsjars när skärningen vid tunnelmynningen grävdes ut. Grundvattnet i jordlagren dränerades ut i skärningen och grundvattennivåerna i jord sjönk. Området har klassats som fortsatt avsänkt, även om områdets utbredning är mindre idag än det var under nittioalet. Detta beror främst på att området kring betongtunnlarna (som är byggda i skärningen) har fyllts upp med jord.

Över bergtunnlarna blev det också en påverkan i jordgrundvattnet. Exemplet i figur 10 visar ett grundvattenrör som står strax söder om södra randzonen, inte så långt från Natura2000-området Slottet. Läs mer om Slottet i avsnittet om södra randzonen.



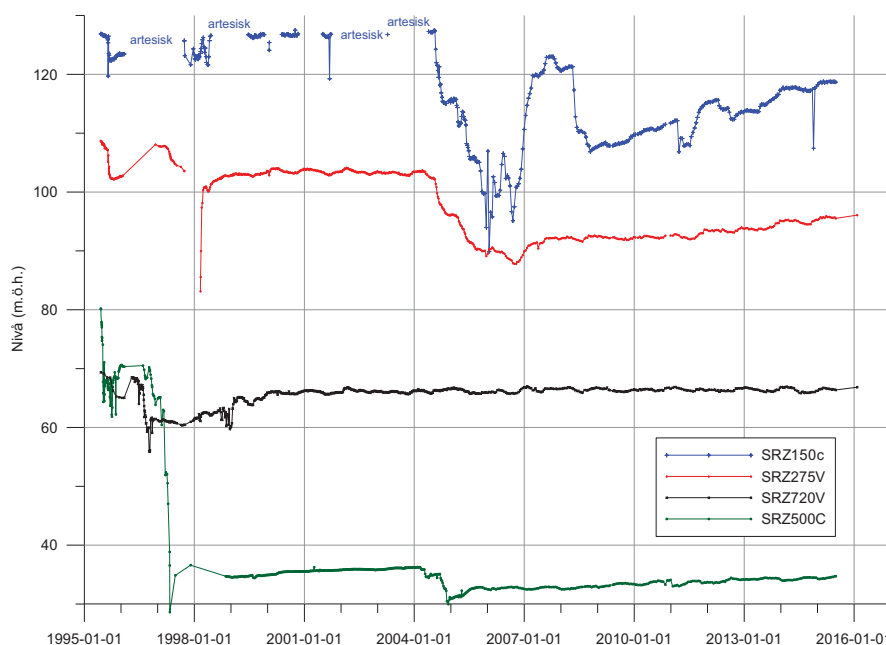
Figur 10. Grundvattennivåer i jordlagerröret GVR407 i magasin Söder. Grundvattennivåerna var tydligt avsänkta från 1995 och har därefter fortsatt att vara påverkade på grund av avsänkta nivåer i berg.

Södra randzonen, SRZ

Området är i de södra delarna var påverkade av tunnelbygget sedan 1995. Området består av lervittrat berg i vilket det finns friskare berg med öppna sprickor som innehåller vatten. Det friskare bergartspartierna är isolerade från varandra och ett inläckage till tunnarna ger därför en stor avsänkning. Återhämtningen är mycket långsam.

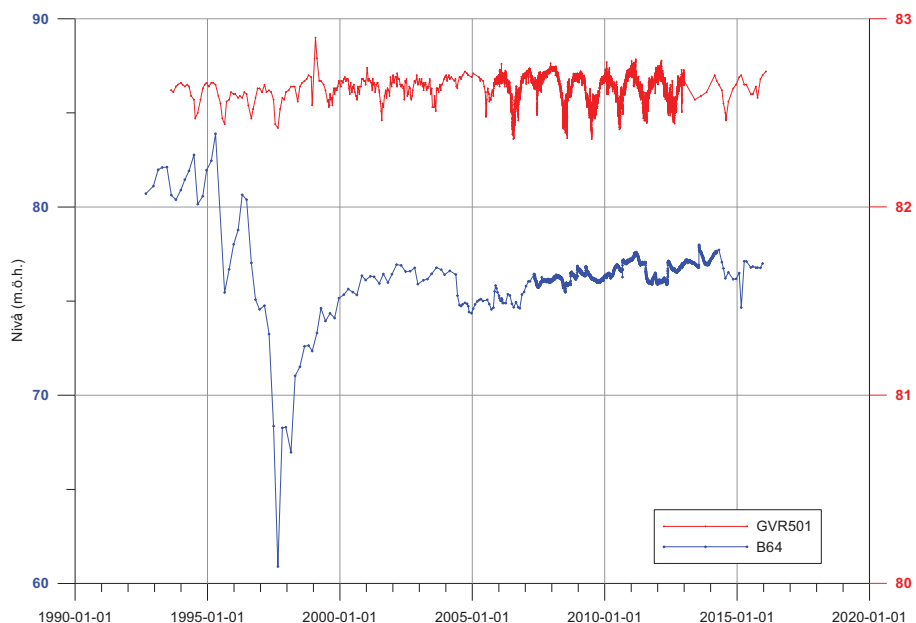
År 2005 byggdes en kammare i den dåvarande tunnelfronten för att möjliggöra montering av TBM och start av tunneldrivningen med den. Inläckaget till kammaren gav en tydlig ökad grundvattenavsänkning i de bergborrade brunnarna, speciellt i SRZ150C som ligger närmst.

I diagrammet i figur 11 ses tydligt när de olika grundvattenbrunnarna i berg påverkas av inläckaget till tunnarna. Återhämtningen är långsam och området är fortsatt påverkat. Det påverkade områdets utbredning är dock relativt liten och tydligt avgränsad.



Figur 11. Uppmätta grundvattennivåer i berg i södra randzonen (SRZ). Avsänkningen är tydligt och återhämtningen mycket långsam.

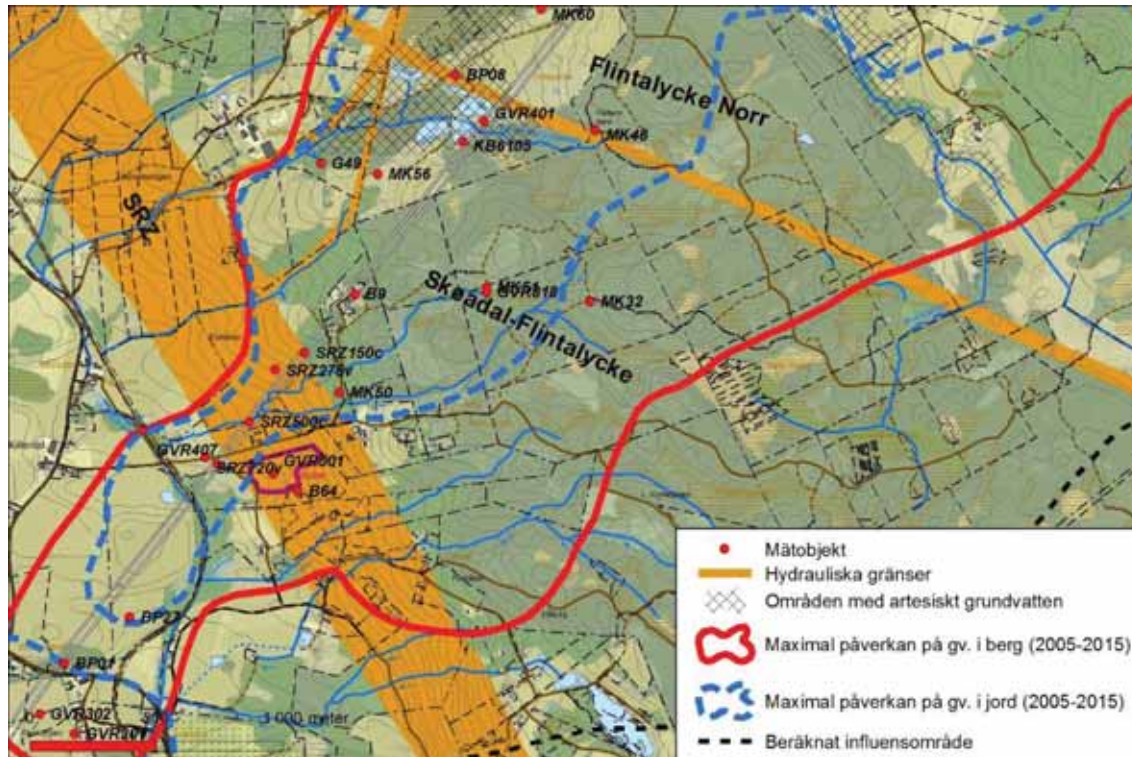
Kontakten mellan jord och berg är generellt dålig, därför att bergets överyta till stor del är vittrat och leromvandlad. Det sker inte någon avsänkning i jord, trots att det finns en avsänkning i berg. I figur 12 ses hur grundvattennivåerna i jord i grundvattenröret GVR501 i N2000-området Slottet är opåverkade, trots stor avsänkning i den närliggande borrade brunnen B64. I områden där berget inte är lika vittrat sker dock en viss avsänkning även i jordlagren.



Figur 12. Uppmätta grundvattennivåer i jordlagerröret GVR501 (höger y-axel) i Natura-2000 området Slottet och den bergborrade brunnen B64 (vänster y-axel), som ligger strax intill Slottet.

I kontrollbrunnen SRZ275v, där provtagning utförts, skedde en snabb avsänkning då bergarbeten påbörjades i närheten. Den följdes av en mycket svag återhämtning i nivå, som fortfarande pågår. De kemiska förändringarna har varit små, kanske för att återhämtningen är så långsam att de kemiska reaktionerna hinner ske parallellt.

Skeadal-Flintalycke

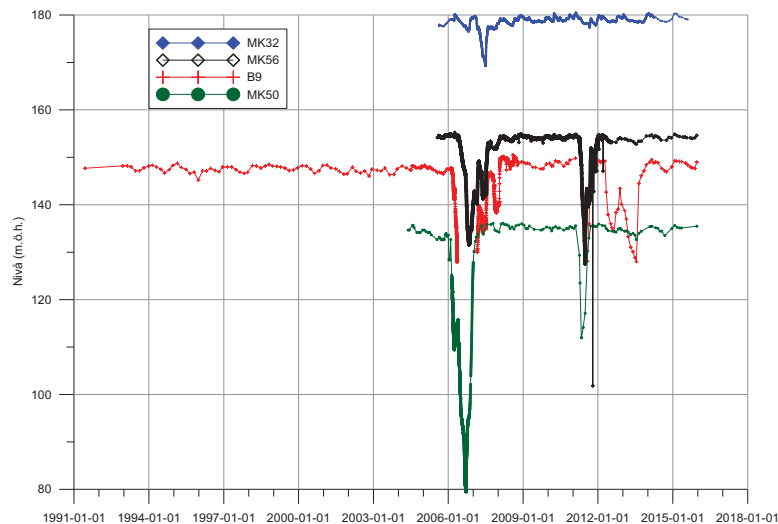


Figur 13. Detaljkarta över magasinet Skeadal-Flintalycke.

Magasinet var påverkat från slutet av 2005 (området kring Skeadal) till våren 2008 vid första TBM-passagen och från våren 2011 till sommaren 2012 av andra TBM-passagen. Dessutom påverkades magasinet av byggandet av tvärtunnlar under 2012 till 2014.

Området kring Skeadal påverkades först, se fig y. Grundvattennivåerna i berg sänktes av nästan 90 meter, men påverkanstiden i den södra delen (Skeadal) var ganska kort vid båda passagen.

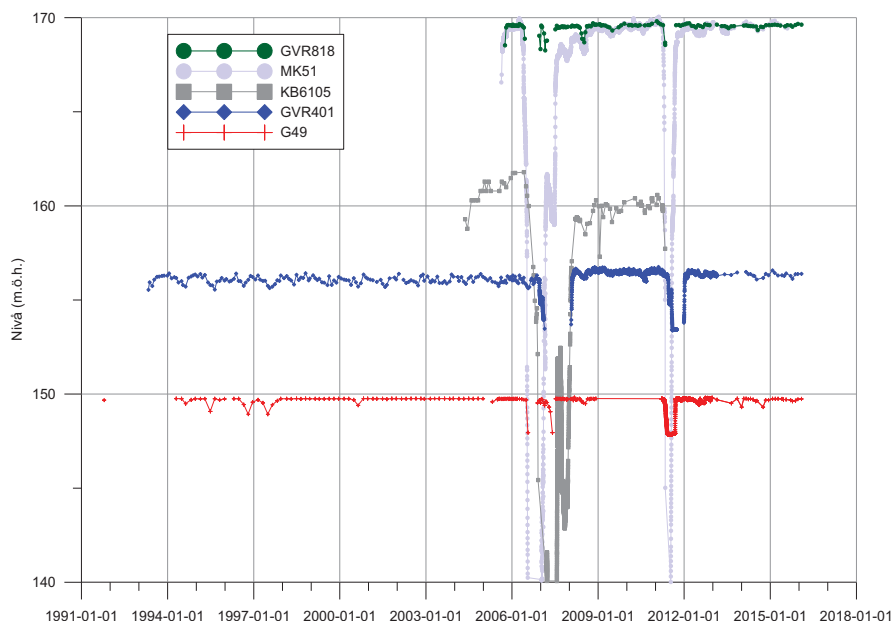
Norrut spreds avsänkningen snabbt, fram till den hydrauliska gränsen (en diabasgång) vid dammarna i Flintalycke, efter att TBM nått en bit norr om området med hus i Skeadal (B9).



Figur 14. Uppmätta grundvattennivåer i bergborrade brunnar i Skeadal-Flintalycke.

I jord blev grundvattensänkningen påtaglig. Området består av flera mindre våtmarker som fyller ut sprickdalar och svaghetszoner i berget och sänkor i jordlagren. De flesta av dessa verkar vara starkt beroende av grundvattennivån i berg. När grundvattnet i berg sänktes av blev våtmarkerna torrare. Det finns inte grundvattenrör och bergborrade brunnar i alla de våtmarker som berördes, men det finns i några. Sambandet ses tydligt i en våtmark cirka 400 meter öster om tunnellen. Här ger avsänkningen av berggrundvattnet i brunnen MK51 en omedelbar avsänkning och uttorkning i grundvattenröret intill, GVR818.

På samma sätt torkade dammarna i Flintalycke och våtmarker ut vid båda TBM-passagera. Grävda brunnar och jordlagerrör påverkades och flera torkade ut.



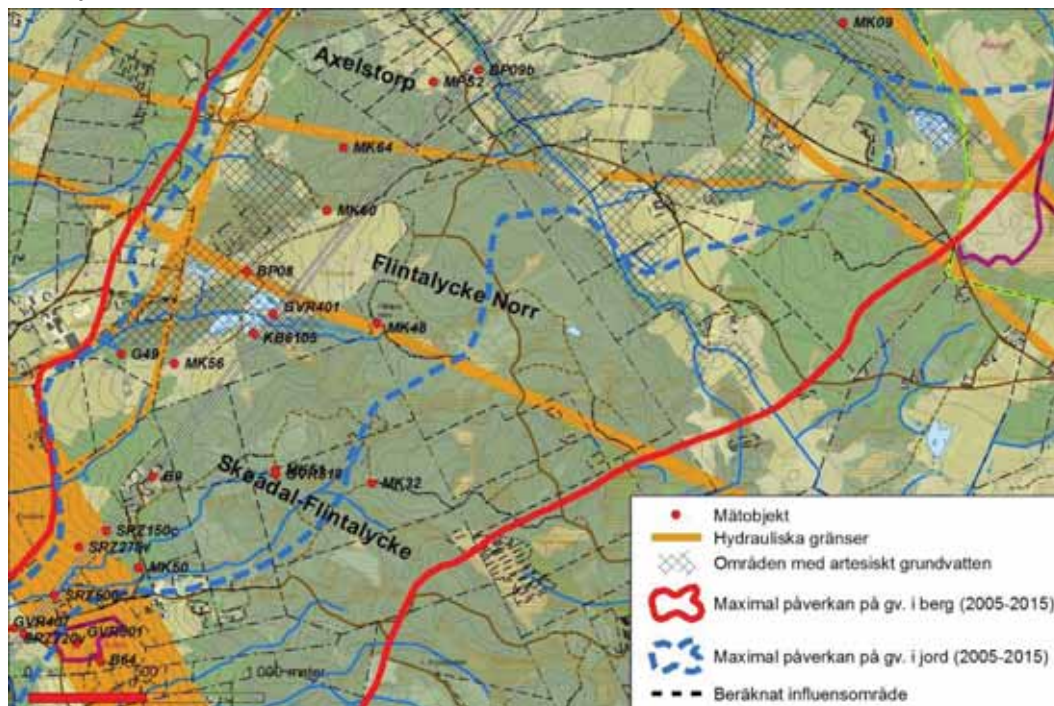
Figur 15. Uppmätta grundvattennivåer i jord i jordlagerröret GVR401 intill dammarna vid Flintalycke, och den grävda brunnen G49 söder om dammarna samt GVR818 i en våtmark sydost om dammarna. Nivåerna i de borrade brunnarna KB6105 och MK51 visar hur nivåerna varierat i berg under samma tid och hur snabbt avsänkningen i berg slår igenom i jord.

Bäckarna inom området påverkades kraftigt och var uttorkade under perioder då det inte regnade. Bäckarna är små och har små avrinningsområden vilket gjorde dem känsliga för avsänkning av grundvatten i berg och jord. När det inte regnade var grundvattenmagasinen i jord torra, eller kraftigt avsänkta, så att de inte kunde upprätthålla ett basflöde i vattenfåran. Våtmarkerna, som fungerar som ytvattenmagasin, kunde inte heller tillföra något vatten, eftersom de var dränerade.

Efter att TBM lämnat magasinet påbörjades återhämtningen. Tidigast återhämtades nivåerna i Skeadal (redan innan TBM gick in i diabasen vid Flintalycke). Nivåer och flöden i dammar och bäckar återställdes helt. Våtmarker som varit påverkade blev åter blöta.

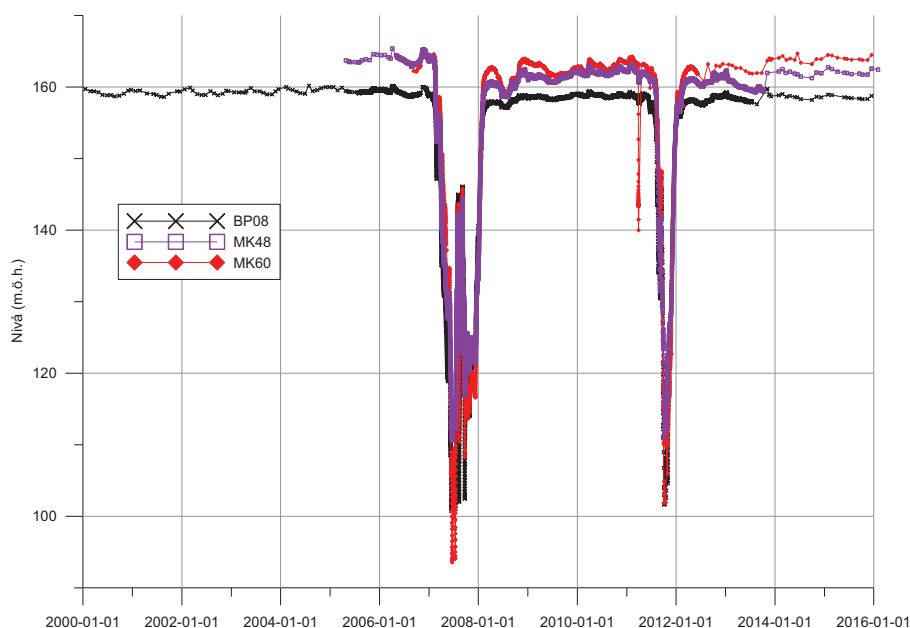
En kontrollbrunn övervakades i Skeadal – Flintalycke. MK56 är borrade i gnejs, vilket innebär en relativt inert kemisk omgivning, något som återspeglar sig i grundvattenkemin.

Flintalycke Norr



Figur 16. Detaljbild av magasinet Flintalycke Norr.

Arbetstunneln till mellanpåslaget och påslaget självt har orsakat ett inläckage sedan 1996 och påverkat grundvattennivåerna i magasinet och i det angränsande magasinet Axelstorp. Mellan december 2004 (pumparna stoppades sommaren 2004) och januari 2006 var mellanpåslaget och arbetstunneln uppfyllt med vatten. Läns pumpningen var avstängd och grundvattenmagasinen var inte påverkade av något inläckage till tunnelarna. Pumpningen startade igen i januari 2006.



Figur 17. Uppmätta grundvattennivåer i berg i bergborrade brunnar i magasinet Flintalycke Norr. Brunnarna var påverkade av båda TBM-passagera. En viss påverkan kvarstår i MK48, de övriga brunnarna är helt återhämtade.

Både arbetstunneln och mellanpåslaget ligger i magasinet Axelstorp, men Flintalycke Norr har varit påverkat i delarna som ligger närmst arbetstunneln och mellanpåslaget.

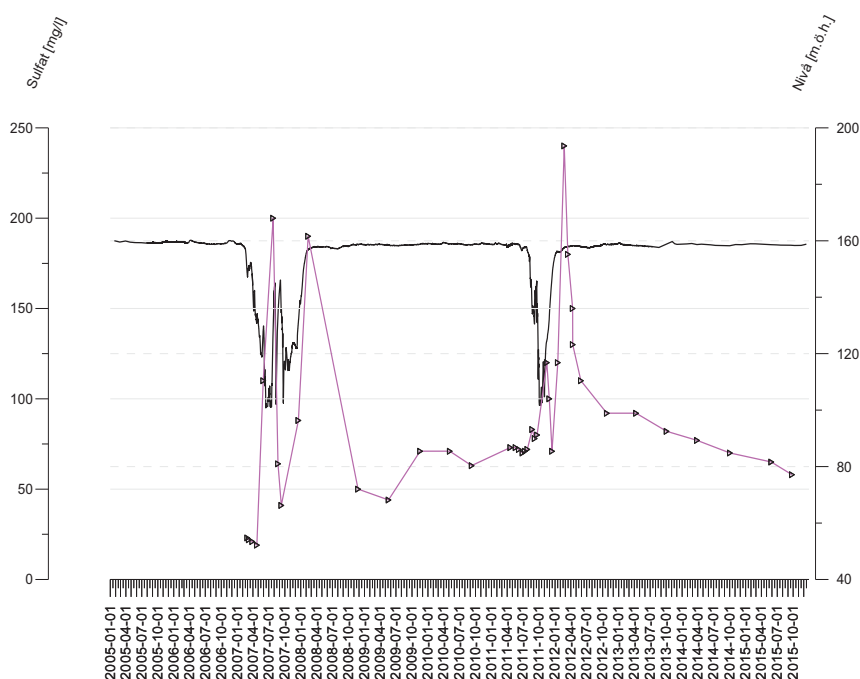
Inläckaget till TBM påverkade grundvattennivåerna i berg mellan våren 2007 och hösten 2009. I början av 2008 gick TBM in i mellanpåslaget och började bygga igen i maj 2008. Vid den andra passagen påverkades grundvattennivåerna från hösten 2011 till sommaren 2012. Grundvattennivåerna i berg inom området är helt återställda, utom ett litet område norr om den hydrauliska gränsen mot Skeadal-Flintalycke och en bit öster om tunnellen.

Påverkan från inläckaget vid byggandet av tvärtunnlar var mycket liten.

I jord skedde en påverkan i våtmarker och jordlager. Tydligast var detta söder om arbetsområdet till arbetstunneln och våtmarker väster och öster om Flintalycke. Ett våtmarksstråk nästan rakt över tunneln blev också tydligt påverkat och torkade nästan helt ut vid de båda TBM-passagerna. Källor blev torrare och sinade under sommarmånaderna.

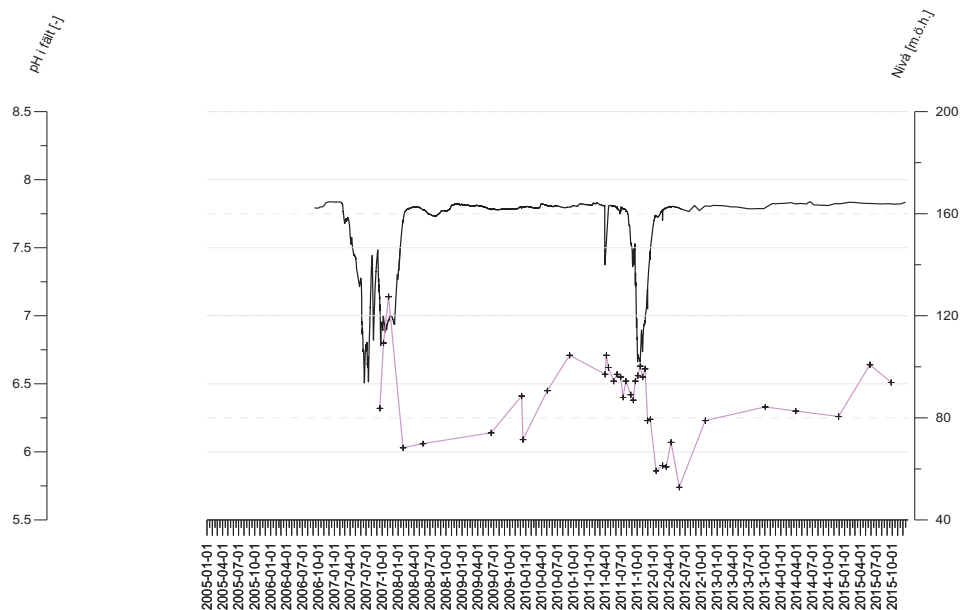
Områdena är sedan 2013 helt återhämtade, utom en källa norr om dammarna.

Kontrollbrunnen BPO8, korsar en bergartskontakt mellan diabas och gnejs, vilket är en geologisk omgivning som vanligen innehåller stora mängder olika sprickmineral. I BPO8 provtogs det allra mest sulfatrika vattnet bland kontrollbrunnarna (figur 18). Vid tunnelpassagerna sjönk pH kraftigt under en period, med upp till en enhet. Vattnet innehåller också höga halter kalcium och magnesium, och dessutom, under en kort period, hög halt nickel. Alla dessa effekter tyder på att relativt stora mängder sulfidmineral är närvarande som sprickfyllnad.



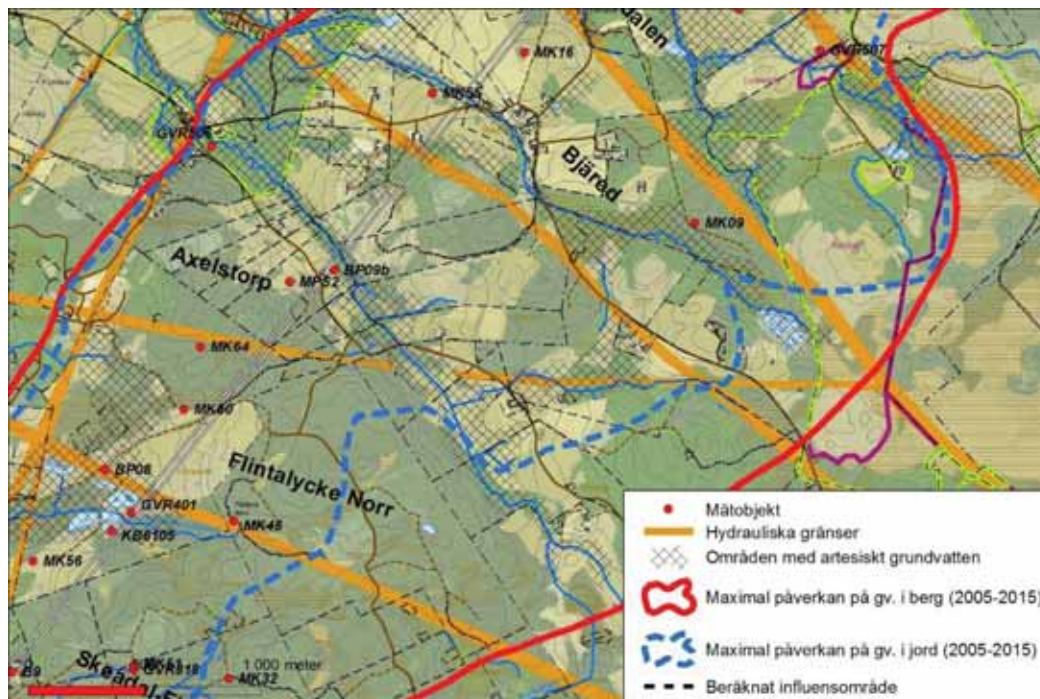
Figur 18. Sulfathalt (färgad linje) och uppmätta grundvattennivåer i berg (svart linje) i BPO8.

MK60 skär genom bergartskontakter, men här är det flera mindre sådana, huvudsakligen mellan mellan gnejs och amfibolit. Relativt höga halter sulfat och metaller (järn, nickel, zink) tyder på närvaro av sulfidmineral som sprickfyllnad, något som också observerades i andra brunnar i närheten och i huvudtunneln under området. pH sjönk tillfälligtvis med ca 1,5 enhet, mer än i någon annan av kontrollbrunnarna (figur 19). Även alkaliniteten förändrades tillfälligtvis relativt mycket, vilket kan visa på kalcit som sprickfyllnad.



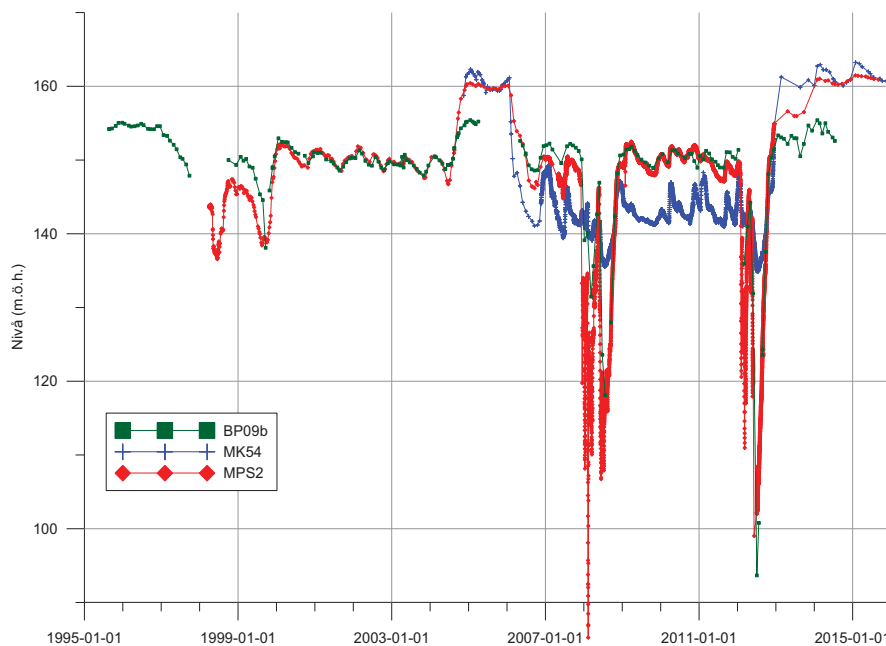
Figur 19. pH mätt in situ (färgad linje) och uppmätta grundvattennivåer i berg (svart linje) i MK60.

Axelstorp



Figur 20. Detaljkarta över magasinet Axelstorp.

Magasinet har varit påverkat av inläckaget till arbetstunneln och mellanpåslaget sedan 1996. Under tiden december 2014 till januari 2016 var mellanpåslaget vattenfyllt (pumpningen upphörde sommaren 2014) och magasinet påverkades inte av något inläckage. Påverkan från TBM-passagera skedde mellan hösten 2007 och vintern 2008/2009 samt mellan hösten 2011 och januari 2013.



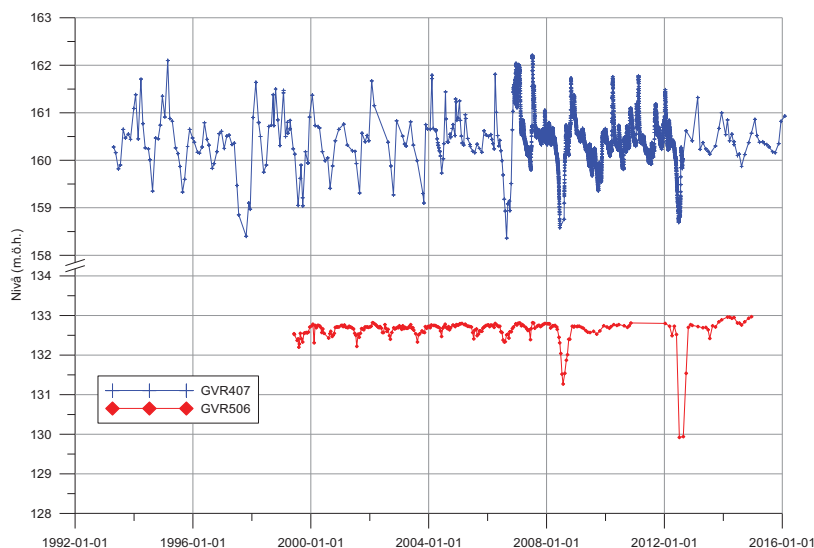
Figur 21. Uppmätta grundvattennivåer i de bergborrade brunnarna BP09b, MPS2 och MK54 i närheten av mellanpåslandet.

Avsänkningen i berg började när arbetstunneln till mellanpåslandet byggdes 1996. Avsänkningarna ökade när den aktiva saneringen av Rhoca Gil satte igång 1997 till 1999. År 2000 tätades tunnarna så att inläckaget minskade och nivåerna steg till en ny nivå. När mellanpåslandet och arbetstunneln var uppfyllda (2005-2006) steg grundvattennivåerna tillbaka till sina ursprungliga, naturliga, nivåer.

Påverkan var mycket tydlig när TBM-passerade. Avsänkningarna i berg och jord var påtagliga inom hela området. En kort återhämtning skedde när TBM stod inne i mellanpåslandet. Grundvattennivåerna i berg är helt återhämtade sedan 2014.

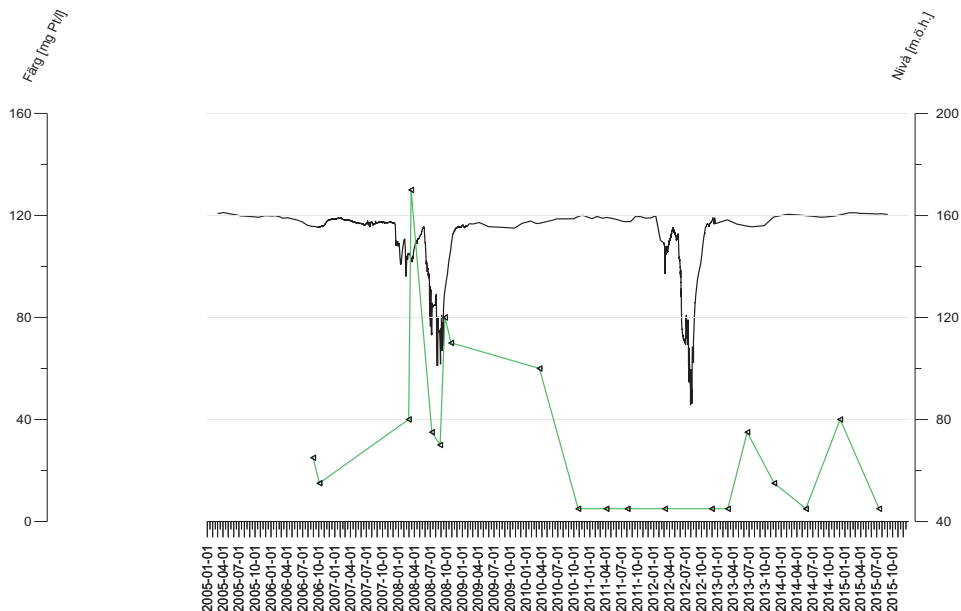
Grundvattenrör i området påverkades tydligt av byggandet av arbetstunneln och TBM-passagerarna, se fig 21. I sluttningarna mot Axelstorpsbäcken finns flera källor. De flesta av dessa påverkades av grundvattensänkningen och blev tydligt påverkade. Flera torkade ut helt, medan andra var uttorkade eller kraftigt påverkade bara under sommarmånaderna. De flesta av dessa har varit påverkade sedan 1996. I och med att mellanpåslandet och arbetstunneln lades igen 2012-2013 har källorna återhämtats.

En av dessa källor mynnar ut i en våtmark öster om huvudtunnlarna, längs med Axelstorpsbäcken. Denna våtmark har varit påverkad av inläckaget till arbetstunneln och mellanpåslandet sedan 1996, men är nu återhämtad. Påverkan beskrivs närmare i delen som behandlar natur, kapitel 4.3.



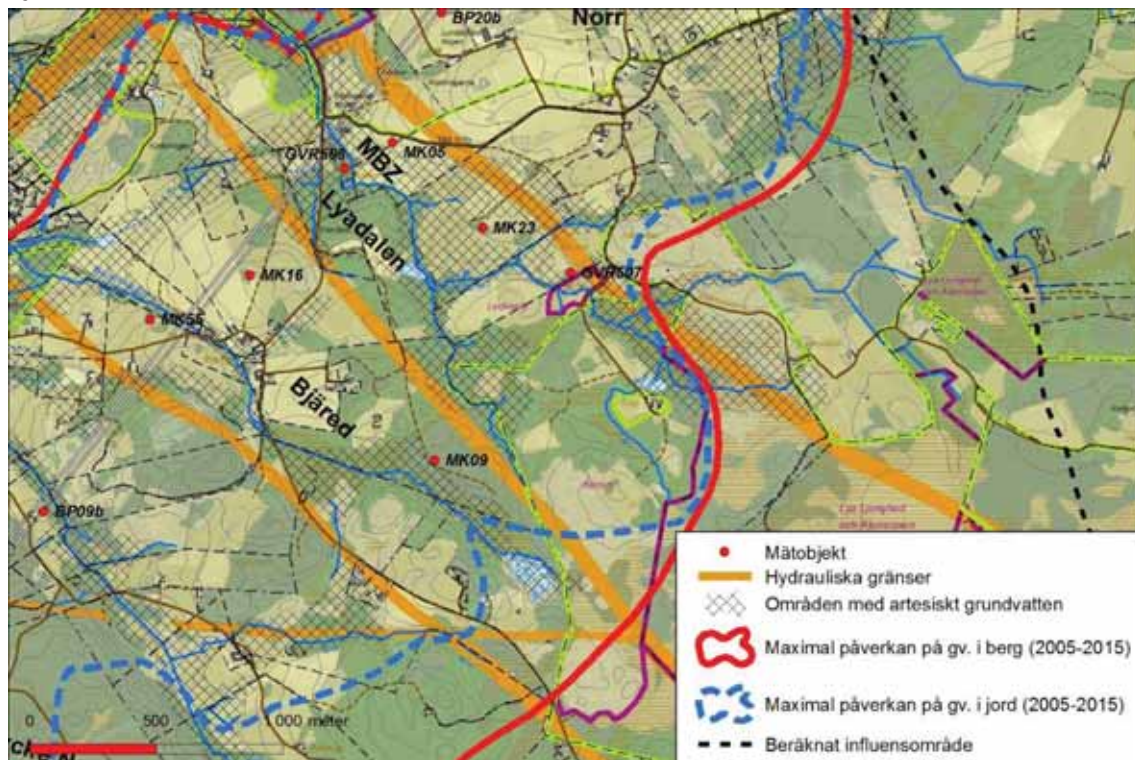
Figur 22. Uppmätta grundvattennivåer i jord. Nivåerna var tydligt påverkade 1996/1997 samt vid TBM-passagerna 2008 och 2012. År 2006 var ett torrår vilket slog igenom i GVR407. OBS! Y-axeln är bruten.

Kontrollbrunnarna MPS2 och MPS4 påverkades bägge under lång tid av avsänkningen kring arbetstunneln vid mellanpåslaget. I MPS2 finns relativt höga halter sulfat och metaller (järn, mangan, nickel, zink). Tillfälligt noterades lågt pH och låg alkalinitet vid tunnelpassage. Effekterna tyder på närvaro av sulfidmineral och kalcit i sprickfyllnaden. MPS2 var också en av de kontrollbrunnar som påverkades av tätningen med Rhoca Gil. Sista mätbara värdet av ohärdade monomerer (akrylamid, N-metylolakrylamid) uppmättes hösten 2006. Kontrollbrunnarna MPS4 och MK46 karakteriseras av hög vattenföring samt störst förändringar i färgtal av alla kontrollbrunnar (figur 23).



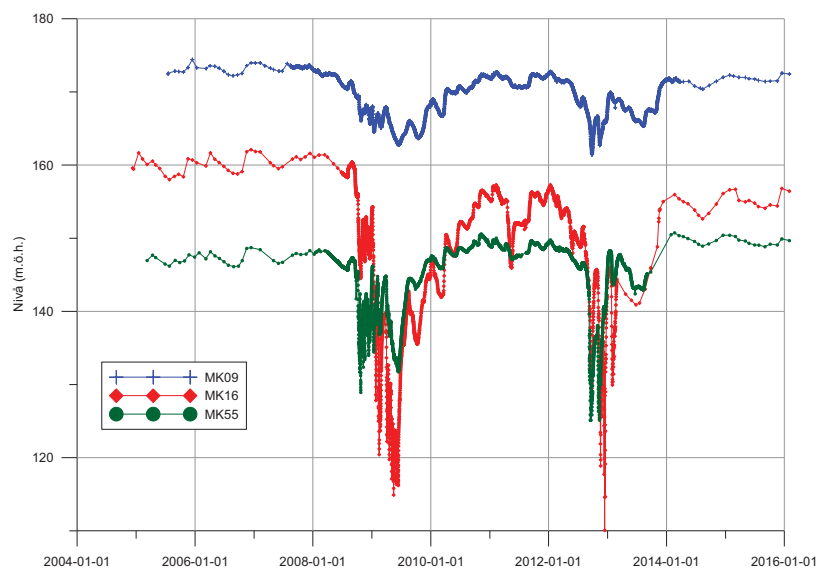
Figur 23. Färgtal (färgad linje) och uppmätta grundvattennivåer i berg (svart linje) i MK46.

Bjäred



Figur 24. Detaljkarta över magasinet Bjäred och Lyadalen.

Grundvattennivåerna i berg i magasinet påverkades av den första TBM-passagen hösten 2008. Direkt efter den passagen började tvärtunnel sex att byggas och bergkammare i den västra tunnelinjen för att utföra förinjekteringar inför den andra TBM-passagen. Dessa öppna bergtrum ledde till ett inläckage av vatten och avsänkning av grundvattennivåerna, se figur 25.



Figur 25. Uppmätta grundvattennivåer i bergborrade brunnar i magasinet Bjäred.

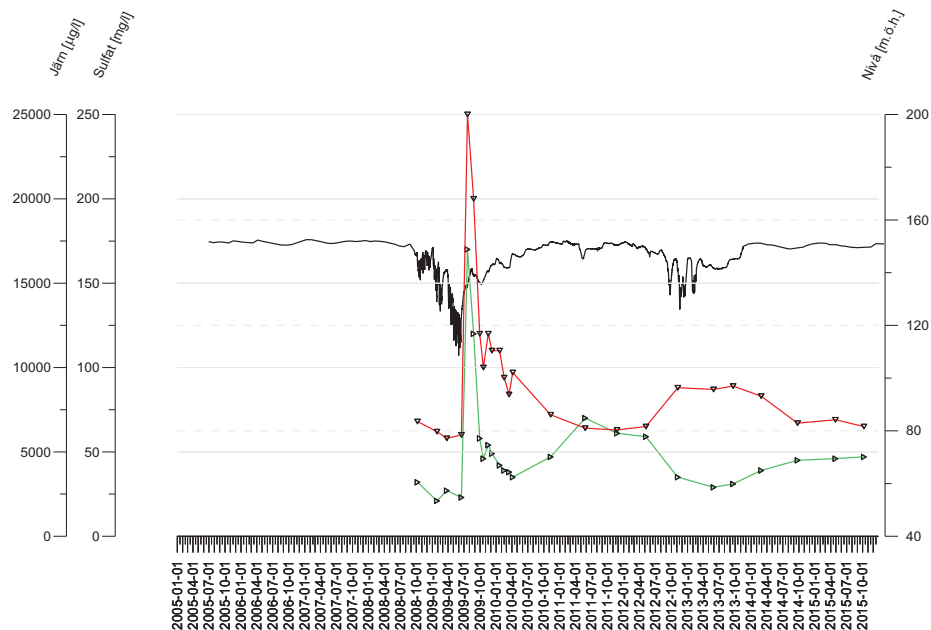
Vid den andra TBM-passagen avsänktes grundvattennivåerna ytterligare. Avsänkningen blev något större, men kortare i tid, än vid den första passagen. När TBM passerade ur magasinet och in i magasinet Lyadalen steg nivåerna. Dock kom den största återhämtningen när TBM lämnade Lyadalen och gick in i Möllebackszonen (MBZ).

Vid båda passagerna torkade en damm väster om Bjäred och en annan damm i Bjäred ut, vilket även Bjäredsbäcken gjorde. Dammen i Bjäred var även tydligt avsänkt mellan de två TBM-passagerna. Grävda brunnar i området torkade också ut, eller blev kraftigt avsänkta. Våtmarken öster om Bjäred påverkades med lägre grundvattennivåer.

Dammarna återfylldes med vatten när TBM lämnade grundvattenmagasinet. Inom ett begränsat område från norr om Bjäred och österut mot Korup kvarstår en avsänkning i berg. Denna har successivt minskat under 2015-2016, se vidare avsnittet om kvarstående effekter.

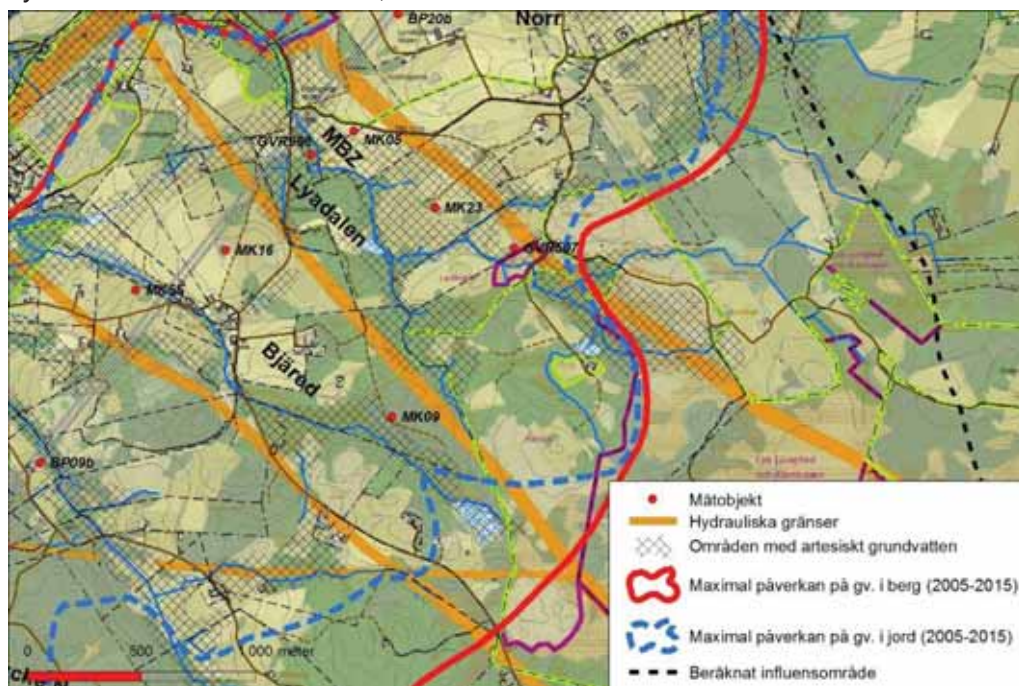
Den bergborrade brunnen MK55, intill Bjäredsbäcken, uppvisar högre grundvattennivåer efter första TBM-passagen än före. Kontrollbrunnen MK55 är borrhärd i gnejs, vilket innebär en relativt inert kemisk omgivning. Vattenföringen är dessutom relativt hög. Den vattenkemiska påverkan var relativt liten, vilket tyder på att de ämnen som ändå reagerar kemiskt och blir lösliga snabbt förs bort av det förbiströmmande grundvattnet.

MK14 är belägen i gnejs med inslag av amfibolit. Vid borrhningen av brunnen noterades kvarts och sulfidmineral som sprickmineral från. MK14 sticker ut när det gäller vattenkemisk påverkan (figur 26). Under byggtiden innehöll vattnet periodvis höga halter sulfat och metaller (järn, nickel, zink). Halten arsenik var som mest upp till tio gånger högre än vad som observerats i någon annan av kontrollbrunnarna. Halten nickel var som mest nästan dubbelt så hög som i någon annan brunn. pH och alkalinitet var samtidigt tillfälligt lägre vid tunnelpassagerna.



Figur 26. Sulfat (grön linje) och järnhalt (röd linje) och uppmätta grundvattennivåer i berg (svart linje) i MK14.

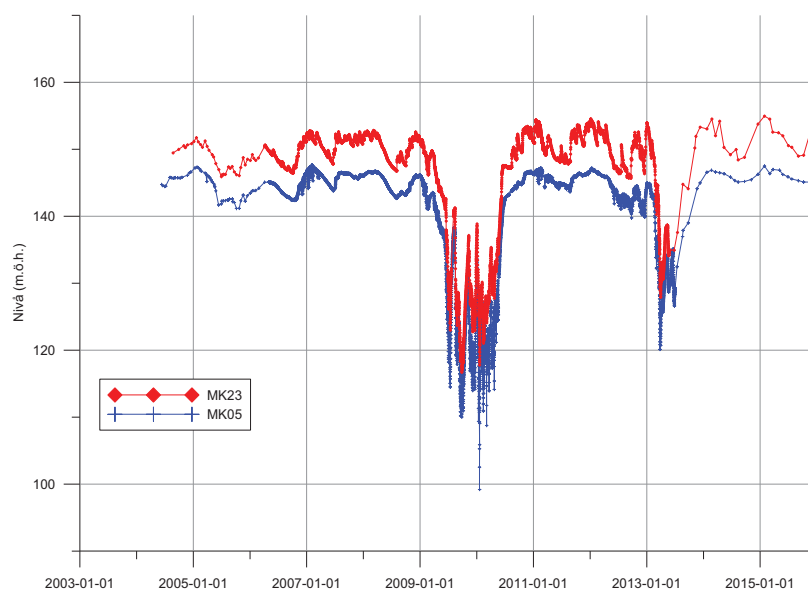
Lyadalen och Möllebackszonen, MBZ



Figur 27. Detaljkarta över Lyadalen och MBZ.

Grundvattennivåerna i berg har inom magasinet varit påverkad under olika tidsperioder. En pilottunnel byggdes under 2004-2005 för att komma in mot MBZ och ifrån bergrum utföra undersökningsborrningar och borrningar för frysning i MBZ. Detta påverkade även grundvattennivåerna i berg i Lyadalen. Avsänkningen i berg fick ingen märkbar påverkan på grundvattennivåerna i jord.

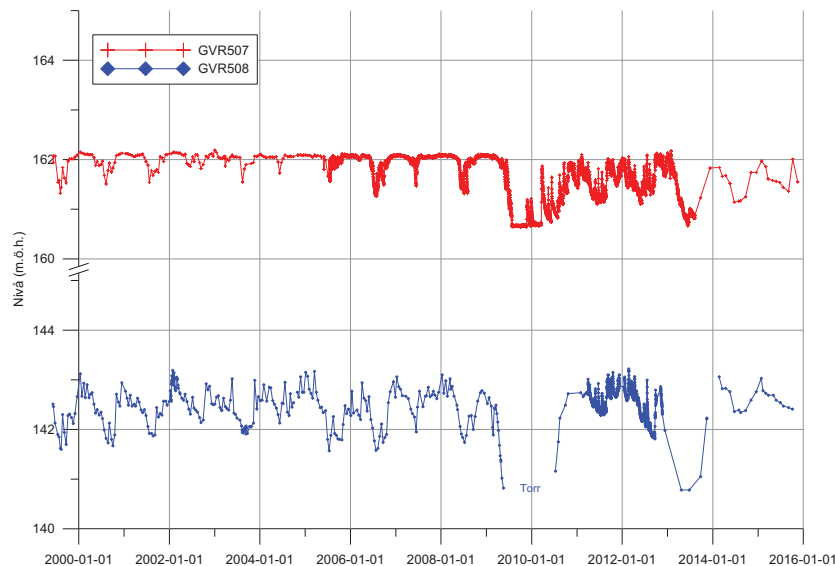
Den stora påverkan, i både jord och berg, kom vid TBM-passagerna. Dessa skedde efter årsskiftet 2009 till sommaren 2010 och under hela 2013. Den andra TBM-passagen var således betydligt kortare än den första vilket berodde på att området hade förbehandlats inför den passagen. Förbehandlingen orsakade en påverkan under senare delen av 2012, se figur 28.



Figur 28. Påverkan på grundvattennivåer i berg i Lyadalen.

Vid TBM-passagerna torkade Lyabäcken ut under långa perioder. Vid regn fanns det dock ett flöde i bäcken. Som skyddsåtgärd fördes vatten till bäcken intill Böskebron (korsningen mellan bron och vägen till Bjäred). Vattnet togs från mellanpåslaget och borrar nära bäcken.

Våtområden längs med Lyabäcken torkade ut eller påverkades kraftigt. Påverkan spred sig österut mot Ledtorpet och Korup. I Ledtorpet syntes en tydlig påverkan och området bevattnades som en skyddsåtgärd.



Figur 29. Uppmätta grundvattennivåer i jordlagerrör. GVR507 står nära Ledtorpet och GVR508 nära Lyabäcken, i Rörmaden. Båda rören torkade ut vid TBM-passagerna, men är nu återhämtade.

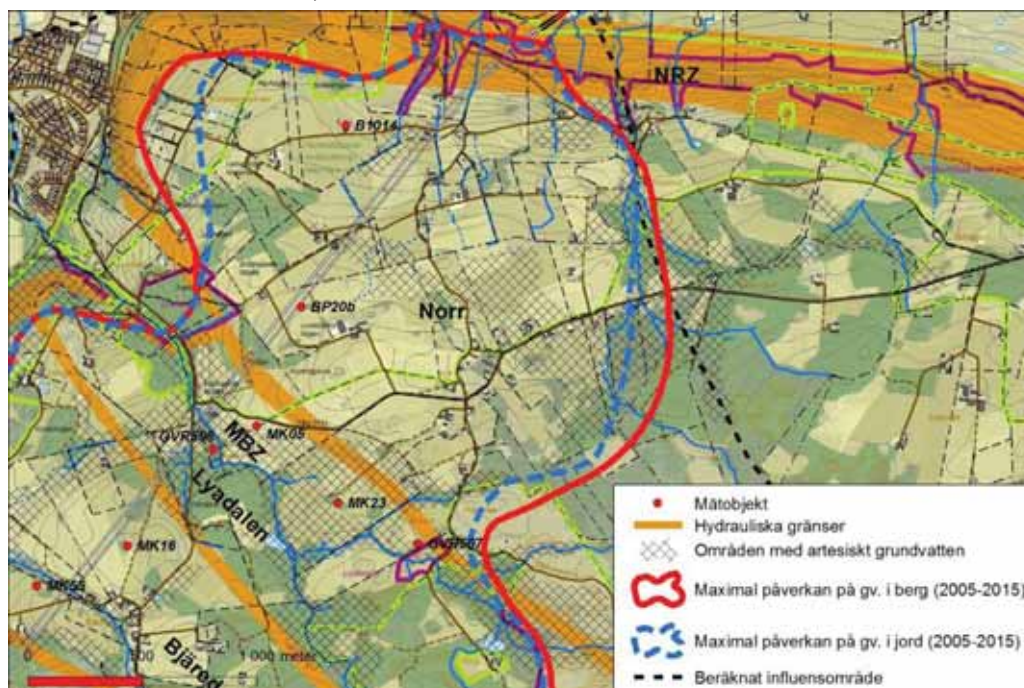
Ett område intill Lyabäcken, vid Rörmaden, blev betydligt blötare efter den sista passagen. Bedömningen är att det beror på att marken har satt sig som följd av grundvattenavsänkningen. Dräneringar väster om vägen till Bjäred sattes igen av utfällt järn och fick spolas. Det syntes tydliga järnutfällningar i ett dike som rinner mot Lyabäcken, mellan och efter TBM-passagerna.

Mellan TBM-passagerna återhämtades våtmarker och Lyabäcken. Även efter den sista TBM-passagen är områdena återhämtade och det återstår ingen grundvattenavsänkning i varken berg eller jord.

Möllebackszonen lervittrade berg fungerar som en effektiv barriär som hindrar grundvattenströmning mellan Norr och Lyadalen. När TBM gick igenom MBZ och in i Norr började omedelbart återhämtningen i grundvattenmagasinet Lyadalen och MBZ. Påverkan som funnits i Norr under lång tid har inte märkts söder om MBZ. Gränsen är helt tät.

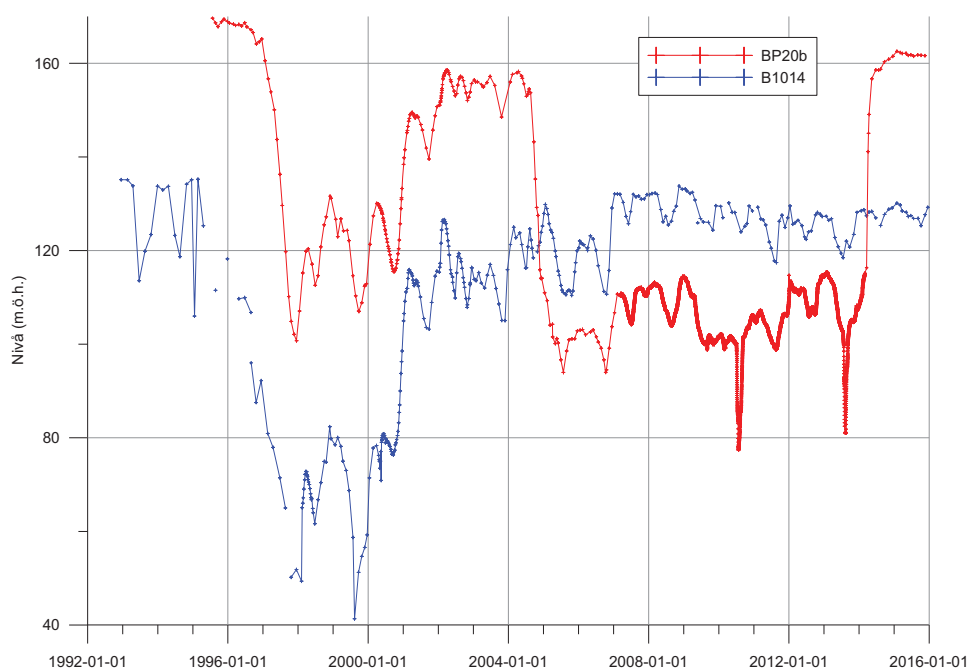
MK03 är belägen på andra sidan Lyabäcken i gnejs med inslag av amfibolit, vilket kan innebära en geologisk omgivning med stora mängder olika sprickmineral och stor påverkan på vattenkemin (jämför MK60). Några sådana förändringar har dock inte konstaterats i detta fall.

Norr och norra randzonen, NRZ



Figur 30. Detaljkarta över magasin Norr och Norra randzonen, NRZ.

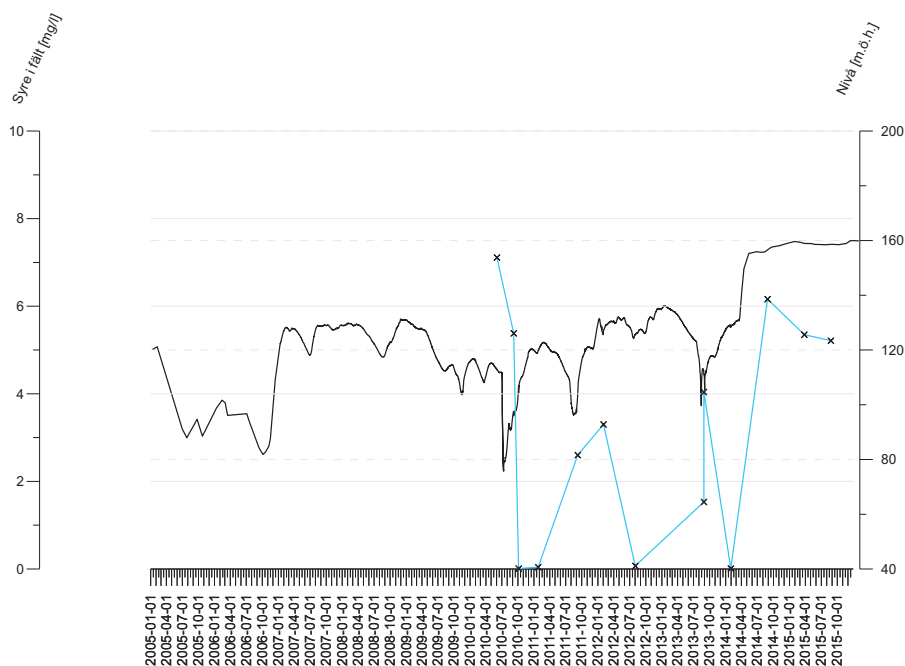
Grundvattenmagasinet Norr har varit påverkat sedan tunnarna började byggas 1992/1993. I slutet av 2000 trycksattes den platsgjutna betonginklädnaden i de norra tunnarna, vilket fick grundvattennivåerna i berg att börja stiga. I slutet av 2004 påbörjades bygget av en pilottunnel från fronten i de norra tunnarna mot MBZ. Detta fick grundvattennivåerna i berg att sjunka kraftigt. De två TBM passagera inträffade 2010 och 2013. Efter 2013 gjordes ytterligare tätningar i de norra tunnarna, vilket fick grundvattennivåerna i berg att stiga betydligt.



Figur 31. Uppmätta grundvattennivåer i berg i magasinet norr.

Påverkansområdet har innefattat området från tunnelpåslaget fram till MBZ och i väster ut till Kungsberget. I öster har påverkan som mest sträckt sig ut till Älabäcken.

Kontrollbrunnarna MK52 och AM01 påverkades under lång tid av avsänkningen kring de norra tunneldelarna. MK52 är belägen i kanten av ett fält. Större mängden av vatten i brunnen kommer från en spricka ca 60 meter ned. Vid de tillfällen då grundvattenytan var avsänkt och låg under denna spricka hördes ljud av fallande vatten i brunnen. I berggrundvatten på Hallandsås uppmäts normalt inget syre i det uppumpade vattnet, men i MK52 uppmättes ofta i sammanhanget höga syrehalter (figur 32). Tillfälligt höga nitrathalter tyder på att detta vatten har ett relativt ytligt ursprung.



Figur 32. Löst syrgas mätt in situ (färgad linje) och uppmätta grundvattennivåer i berg (svart linje) i MK52.

AM01 var en av de kontrollbrunnar som påverkades av tätningen med Rhoca Gil. Sista mätbara värdet av ohärdade monomerer (akrylamid, N-metylolakrylamid) uppmättes hösten 2006.

4.1.4 Kvarstående effekter och prognos för framtiden

En kvarstående påverkan finns kring det norra och södra påslaget. Det finns också en avsänkning vid Bjäred och Flintalycke, se figur 6. Ett litet område intill Bjäredsbäcken har högre nivåer än före tunnelbygget.

Avsänkningarna är små. Som mest rör det sig om fem meter i Bjäred och knappt tio meter i Norr, närmst tunneln. På övriga platser handlar det om max en meters avsänkning i berg. I jord är avsänkningarna mycket små, som mest ett par decimeter, oftast bara mätbart under sommarmånaderna.

Ett par områden har högre grundvattennivåer efter tunnelbygget än före. Det rör sig om ett litet område intill Bjäredsbäcken i Bjäred, där nivåerna ligger någon meter över de ursprungliga i berg. Intill dammarna i Flintalycke har marken sjunkit något, vilket ses som en höjning av grundvattennivåerna i jord, i förhållande till markytan. Området är rikt på organiska jordar.

Det var tydligt att påverkan blev kortare i tid vid den andra TBM-passagen. Detta trots, eller tack vare, ett större tillåtet inläckage. Genom det större tillåtna inläckaget kunde TBM passera områden med stora vattenläckage snabbare och därmed lämna områdena tidigare än vid första passagen och återhämtningen påbörjas snabbare. Påverkan längre från tunnellen blev också

mindre vid den andra passagen. Det var dock inte enbart det större tillåtna inläckaget som bidrog till den snabbare framdrivningen. Även ett nytt borrhuvud med en bättre utformning och det faktum att man hade vunnit mycket erfarenhet på hur produktionen skulle gå till bidrog. Även förbehandlingarna i Lyadalen gjorde stor skillnad. Dessa förbehandlingar hade dock inte kunnat utföras om projektet inte fått en miljödom som tillät större inläckage, eftersom även förbehandlingarna ökade inläckaget till tunnlarna under tiden som arbetena pågick. Med domen som medgav 100 l/s hade tillståndet överskridits med så många öppna tunneldelar samtidigt.

Avsänkningen av grundvattennivåerna har orsakat sättningar på ett par, begränsade, platser. Dels gäller den ett cirka 2 hektar stort område intill Lyabäcken i Lyadalen och dels en våtmark väster om Flintalycke. Den sistnämnda nämns i kapitlet om påverkan av naturmiljön.

Vid Lyabäcken handlade det om en bit jordbruksmark som genom grundvattensänkningen i jord fick sättningar som gjorde att marken blev betydligt blötare än vanligt och mycket svår att dränera. Marken kunde inte längre utnyttjas för sitt syfte.

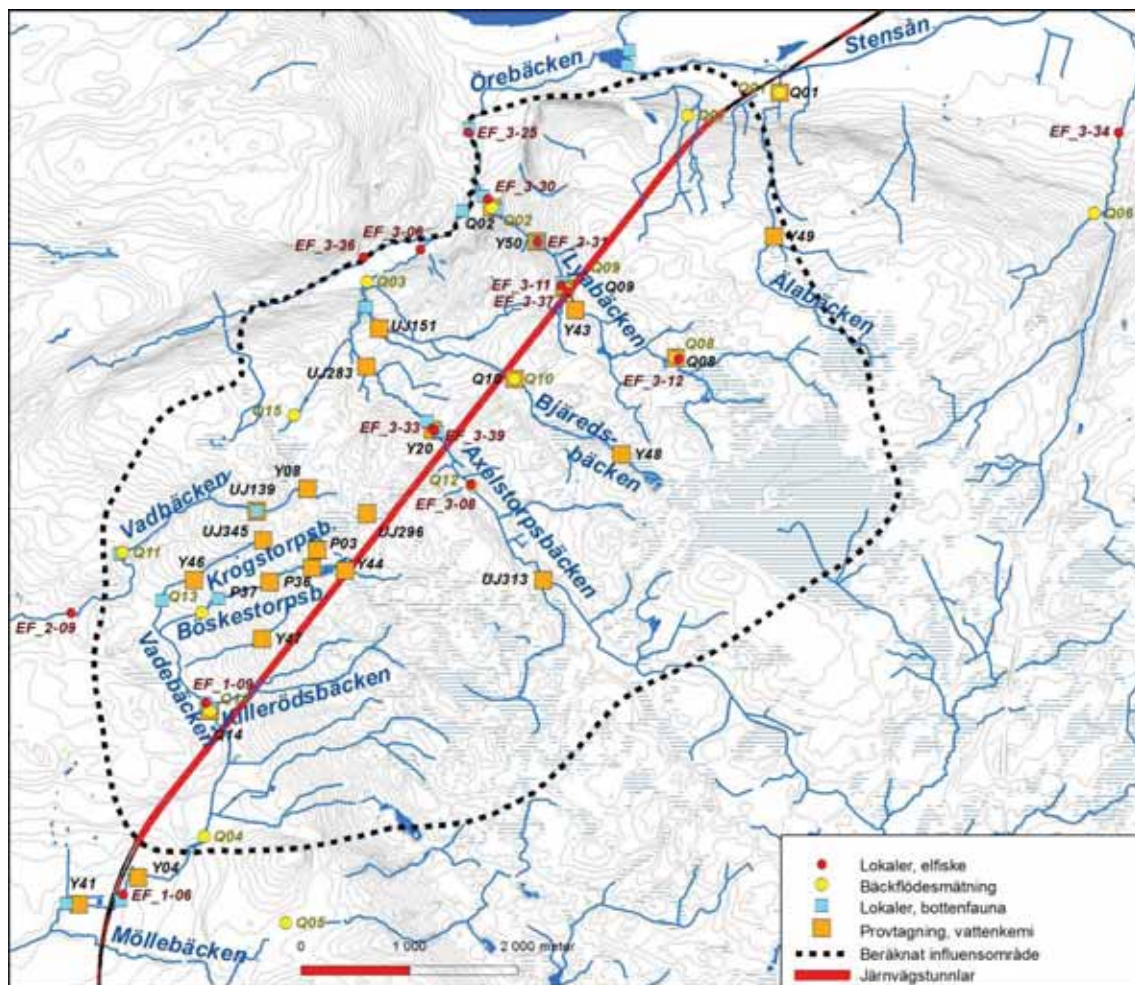
Vattenkemin har stabiliserats i de övervakade grundvattenbrunnarna. Den sydligaste av dem utgör ett undantag. Där kommer stabilisering av grundvattennivån att dröja länge (sannolikt decennier) eftersom brunnen sitter i ett grundvattenmagasin med mycket låg omsättningshastighet och mycket liten nybildning. Vattenkemiskt sker dock inga dramatiska förändringar och vattnet håller generellt en kvalitet som troligtvis ligger nära den ursprungliga.

4.2 Vattendrag och andra ytvatten

4.2.1 Inledning

Uppföljningen av vattendragen på Hallandsås har skett med stöd av vattenföringsmätningar, undersökningar av vattenkemi samt undersökningar av fisk och bottenfauna. I dammar har vattennivåer registrerats genom avläsning mot pegelskalor. Uppföljningen har omfattat flertalet vattendrag och dammar inom influensområdet för tunnelbygget. I vissa mätprogram har även funnits kontrollstationer belägna utanför influensområdet. Vattendragen redovisas från söder till norr. Omfattning och beskrivning av de olika delarna av det Ekologiska kontrollprogrammet redovisas i bilagorna B2, B4-B6.

Tunnelbyggets påverkan på grundvattennivåer och vattenkemi i grundvatten redovisas huvudsakligen under 4.1 Grundvatten, men där nära kopplingar finns till ytvattenförhållanden kommenteras detta även kortfattat i föreliggande kapitel.



Figur 33. Vattendrag och provtagningsstationer inom ekologiskt kontrollprogram på Hallandsås.

4.2.2 Vadebäcken och Möllebäcken

Allmän beskrivning och hydrologisk påverkan

Vadebäcken rinner ut i Möllebäcken strax nedströms de södra tunnelmynningarna. Möllebäcken mynnar i Skälderviken. De västliga delarna av Vadebäckens avrinningsområde domineras av åkermark, medan skog och våtmarker dominerar de östliga och topografiskt högre belägna delarna. Uppströms tunnelmynningarna ansluter flera biflöden till Vadebäcken. Några av dessa beskrivs nedan under 4.2.3 Biflöden till Vadebäcken.



Vadebäcken vid Vistorp, provstation för elfiske (EF_1-06).

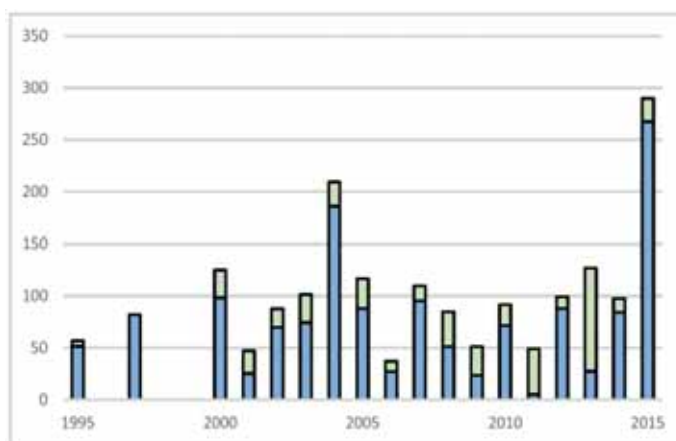
I tunnelprojektet har Vadebäcken berörts av dräneringspåverkan från tunneldrivningen och urschaktningen vid tunnelmynningarna, som påbörjades 1993. Bäckens har också fungerat som recipient för dagvatten från arbetsområdet och fram till december 2004 även för renat tunnelvatten. Under perioden från december 2004 till november 2015 har tunnelvattnet istället avletts via rör med utlopp i Skälderviken. En delsträcka av bäcken grävdes om 1993 i samband med anläggningen av väg 105 och den nya banvallen för tågspår.

Vattenföringen i Vadebäcken har påverkats av tunnelbygget, främst under åren 2006-2013. Dock har endast delar av bäckens tillrinningsområde påverkats av grundvattenavsänkningen, vilket medfört att påverkan begränsats, och till stora delar dolts, i årsmånsvariationen. Bäckens bedöms inte ha torkat ut till följd av grundvattenavsänkningen, men under delar av sommaren 2006 var flödena mycket låga. Nollflöden har registrerats i Vadebäcken vid station Q04 under en torrperiod 2002, men samma förhållanden rådde då också i en referensbäck (Q05), belägen utanför tunnelbyggets influensområde.

Påverkan på vattenkemi och biologi

Tunnelbygget kan ha inverkat på bäckens vattenkvalitet genom utledning av renat tunnelvatten (fram till december 2004) och genom dagvatten från arbetsområdet runt de södra tunnelmynningarna. Även vatten från området där utborrade tunnelmassor lagrats, väster om väg 105, rinner av mot Vadebäcken. Vattnet från områdena har passerat dammar före utledning till Vadebäcken.

I sammanställt dataunderlag för vattenkemi saknas resultat från perioden före tunnelbygget. Mätserierna, med start 2007, visar inga stora variationer mellan mätpunkterna i Vadebäckens huvudfåra. Värderna för fosforhalter och ledningsförmåga har ofta varit något högre i bäckens nedre delar och nedströms södra tunnelpåslaget men detta förklaras i huvudsak av ökad belastning från jordbruksmark och vägdagvatten (med vägsaltpåverkan). Tillfälliga grumlingar i bäckens nedre del, mest framträdande i samband med häftiga regn 2008, kan troligen delvis förklaras av avrinning från tunnelbyggets arbetsområde och området för upplag av bergmassor. I den övre delen av bäcken märks en trend med minskande sulfathalter, vilket kan kopplas till tidigare dränering och påverkan på grundvattenkemin (se även 4.1 Grundvatten).



Provfisken har genomförts både uppströms och nedströms södra påslaget. Uppströms påslaget finns en damm som innebär ett definitivt vandringshinder för fisk. Öringbeståndet uppströms är därför stationärt.

Figur 34. Tätheter (antal/100m²) av öring i Vadebäcken vid Vistorp (stn EF_1-06) 1995-2015. Blått avser årsyngel (0+) och grönt äldre fisk (1+).

Nedströms vandringshindret i Vadebäcken och längre ner i Möllebäcken finns både havsvandrande öring och ibland även lax. Variationen i fisktäthet har varit stor genom åren (figur 34). Efter perioden med mycket låga flöden sommaren 2006 noterades samma höst de lägsta öringtätheterna under hela provserien 1998-2015.

Bottenfaunan i Vadebäcken har undersökts nedströms södra påslaget sedan 2005 (provstation Mölle3). Viss påverkan har märkts vissa år från arbetsområdet med viss pålagring av finsediment på bottenarna. Påverkan på bottenfaunan har dock varit liten och sedan 2011 har resultaten från bottenfaunaundersökningarna visat på bra vattenkvalitet. Karaktäristiskt för Vadebäcken nedströms södra påslaget är närvaron av Nyzeeländsk tusensnäcka (se vidare textruta nedan).

Massförekomst av Nyzeeländsk tusensnäcka

Vadebäcken nedströms södra påslaget har ett artrikt bottenfaunasamhälle. Individantalet har varit extremt högt vissa år, beroende på massförekomst av Nyzeeländsk tusensnäcka (*Potamopyrgus antipodarum*). Denna art, även kallad vandrarsnäcka, är införd till Sverige och förekommer framförallt marint längs våra kuster. Den kan ha kommit till Vadebäcken i samband med tunnelbygget. Arten är tålig och trivs på slambotten och klarar grumling bra. Troligen trivs snäckan i vattendragets leriga slänter och den kan även ha gynnats av tidvisa grumlingar från arbetsområdet vid södra påslaget. Den klassas som invasiv. När populationen växer består den nästan enbart av honor som kan föröka sig genom obefruktade ägg. Om tusensnäckorna blir det dominerande inslaget i bottenfaunan kan andra arter bli utkonkurrerade och tillgången på föda för andra bottenlevande djur och fiskar påverkas. Detta verkar inte vara så påtagligt i Vadebäcken. Snäckan har dock varit extremt talrik vissa år, som mest år 2006, då individtätheten var över 25 000 individer per kvadratmeter och arten utgjorde 94 % av individantalet.

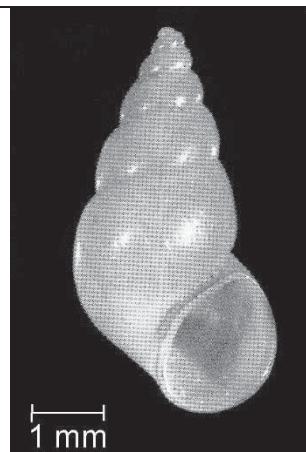
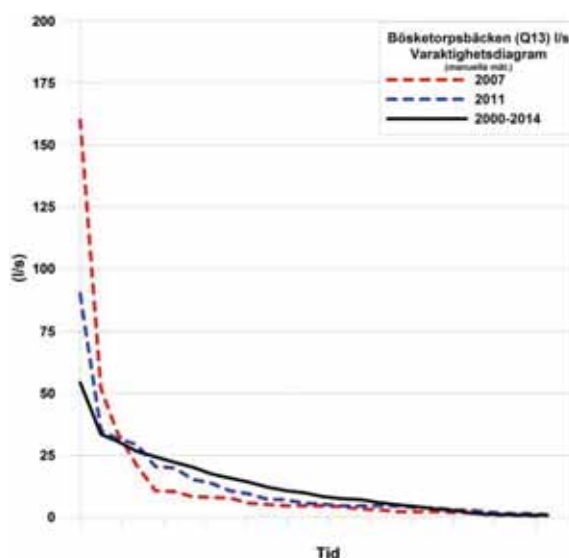


Bild från Tiervelt 73, Sysswassergastropoden, Glöer 2002.

4.2.3 Biflöden till Vadebäcken

Allmän beskrivning och hydrologisk påverkan

Vadebäcken försörjs till stora delar med vatten som rinner av från flera mindre bäckar på åsens sluttning mot sydväst. Bäckarna har inga officiella namn men har inom det Ekologiska kontrollprogrammet namngivits efter anslutande fastighetsbeteckningar. De biflöden till Vadebäcken som studerats är främst Killerödsbäcken, Böskestorpsbäcken och Krogstorpsbäcken.



Figur 35. Diagrammet visar hur vattenföringen i Böskestorpsbäcken under större delen av 2007 och 2011 ligger betydligt under medelkurvan. 2007 och 2011 var de år som dräneringspåverkan på Böskestorpsbäcken var som störst. Orsaken till att kurvorna ligger över medel till vänster i diagrammet beror på de mycket stora regn som kom i juli 2007 men också augusti-september 2011 och som resulterade i höga flöden.



Böskestorpsbäcken uppströms vattenkemistation P37 i maj 2007.

Avrinningen från denna del av Hallandsås har påverkats tydligt av tunnelbygget. Mest påtagligt påverkades vattenföringen i Böskestorpsbäcken 2006-2007 av grundvattensänkningen i samband med byggnationen av det östra tunnelröret. Påverkan märktes även då det västra röret byggdes 2011 men påverkan blev då kortvarig. Cirka 3 liter per sekund pumpades från mellanpåslaget till Böskestorpsbäcken som skyddsåtgärd under perioden 15 juni 2011 till den 13 januari 2012 (se vidare 5).

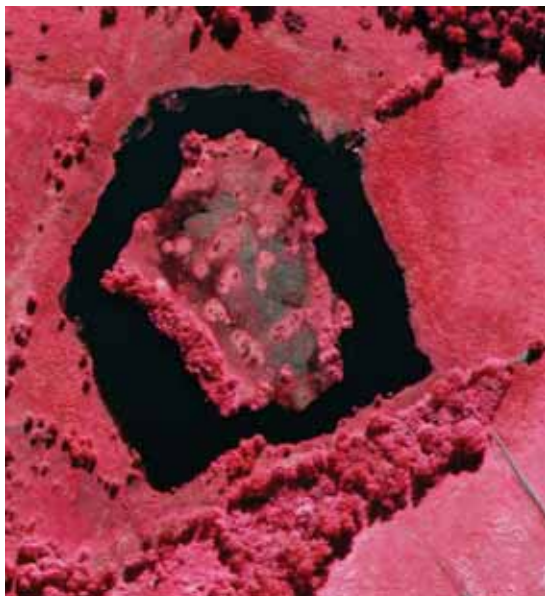
Uttorkning av dammar och marksjunkning

Under 2007, då TBM-drivningen för det östra tunnelröret påverkade området vid Flintalycke, torkade flera av områdets dammar ut.

Uttorkningen var förväntad, men blev ändå överraskande då förloppet blev hastigt. Det mesta av avsänkningen skedde under några dagar. En av de uttorkade dammarna var utgrävd i torvjord och där kunde konstateras att när grundvattenytan återställdes och vattnet återkom 2008 så låg detta högre över markytan jämfört med före uttorkningen (se flygbilder nedan). Detta berodde på att torven kompakterades och sjönk ihop under torrlägningsperioden. Kompaktion av torvjord och marksjunkning har även iakttagits i några omgivande kärr, som naturligt är mycket blöta.



Uttorkad viltdamm 2007.



2005



2013

IR-flygfoto över viltdamm vid Flintalycke. Svarta/mörkgrå områden visar öppna vattenytor före (t.v.) och efter (t.h.) grundvattenavsänkningen.

I anslutning till Böskestorpsbäckens övre delar finns flera dammar. Dessa ligger i områden som tidigare varit våtmarker, men som grävts om för att fungera dels som viltvatten, och dels som kräftdammar. Någon aktiv kräftodling har dock ej bedrivits sedan mitten av 2000-talet. I april 2007 torkade flera av dammarna ut i samband med att grundvattnet sänktes av när tunnelborren (TBM) gick in i området. Tätande jordlager saknas i området och effekten blev därför som när proppen dras ut i ett badkar (se vidare textruta nedan).



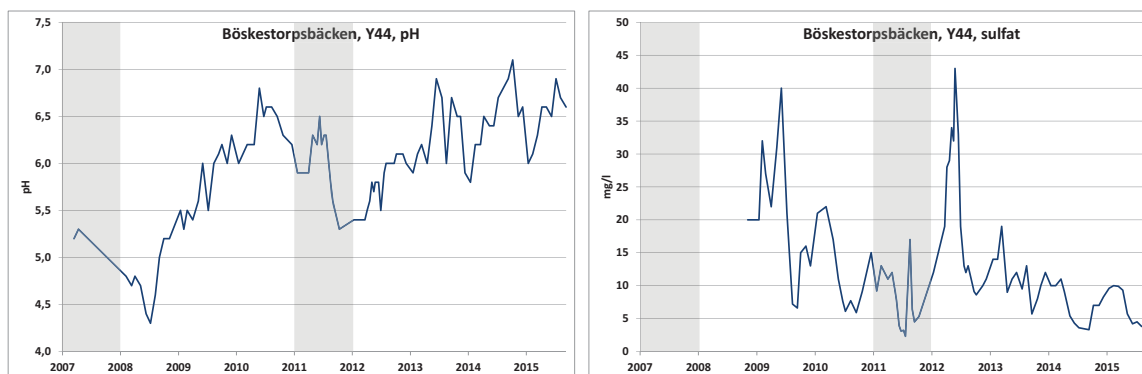
Utlledning av vatten som skyddsåtgärd till Böskestorpsbäcken i juni 2011.

Även Killerödsbäcken och området däromkring påverkades hydrologiskt tydligt av tunnelbygget, inte minst under 2006. Bäckarmarna i Killerödsbäcken är små och torkar naturligt ut under torrperioder, men dräneringen från tunnelarbetet förlängde uttorkningsperioderna. Krogstorpsbäcken kan ha påverkats något av dränering 2007 och 2011 men bäcken har sin huvudsakliga avrinning från områden som ligger utanför de dräneringspåverkade och bäckfåran har därför aldrig torkat ut.

Påverkan på vattenkemi och biologi

Den vattenkemiska påverkan från tunnelbygget har varit tydlig i Böskestorpsbäcken, särskilt i de övre bäckarmarna. Även om resultat saknas från tiden före påverkan av tunnelbygget märks tydliga förhöjningar av sulfat efter det att TBM passerat 2007 och 2011. I samband med TBM-passagerna märks också nedgång i pH-värdena (se figur 36).

Även på andra provstationer i Böskestorpsbäcken och i Krogstorpsbäcken har märkts en påverkan på sulfathalterna men dessa har efterhand minskat. Troligen ligger halterna idag på nivåer som är nära vad som kan betraktas som normalt. I Böskestorpsbäckens norra arm (provstation UJ296), som till synes är naturligt sur, har sporadiskt uppmätts mycket höga halter av totalkväve, ammoniumkväve, fosfor, järn, mangan och TOC. Händelserna uppvisar tidsmässigt inte något mönster som direkt kan knytas till TBM-passagerna.



Figur 36. pH och sulfathalter i Böskestorpsbäckens övre östra arm vid provstation Y44. Tonade tidsperioder visar passager med tunnelbormaskinen (TBM).

De biologiska konsekvenserna av minskade vattenflöden och ändrad vattenkemi har följts upp med årliga bottenfaunaundersökningar i Böskestorpsbäcken och vid några tillfällen även i Krogstorpsbäcken och i Killerödsbäcken.

Den mest undersökta lokalen i Böskestorpsbäcken är provstation Mölle6 (belägen strax uppströms vattenföringsstation Q13). Bottenfaunan avspeglar här en miljö med god vattenkvalitet och höga naturvärden. Paradoxalt har märkts en kvalitetsförbättring under de år området påverkats av dränering. Några arter ökade eller tillkom 2006 och 2007, där några är rödlistade och flera får ses som ovanliga. Då provpunkten ligger en bit ner i åsens sluttning, under den nivå till vilken grundvattenytan för en tid avsänktes, har bäcken hela tiden tillförts grundvatten. En möjlig förklaring till att djurlivet utvecklades positivt kan vara att avrinningen minskade från uppströms liggande myrmarker, vars vatten är mer humöst jämfört med grundvattnet. Under de senaste åren, med i princip återställda grundvattenytor och normal avrinning, har några arter åter minskat eller försvunnit. Ett exempel på en art som tidigare var talrikt förekommande, särskilt 2008 och 2009, men som inte noterats 2014-2015 är den rödlistade nattsländan *Wormaldia occipitalis*. Andra arter har visat ett delvis motsatt utvecklingsmönster. Den relativt försurningskänsliga sötvattenmärlan fanns rikligt i slutet av 1990-talet men noterades inte under åren 2004-2012. Under senare år har den återkommit. Ett par bäckvattenbaggar har haft en utveckling som liknat sötvattenmärlans.

I Krogstorpsbäcken, som hela tiden behöll ett basflöde, har faunan varit relativt stabil. Även här visar resultaten på god vattenkvalitet och med förekomst av en rik bäcksländefauna. Detta tillsammans med närvaron av flera ovanliga nattsländearter ger vattendraget höga naturvärden.

Killerödsbäcken är ett litet vattendrag som under vissa år kan torka ut. Tidvis uttorkning och låga flöden till följd av tunnelbygget 2006 medförde att faunan var mycket art- och individfattig detta år. Även vid provtagningen hösten 2015 var flödena låga men faunan bedömdes vara normal, med ett förhållandevis stort antal bäcksländearter. Bäcksländor indikerar generellt god vattenkvalitet och kan vara dominerande i små vattendrag med god vattenkvalitet.

Några elfisken inom kontrollprogrammet har inte utförts i Vadebäckens biflöden. I samband med uttorkningen av Böskestorpsbäcken 2007 flyttades elritsor nedströms till en bäcksträcka som inte torkade ut. Kvarvarande fisk inom torrlagd sträcka antas ha slagits ut.

4.2.4 Vadbäcken

Allmän beskrivning och hydrologisk påverkan

Vadbäcken har en speciell historia i tunnelprojektet. Bäckan blev riksbekant i samband med att akrylamidhaltigt vatten pumpades ut med tunnelvattnet då tättningsmedlet Rhoca-Gil användes i tunnarna vid Mellanpåslaget 1997. Mycket av det vatten som läckt in i arbetstunneln och huvudtunnlarna vid Mellanpåslaget har pumpats till Vadbäcken. Mängden utpumpat vatten under perioden 1997 till den 1 november 2012 visas i bilaga A1. Under perioden augusti 2004 till januari 2006 pumpades inget vatten till Vadbäcken och arbetstunneln var då vattenfylld (se bild).

Under perioden 2006 till oktober 2008 fördelades uppumpat vatten enligt miljödom i proportionerna 35/65 mellan Vadbäcken och Axelstorpsbäcken. Från november 2008 till april 2009 avleddes allt vatten via östra tunnelröret mot söder. Därefter leddes allt vatten till Vadbäcken fram till november 2012 då pumpningen upphörde och igensättningen av arbetstunneln till Mellanpåslaget påbörjades.

Totalt har Vadbäcken ett avrinningsområde på nästan 12 km² och ett normalflöde vid utloppet till Skälderviken runt 200 liter per sekund.

Vattenmängden som tillförts Vadbäckens översta del har varierat mellan 4 och 14 liter per sekund.

Vattentillförseln har främst ökat vattenföringen i bäckens övre delar men i samband med lågvatten har flödena påverkats märkbart utmed en stor del av bäcken. Däremot har den tidigare vattentillförseln från Mellanpåslaget under större delen av tiden inte haft någon betydelse för flödena i bäckens nedre lopp.

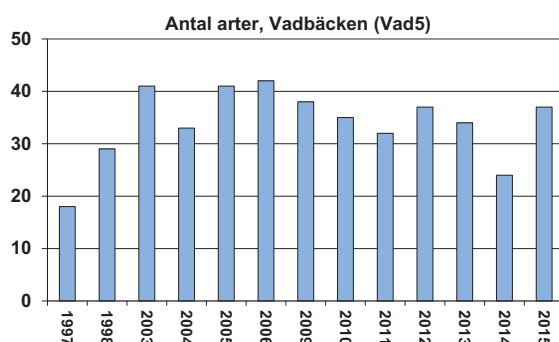


Mynningen på arbetstunneln vid Mellanpåslaget i september 2005 i samband med vattenprovtagning.

Påverkan på vattenkemi och biologi

Vadbäcken har fungerat som recipient för utpumpat vatten från Mellanpåslaget och eftersom bäcken har sin början nära utsläppsplatsen har utspädningen av utlett vatten här varit mycket liten eller ingen alls. Utsläppet av akrylamid hösten 1997 medförde att kor som drack ur bäcken nära utsläppet fick avlivas. I bäcken dog fisk och en del av bottenfaunan, främst dag- och bäcksländor minskade kraftigt. Efter denna händelse har den vattenlevande faunan återhämtat sig och vattendraget hyser idag höga tätheter av öring. I den nedersta delen av vattendraget finns både stationär och havsvandrande öring, medan det i den övre delen, beroende på vandringshinder, endast finns stationär fisk.

Bottenfaunan är liksom i flera av de andra bäckarna på åsen artrik, med en stor andel renvattenindikerande och ovanliga arter. Utvecklingen av artantalet på provstation Vad5 under perioden 1997-2015 visas i figur 37.



Figur 37. Artantal för bottenfauna i Vadbäcken vid provstation Vad5 vid Lilla Lund (se bild t.h, nedströms bäckflödesstation Q11.).

Vattenkemiskt har vattentillförseln från Mellanpåslaget inneburit att vattnet haft ett förhöjt pH med värden på cirka 8. Halterna av kväve och fosfor har varit påfallande låga. Efter det att tillförseln av vatten upphörde i slutet av 2012 har pH fallit med några tiondelar och fosfor- och kvävehalterna har stigit något i bäckens övre delar.

4.2.5 Axelstorpsbäcken

Allmän beskrivning och hydrologisk påverkan

Axelstorpsbäcken är det största vattendraget på Hallandsås som korsar tunnellen. Avrinningsområdets gräns mot söder utgör vattendelare för vatten som rinner av mot Skälderviken respektive Laholmsbukten. Axelstorpsbäcken rinner via Örebäcken och Stensån ut i Laholmsbukten. Bäckens största biflöde, Bjäredsäcken, beskrivs separat nedan.

Axelstorpsbäckens vattenföring har påverkats av tunnelbygget, men eftersom avrinningsområdet är stort och hela tiden delvis beläget utanför påverkansområdet från grundvattenavsänkningen, har inverkan varit begränsad. Bäckfåran har aldrig torkat ut. Tydligast påverkan var då TBM passerade för byggnation av det östra tunnelröret 2008. Då registrerades den lägsta vattenföringen, 8,5 liter per sekund, för hela mätserien 2001-2014 (stn Q03).

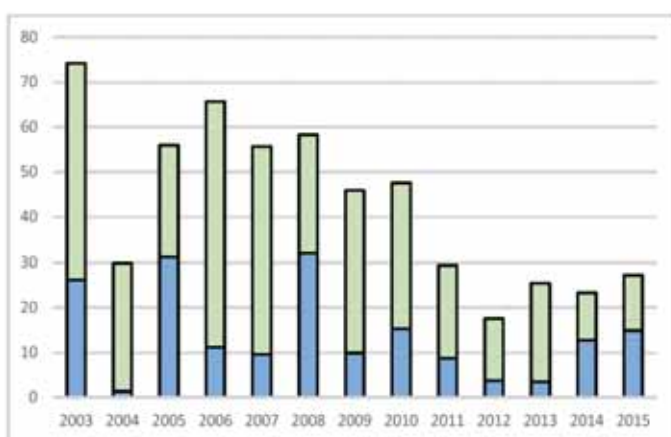
I enlighet med miljödom pumpades under perioden 2006 till 2008 mellan 8 och 10 liter per sekund från Mellanpåslaget till Axelstorpsbäcken för att kompensera för den minskade avrinning mot bäcken.

Påverkan på vattenkemi och biologi

Någon tydlig påverkan på vattenkemi, fisk och bottenfauna som kan kopplas till tunnelbygget finns inte i Axelstorpsbäcken. Detta innebär dock inte att årsvariationer och förändringar över tid saknas. I större delen av bäcken dominerar stationär fisk och för öring finns en tydlig trend med minskande tätheter över tid (se figur 38). Orsaken är inte klarlagd men förändringar av bottensubstrat och pålagring av sand har iakttagits på vissa sträckor. Detta kan inte kopplas till tunnelbygget.



Axelstorpsbäcken. Vattenfall i Axelstorpsravinen.



Figur 38. Tätheter (antal/100m²) av öring i Axelstorpsbäcken nedströms plats för utledning av vatten från Mellanpåslaget (stn EF_3-33) 2003-2015. Blått avser årsyngel (0+) och grönt äldre fisk (1+).

Någon motsvarande nedgång avseende art- eller individantal har inte konstaterats i de undersökningar av bottenfaunan som genomförts. I den nedre delen av bäcken, i den särpräglade Axelstorpsravinen, har faunan varit relativt stabil och flera rödlistade och ovanliga arter förekommer. Dessa kräver överlag god vattenkvalitet.

4.2.6 Bjäredsbacken

Allmän beskrivning och hydrologisk påverkan

Bjäredsbacken är ett biflöde till Axelstorpsbacken och vattendragen sammanstrålar i naturreservatet Axelstorps skogar. Landskapet är dramatiskt med djupt nedskurna bäckraviner, till största delen omgivna av bokskog.

Bjäredsbacken har ett litet avrinningsområde och påverkan på vattenföringen har varit tydlig i samband TBM-passagerna 2008/2009 och 2012. Bäckfåran uppströms naturreservatet har torkat ut flera gånger. Uttorkning kan dock ske även naturligt, utan inverkan från tunnelbygget, vilket till exempel skedde 2004.

Påverkan på vattenkemi och biologi

Särskilt de övre delarna av bäcken, där omgivningen utgörs av myrmarker, är vattnet tidvis starkt färgat av järn och humus. Mätvärdena för perioden före tunnelpåverkan är få vilket försvårar tolkningen av påverkan från tunnelbygget. Det finns tendenser till bland annat stigande kalciumhalter och ökade pH, vilket kan indikera pågående återställning från tidigare påverkan.

Fisk är mycket sparsamt förekommande uppströms ravinkanten i Bjäredsbacken, vilket beror på att det finns naturliga vandringshinder nedströms och att bäckfåran ibland torkar ut uppströms. Nere i ravinen är Bjäredsbacken alltid vattenförande med ett basflöde av utströmmande grundvatten. Bottenfaunan liknar den som finns i Axelstorpsbacken med förekomst av ett stort antal bäcksländearter. Faunan i bäckens mellersta delar kan ha påverkats av tunnelbygget genom minskade flöden och eventuellt påverkad vattenkemi. Till exempel fanns sötvattenmärla rikligt i denna del av bäcken 2008 men återfanns inte vid provtagningar 2012 och 2013.



Död signalkräfta i Lyabäcken efter utsläpp av bentonitlera och cement. 2003-07-22.

4.2.7 Lyabäcken

Allmän beskrivning och hydrologisk påverkan

Lyabäcken är ett biflöde till Örebäcken, som i sin tur avrinner till Laholmsbukten via Stensån. Lyabäckens avrinningsområde uppgår totalt till 4,7 km². Bäcken rinner genom Natura 2000-områdena Korup och Ledtorpet i de övre delarna och Natura 2000-området Lyabäcken och naturreservatet Lyadalen i de nedre.

Landskapet är varierat med skog och jordbruksmark. Vattenkvaliteten är god. Bäckfåran är till stora delar naturlig och den nedre delen rinner med stort fall i en ravin med höga naturvärden i både vattenmiljön och i den lövskogsklädda omgivningen.

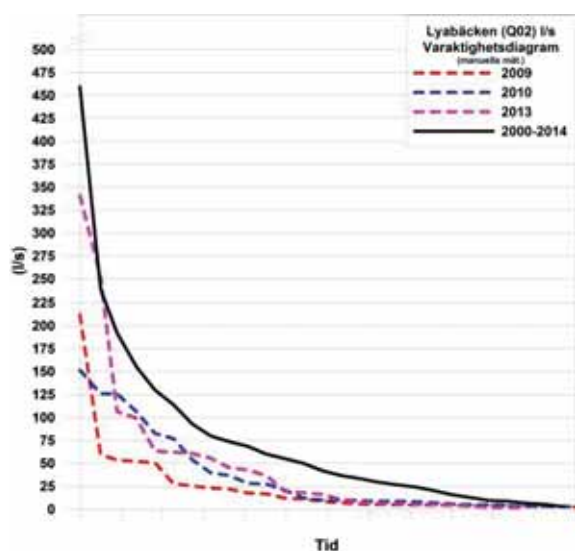
I juli 2003 slogs stora delar av djurlivet i bäcken ut av ett utsläpp av cement och bentonitlera. Utsläppet skedde i samband med undersökningsborrning för att utreda möjligheterna att förinjektera och täta det söndervittrade och delvis mycket vattenförande berget i Möllebackszonen.

Den hydrologiska påverkan av avrinningsområdet började redan i mitten av 1990-talet då tunnelbygget närmade sig avrinningsområdet från norr. Påverkan var dock otydlig vid denna tid. Lyabäcken påverkades däremot mycket påtagligt då det östra tunnelröret byggdes 2009-2010 och därefter det västra 2013 (se figur 39). Vid båda tillfällena torkade delar av bäckfåran ut periodvis. Skyddsåtgärder i form av vattentillförsel till bäcken och flyttning av fisk genomfördes vid båda tillfällena för att begränsa miljöeffekterna. Genomförda skyddsåtgärder redovisas mer i detalj i kapitel 5.

Vid byggnationen av det östra tunnelröret var den mellersta delen av bäckfåran uttorkad under långa perioder mellan juni 2009 och augusti 2010. I samband med nederbörd var dock bäcken vattenförande även under denna period. Även vid byggnationen av det västra tunnelröret minskade vattenföringen och delar av bäcken torkade ut. Denna gång blev påverkan mer kortvarig och perioden med påtaglig påverkan begränsades till delar av 2013. Påverkan på vattenföringen i bäcken kan tydligt kopplas till registrerade nivåvariationer i grundvattnet (se vidare 4.1 Grundvatten).



Uttorkad bäckfåra. Lyabäcken uppströms provstation Q09, 11 juni 2009.



Figur 39. Vattenföringen i Lyabäckens nedre lopp illustrerat som varaktighetsdiagram. Byggnationen av det östra tunnelröret påverkade bäckflödena tydligt under 2009-2010 och det västra tunnelröret påverkade bäckflödet 2013. Diagrammet visar att flödena i förhållande till normalflödet (medel 2000-2014, exkl 2009-2010 och 2013) var mycket lägre under påverkansåren, särskilt 2009.

Påverkan på vattenkemi och biologi

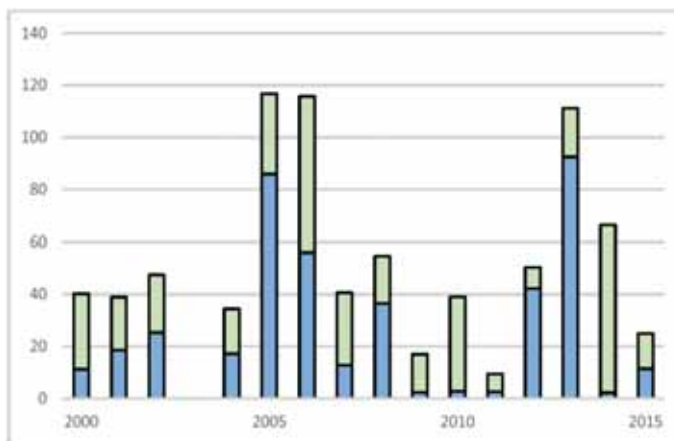
Utsläppet av bentonitlera och cement i juli 2003 medförde en kraftig pH-stegring (pH >10), mycket starkt grumlat vatten och överlagring av botten med cement och bentonit, som delvis härdade som betong.

Effekterna på fisk och bottenfauna till följd av händelserna i Lyabäcken har varit mycket stora. Utsläppet 2003 medförde att fisk och kräfter slogs ut i hela Lyabäcken nedströms utsläppsplatsen vid Böskebron (strax nedströms provstation Q09) och även i stora delar av Örebäcken. Uppströms Lyaforsen (uppströms provstation Q02) drabbades öring och signalkräfter och nedströms noterades även utslagning av ål och nejönögon. Merparten av bottenfaunadjuren i Lyabäcken slogs också ut av utsläppet. Återhämtningen av bottenfaunan var snabb efter händelsen och redan efter några månader var flertalet arter åter på plats. Efter utslagningen massutvecklades vissa arter (exempelvis dagsländan *Baetis rhodani* och bäcksländan *Brachyptera risi*) och individantalen blev då onormalt höga.

Återetableringen av fisk i den påverkade bäcksträckan tog längre tid men höga tätheter av öring erhöles 2005 och 2006. Tätheter och fördelningen mellan öringungar och äldre fisk har sedan varierat stort mellan olika år.

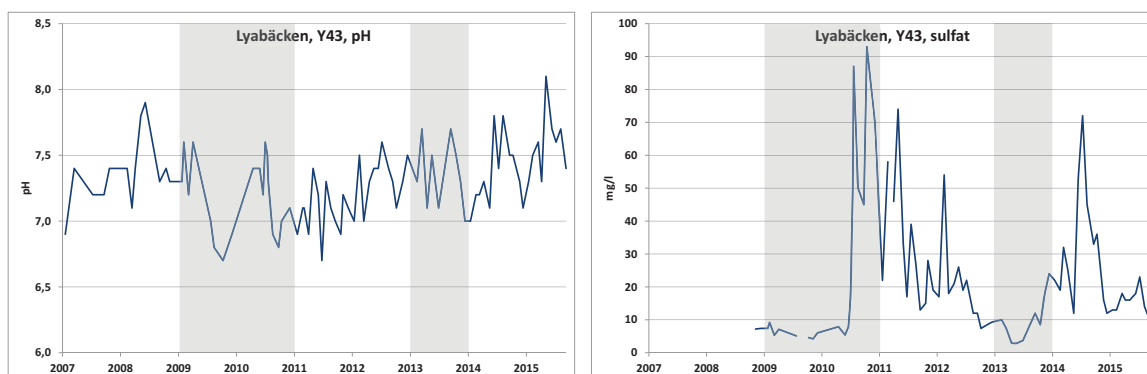


Nymf av jättebäcksländan *Dinocras cephalotes*, en renvattenkrävande art som är typiskt för ravinmiljöerna i Lyabäcken och Axelstorpsbäcken (t.v.). Lyabäcken vid provstation Lya4 (t.h.).



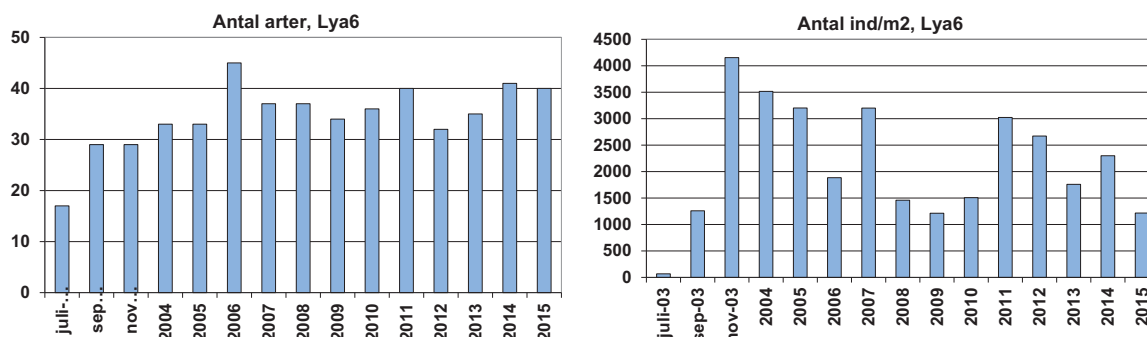
Figur 40. Tätheter (antal/100m²) av öring i Lyabäcken nedströms Böskebron (stn EF_3-11) 2000-2015. Blått avser årsyngel (0+) och grönt äldre fisk (1+).

Vattenkemin i delar av Lyabäcken har påverkats av grundvattenfluktuationer i samband med tunnelbormmaskinens passager 2009-2010 och 2013. I de övre delarna av bäcken har ingen tydlig påverkan noterats. Det generella mönstret har varit en relativt liten påverkan under pågående avsänkning, följt av en betydligt större och långvarigare påverkan i samband med återställningen av grundvattennivåerna. Påverkansmönstret har upprepats vid byggnationen av de båda tunnelrören. Parametrarna som ändrats mest är sulfat (se figur 41) och kalcium som båda ökat markant. Även viss påverkan på pH (se figur 41) har konstaterats till följd av grundvattenfluktuationerna. Under perioder har förekommit ökade halter av vätekarbonat, magnesium, mangan och järn. Lokalt har utfällningar i utlopp från dräneringsrör iakttagits. Analyser av vatten från ett dräneringsrör visade på tydligt förhöjda halter av kalcium och sulfat, vilket förstärker den generella påverkansbilden med ökat utflöde av dessa ämnen i vissa delsträckor. Från och med slutet av 2014 bedöms påverkan på vattenkemin vara mycket begränsad och i stort ha upphört.



Figur 41. pH och sulfathalter i Lyabäcken vid provstation Y43. Tonade tidsperioder visar passager med TBM.

Effekterna på biologin efter dräneringspåverkan 2009/2010 respektive 2013 har också varit påtaglig. De mellersta delarna av Lyabäcken torkade ut första gången sommaren 2009. Före uttorkning flyttades stationär öring från denna del av bäcken till en fiskodling i södra Halland och vid andra passagen flyttades fisk uppströms i bäcken till sträcka som inte torkade ut. Kvarvarande fisk på uttorkade sträckor antas ha slagits ut. På uttorkade sträckor torde även en stor del av bottenfaunan ha försvunnit. Genomförda uppföljningsstudier har visat på en snabb återetablering. Studier från bland annat Nya Zeeland har visat att ägg, nymfer/larver och vuxna individer av vissa organismgrupper kan överleva i bottensubstratet även när bäckfåran är utan vatten. Andra bidragande orsaker till snabb återhämtning är också att hela vattendraget inte torkat ut. Förutom att flygande insekter lätt kan återkomma ger detta möjlighet för djur att drifta nedströms och återkolonisera tidigare uttorkade bottnar.



Figur 42. Art- och individantal av bottenfauna i Lyabäcken vid Veregårdsbron (Lya6, nedströms tunnelsträckningen vid elfiskelokal EF 3-31).

Ytterligare en annan faktor som kan ha betydelse för snabb återhämtning är att inget predationstryck från fisk finns efter uttorkning.

Öringbeståndet i Lyabäcken har varierat kraftigt mellan olika år. Till följd av mycket låga flöden i bäcken var tätheterna mycket låga 2009 och 2010. Återutsättning av öring hösten 2010 (fisk som tillfälligt varit stationerad på fiskodling i Halland, se vidare 5) bidrog till att effekterna av torrläggningen av delar av Lyabäcken begränsades och kanske också till att förutsättningarna för återhämtning förbättrades.

Någon påverkan på de biologiska förhållandena som orsakats av ändrade vattenkemiska förhållanden till följd av variationer i grundvattennivåer har inte kunnat utläsas.

4.2.8 Älabäcken och bäckar på nordsluttningen

Allmän beskrivning och hydrologisk påverkan

På åsens nordsluttning inom influensområdet för tunnelbygget finns flera mindre bäckar med utlopp i Stensån. Den största av dessa är Älabäcken, som är belägen i nordöstra delen av påverkansområdet. Hydrologin i området har varit mer eller mindre påverkad sedan tunnelbyggets start 1992. De mindre bäckarna torkar naturligt ut under torrperioder men tunnelbygget har medfört att vattenflödena minskat och perioder med uttorkning ökat i omfattning. Tågtunnlarna har tätats successivt och 2015 var det första år som något nollflöde inte registrerats i den bäck (provstation Q07) där vattenföringen registrerats sedan 2001. Älabäcken har delar av sitt avrinningsområde utanför influensområdet och har påverkats hydrologiskt men i mindre grad. Nollflöden registrerades i bäckens nedre lopp i början av 2000-talet (provstation Q01) men tillrinningen synes därefter ha ökat.

Påverkan på vattenkemi och biologi

Några biologiska undersökningar har inte utförts i bäckarna på nordsluttningen, men prover på vattenkemin har tagits på två provstationer i Älabäcken under åren 2007-2015. Bäckens måttliga näringsämneshalter och pH ligger normalt över 7, särskilt i den nedre delen av bäcken. I likhet med flera andra bäckar på åsen är vattnet, särskilt under sommar och höst, ofta kraftigt brunfärgat. I vattenanalyserna visar sig detta i höga färgtal, höga halter av järn och organiskt material (COD och TOC). Några resultat som kan kopplas till påverkan från tunnelbygget eller några andra tydliga utvecklingstrender har inte identifierats.



Torr bäckfåra på nordsluttningen med mätöverfall vid station Q09.

4.2.9 Örebäcken och Stensån

Allmän beskrivning och hydrologisk påverkan

Stensån är ett huvudflodområde som mynnar i Laholmsbukten öster om Båstad. Vattendraget är ett utpekat laxfiskvatten och omfattas av särskilda miljö kvalitetsnormer.

Allt vatten inom tunnelbyggets influensområde som rinner av mot norr hamnar i Stensån. Hela Stensån har ett avrinningsområde på drygt 1000 km². Normalflödena i ån är några tusen liter per sekund, vilket gör att tunnelbyggets inverkan på vattenföringen i ån har varit försumbar. Stensån har under perioden 1994 till juni 2004 fungerat som recipient för renat tunnelvatten som avletts genom tunnelmynningarna i norr. Stensån är också recipient för det tunnelvatten som avleds mot norr under drifttiden. Mängden vatten som avletts till Stensån visas i bilaga A1.

Örebäcken mynnar i Stensån en dryg kilometer uppströms Stensåns utlopp i Laholmsbukten. Strax före utloppet i Stensån passerar Örebäcken genom Öresjön. Bäckens har ett totalt avrinningsområde på 26 km² och i detta ingår Axelstorpsbäcken och biflödena Lyabäcken och Sinarpsbäcken. Även Örebäcken är så pass stor att den minskade avrinningen, som vissa år skett till följd av tunnelbygget, bedöms ha marginell betydelse för vattenföringen i bäcken.

Påverkan på vattenkemi och biologi

Det ekologiska kontrollprogrammet har inte haft några kontrollstationer för vattenkemi i Stensån eller i Örebäcken. Vattenkemisk kontroll har skett av utgående tunnelvatten till Stensån.

Bottenfauna- och fiskundersökningar har utförts i både Stensån och Örebäcken. I Stensån, som ofta har ett vattendjup som är för stort för effektiva provfiske, har elfiskeundersökningar utförts under 1990-talet och fram till 2004. I ån dominerar lax och havsöring. Även provtagning av bottenfauna med standardiserad håvprovtagning har vissa år försvårats av höga vattenstånd. Bottenfaunaresultaten från Stensån har de flesta år uppvisat höga artantal och förekomst av rödlistade eller ovanliga arter. Den mest spektakulära arten är det sällsynta och rödlistade kräftjuret *Proasellus coxalis*.

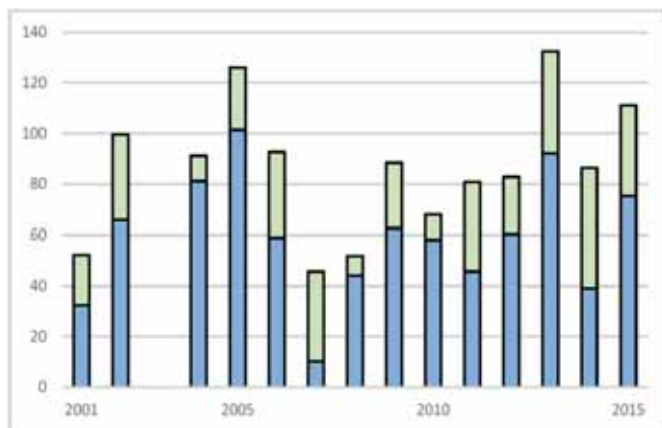


Proasellus coxalis.

Örebäcken karaktäriseras av en rik fiskfauna och tätheterna av laxfisk, både öring och lax, har haft en uppåtgående trend sedan 2007. I samband med utsläpp av bentonitlera/cement uppströms i Lyabäcken i juli 2003 slogs fiskfaunan ut även i Örebäcken ner till Öresjön. Redan 2004 fanns åter rikligt med fisk i Örebäcken men tätheter och åldersfördelning varierade mycket kraftigt de första åren efter händelsen.



Lax från Örebäcken.



Figur 43. Tätheter (antal/100m²) av öring i Örebäcken vid Oleborg (stn EF_3-25) 2001-2015. Blått avser årsyngel (0+) och grönt äldre fisk (1+).

Även för bottenfaunan var påverkan i Örebäcken omfattande efter utsläppet av bentonitlera/cement. Direkt efter utsläppet bedömdes att 80 % av bottenfaunan slogs ut. Redan under hösten 2003 hade flera arter återkommit. Sedan 2005 bedöms faunan i Örebäcken vara normal och bottenfaunan karaktäriseras av flera renvattenkrävande och ovanliga arter.

4.2.9 Kvarstående effekter och prognos för framtiden

Några kvarstående effekter av betydelse i ytvattenmiljöerna inom influensområdet till följd av tunnelbygget kan idag inte utläsas. De bäckar som påverkades mest under byggtiden var Böskestorpsbäcken och Lyabäcken.

I Lyabäcken, med berörda Natura 2000-områden, har genomförda skyddsåtgärder, med utledning av vatten under kritiska perioder till olika delar av bäcken, minskat påverkan markant då permanenta flöden har kunnat upprätthållas. Pålagringen av lera och betong på bottenmiljön efter olyckan i juli 2003 sanerades omsorgsfullt direkt veckorna efter händelsen. Några fysiska spår av utsläppet i bäcken finns inte.

För öringsbeståndet i Lyabäcken varierar resultaten mycket mellan olika år och vad som är normalt är svårt att definiera. Troligen är bestånden som helhet, och åldersfördelningen mellan individerna, fortfarande påverkade av de händelser som skett i vattendraget. Full återställning av dessa förhållanden bedöms ta ytterligare något eller några år.

De biologiska förhållandena idag avseende bottenfauna bedöms också avspegla vad som är normalt för bäcken. En avvikelse är dock att nattsländan *Wormaldia occipitalis*, som före cement/bentonitutsläppet 2003 noterats nedströms Böskebron, inte återfunnits. Arten har påträffats i flera andra näraliggande vattendrag.

De kvarstående effekter som föreligger idag (hösten 2015) består i att de ytliga grundvattennivåerna inom delar av avrinningsområdet inte stabiliserats och återhämtats fullt ut. Detta synes dock inte ha någon inverkan på vattenföringen i bäcken. Vattenkemin i Lyabäcken bedöms idag i stort vara återställd.

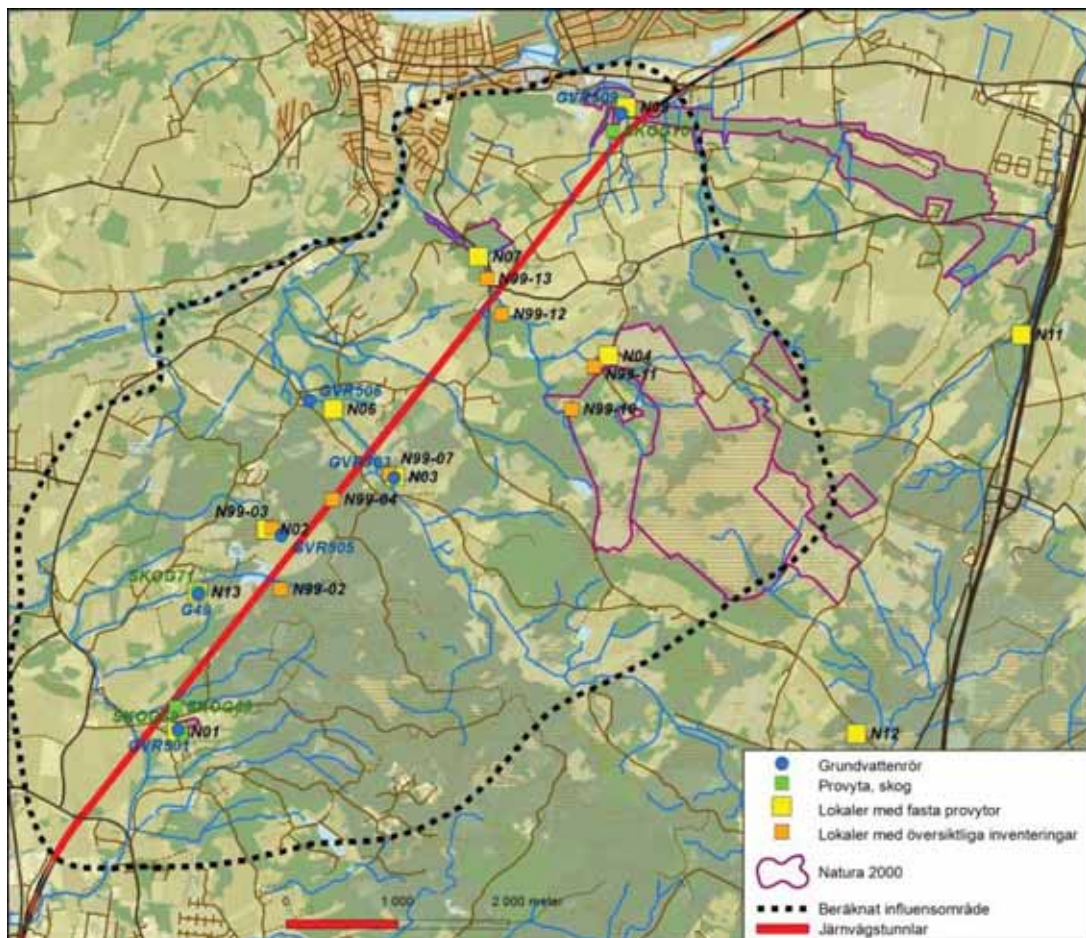
Även i Böskestorpsbäcken bedöms miljöförhållandena i stort ha återgått till vad som kan betecknas som normala. I vattenkemiskt hänseende är underlaget för att avgöra vad som är normalt begränsat, men bedömningen är att viss återställning, främst i de övre bäckarmarna, fortfarande pågår.

4.3 Natur

4.3.1 Inledning

Natur avser i detta sammanhang den del i Ekologiska kontrollprogrammet där uppföljning skett av kärlväxter, mossor och mollusker inom utvalda kontrolllytor. I denna programdel har vartannat år också ingått fotografering från fasta provpunkter och dokumentation av skötsel, till exempel av antalet betesdjur och av skogliga åtgärder. Kontrolllytorna representerar inte all påverkad natur inom påverkansområdet men bedöms visa förhållandena i de mest känsliga och, från naturvårdssynpunkt, värdefullaste områdena. Undersökningarna redovisas från söder till norr och kopplade till de olika delområden som grovt kan urskiljas med hänsyn till förekommande grundvattenmagasin i berg. De geologiska och hydrologiska förhållandena varierar dock avsevärt inom dessa delområden. Resultaten från kontrolllytorna bör därför bara användas för att beskriva påverkan i dessa. Kontrolllytorna kan inte antas representera andra platser inom delområdena, även om flera yttre förutsättningar till synes är lika.

Hälften av kontrolllytorna har varit placerade i skog och hälften i öppna, eller buskbevuxna, betes- eller slåtterhävda marker. Hela upplägget och omfattning av kontrollprogrammet för momentet *Natur* redovisas i bilaga A8. På flera platser finns också rent skogliga uppföljningslytor i direkt anslutning till naturlytorna. Resultaten från dessa skogsundersökningar redovisas i kapitel 4.5 *Skog*, men kommenteras kortfattat även i detta kapitel. Tunnelbyggets påverkan på grundvattennivåer redovisas huvudsakligen i kapitel 4.1 *Grundvatten*, men där rör för registrering av grundvattennivåer i jord funnits i nära anslutning till kontrolllytorna för *Natur* redovisas dessa mätningar i föreliggande kapitel.



4.3.2 Påverkan under byggtid

Sydslutningen

Kontrolltytor: Slottet (N01).

Kontrollytan Slottet ligger inom Natura 2000-området med samma namn. Slottet ligger i det område på Hallandsåsen som geologiskt brukar benämnas södra randzonen (SRZ) och som består av djupvittrat berg med ringa vattenföring. Det vittrade berget täcks av morän med lagerdjup på 15 meter eller mer. Natura 2000-området utgörs till största delen av ett fuktigt-blött skogsområde som domineras av al. Centralt i området finns ett öppet kärr – en äng där slåttern återupptogs av Bjäre naturskyddsförening under 1990-talet. Kontrollytan (N01) ligger i slåtterängen. Området har en kalkrik jordmån och en mycket artrik flora och fauna.



Kontrollyta Slottet (N01), slåtteräng (juli 2010).

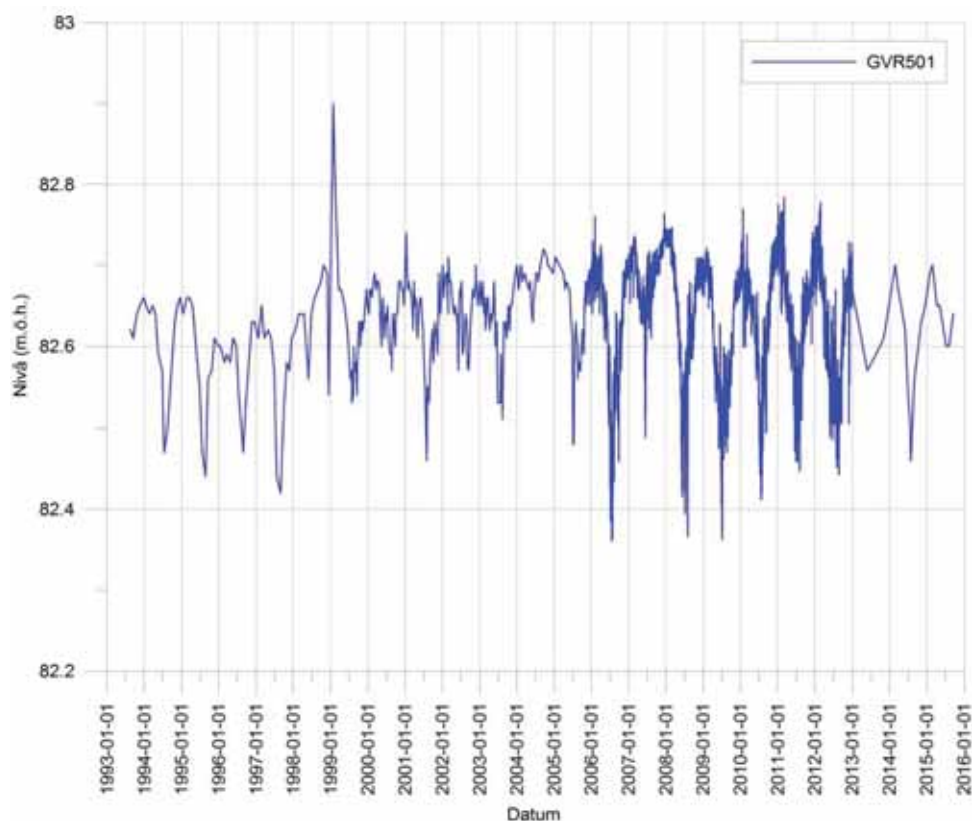
Tunnelarbetena i berg nådde området 1997, avbröts därefter under några år, och återupptogs 2005. De geologiska förhållandena har här inneburit att någon påverkan på grundvattennivåerna i jord inte kunnat konstateras i Slottet.

I Slottet har förändringarna i vegetationen under undersökningsperioden varit små. Exempel på arter som ökat tydligt är darrgräs och Jungfru Marie nycklar (figur 46), men även kärrfibbla, loppstarr, åkerfräken och ängsvädd har ökat. Arter som klibbal och rödsvingel har också ökat, trots att dessa normalt kan förväntas missgynnas av slåtter. Arter som minskat är bland andra vattenmynta, kärrtistel, ryltåg, kärrviol, sump- och vattenmåra. Förändringar av mossfloran (figur 47) består i att vitmossorna ökat medan rikkärrsmossor som sumpspärrmossa, späd skorpionmossa, stor skedmossa och gyllenmossa minskat. Förändringarna är svåra att tolka men tyder på en pågående försurningsprocess i kombination med ökad näringstillgång.

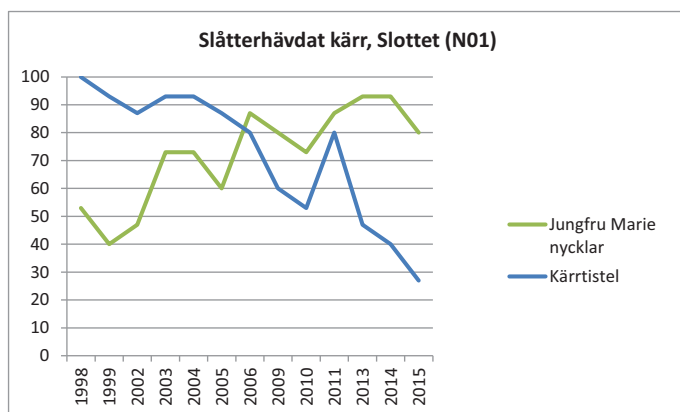
Undersökningarna av molluskfaunan visar på goda och stabila hydrologiska förhållanden. Arter med särskilda naturvärden och som är knutna till kärrmiljöer med kalkinslag har utvecklats positivt under undersökningsperioden. Exempel är förekomsten av de sällsynta kalkkärrgrynsnäcka och smalgrynsnäcka samt den nyligen påträffade ängsgrässnäckan.

De förändringar av fauna och flora som kan ses i Slottet tolkas i huvudsak som en effekt av pågående slåtter och den skogliga succession som pågår runt slåtterytan.

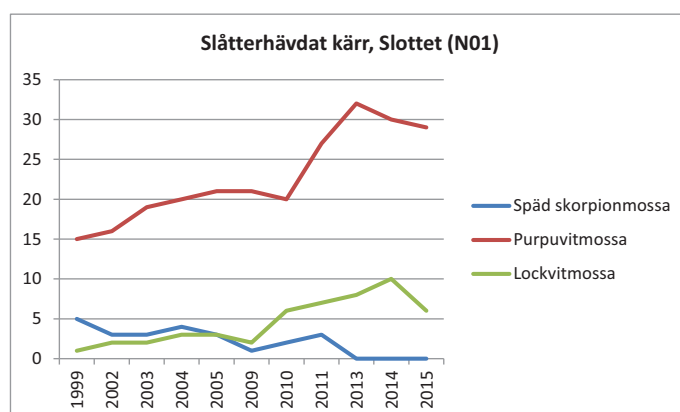
Någon dräneringspåverkan inom den intilliggande kontrollytan för alskog (Skog69) har inte noterats, men i den näraliggande (cirka 200 m NV Slottet) alskogsytan Skog68 har marken tillfälligt bedömts ha varit onormalt torr.



Figur 45. Grundvattennivåer i jord i rör GVR501 beläget centralt i Natura 2000-området Slottet.



Figur 46. Förekomst av kärlväxter i Slottet inom fasta provrutor, 1 m² (% av totalt antal inventerade provrutor, 15 stycken).



Figur 47. Förekomst av mossor i Slottet inom fasta provrutor (36 smårutor, 5x5 cm, per provruta 1 m², % av totalt 360 stycken inventerade smårutor).

Severtorp/Flintalycke

Kontrolltytor: Severtorp (N02), Böskestorp (N13) och tilläggsytor

Området Severtorp/Flintalycke representeras av kontrolltytorna Severtorp (N02) och Böskestorp (N13). Severtorpsytan är belägen i ett beteshävdad kärr medan ytan i Böskestorp utgörs av en alsumpskog.

TBM-driften för det östra tunnelröret började beröra området från söder under 2006, fortsatte under 2007 och lämnade området under början av 2008. Byggnationen av det västra röret i området pågick framför allt under 2011. Påverkan på vattennivåerna nära markytan har varit mycket påtagliga under tunnelbygget. Tydlig uttorkning av kärr har skett och påverkansperioden har inom vissa delområden varit utsträckt i tiden och omfattat mer än två år.

Vattennivåer i dammar och kärr bedöms idag som normala men påverkan på grundvattennivåerna i jord har inom vissa områden lokalt dröjt sig kvar och nivåerna är inte fullt återställda.

Alsumpskogen i Böskestorp (N13) påverkades främst under slutet av 2006 och under 2007 då normalt blöta lågområden torkade ut. Effekterna på kärlväxterna i fältskiktet har dock varit relativt små men har dokumenterats i en minskad förekomst av mannagräs och tillfällig ökning av kärrgröe och klibbalsplantor. Markägaren har upplevt ett ökat uppslag av hallon i området efter dräneringspåverkan. Mossfloran och molluskfaunan har troligen inte påverkats i området. I intilliggande kontrolltyta (Skog71) inom skogsprogrammet konstaterades tydligt torrare markförhållanden 2006-2007 men inga skador på ytans alträd. Påverkan är generellt mindre i undersökta skogsmiljöer jämfört med öppna kärr.

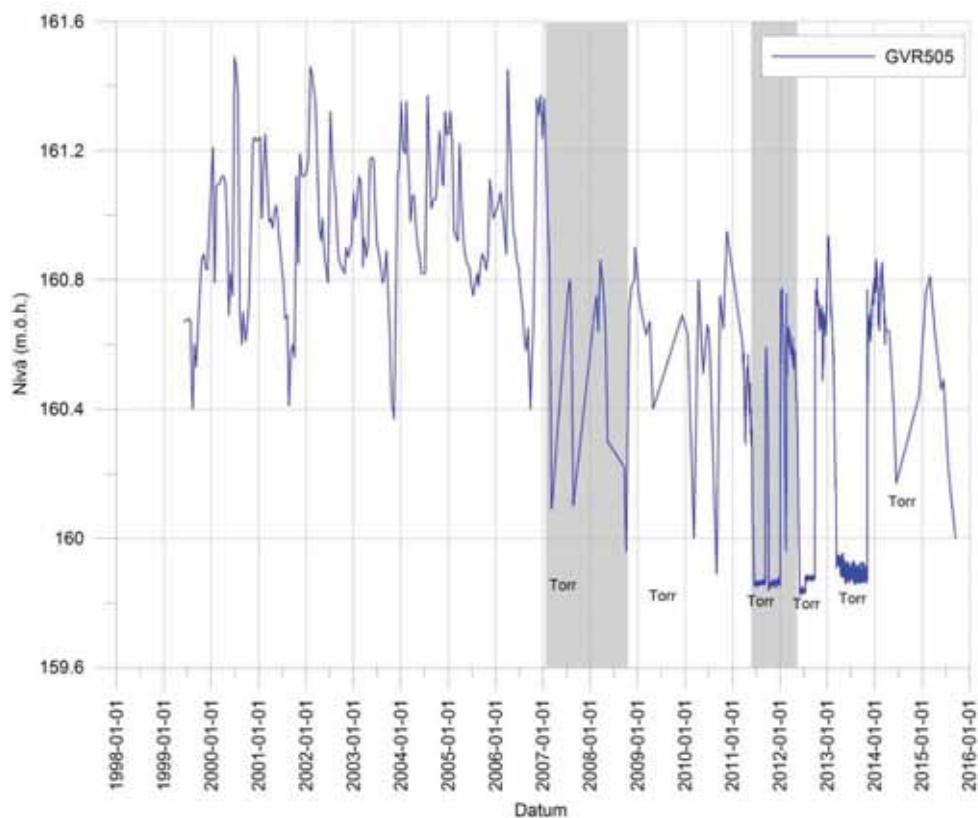
Till skillnad från Böskestorp har påverkan på vegetationen i Severtorpsytan varit mycket tydlig (figur 50 och 51). Påverkan från TBM-driften 2007 innebar att delar av mosstäcket dog. Detta innebar att flera levermossor försvann och flera bladmossor, såsom några vitmossor och spjutmossa, gick tillbaka tydligt. Samtidigt minskade flaskstarr och vattenklöver. Rundsilesår noterades inte alls 2007 och 2008. Även i de mer eller mindre öppna kärren inom tilläggslokalerna 2, 3 och 4 (se figur 44) har påverkan märkts på likartat sätt som i Severtorpsytan (N02).



Kontrolltyta Severtorp (N02), betat kärr (juli 2014).

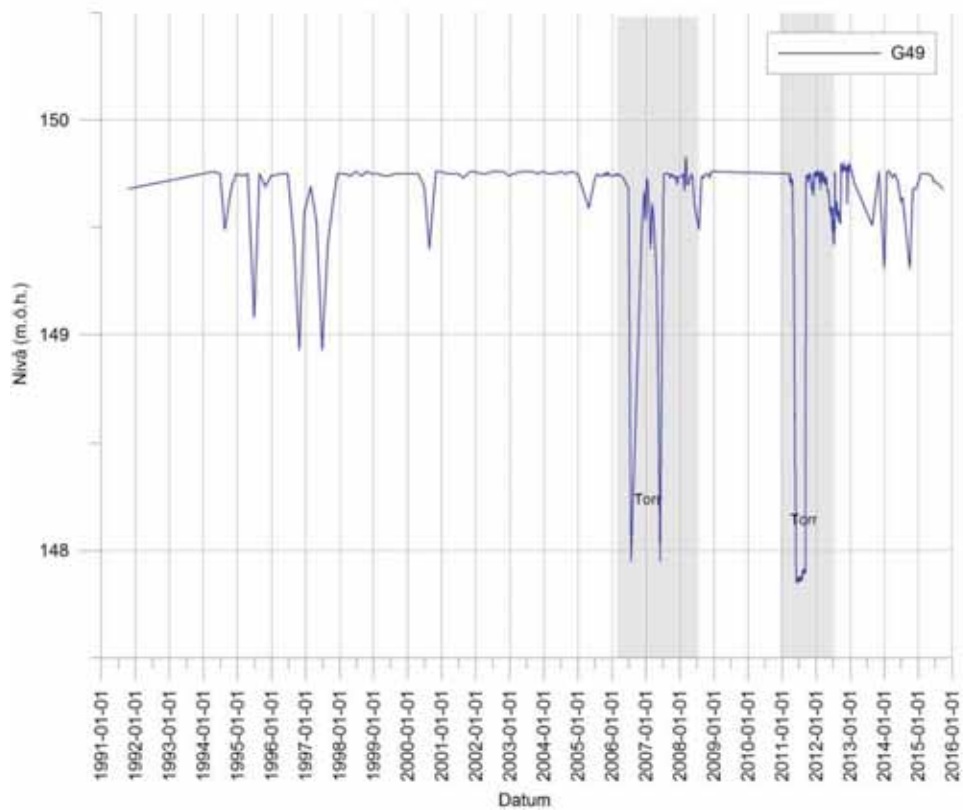


Kontrolltyta Böskestorp (N13), alsumpskog (juli 2014).



N02

Figur 48. Grundvattennivåer i jord i rör GVR505 beläget nära intill kontrolllyta Severtorp (N02). Tonade tidsperioder markerar påverkan från TBM drivning.



N13

Figur 49. Grundvattennivåer i jord i rör G49 beläget nära intill kontrolllyta Böskestorp (N13). Tonade tidsperioder markerar påverkan från TBM drivning.

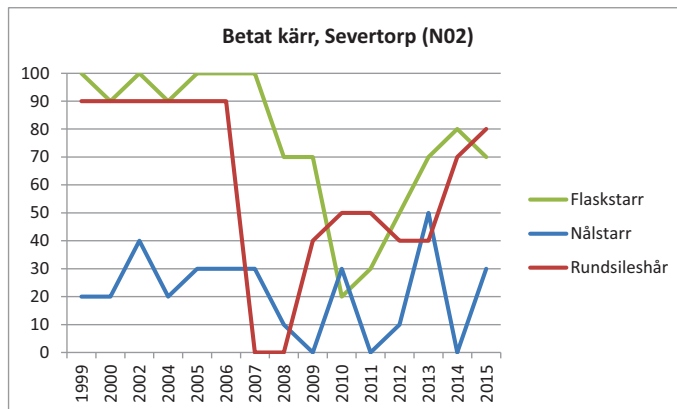


Rundsilleshår är den kärlväxtart som påverkades snabbast av den dränering som tunnelbygget medförde.

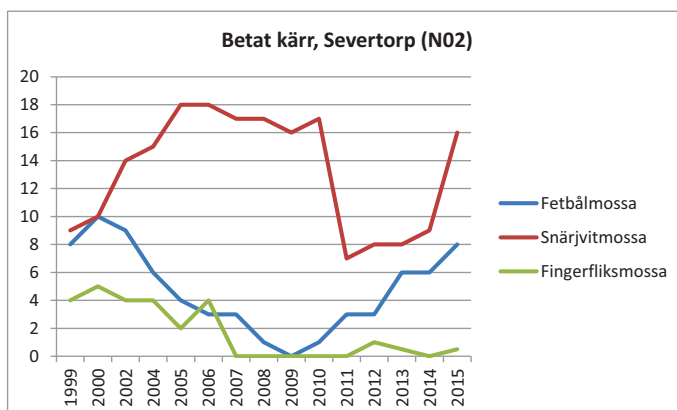
Det som noterats, utöver direkta vegetationsförändringar är att marken blev mer kompakt i samband med dräneringspåverkan. Påverkan av byggnationen av det västra tunnelröret 2011 var betydligt mindre och mildrades då också av att området vid kontrolllytan Severtorp aktivt bevattnades som skyddsåtgärd. Under de senaste åren har kärlväxtvegetationen i stort närmat sig vad som bedöms vara normalt, men fortfarande förekommer rundsilleshår, flaskstarr och vattenklöver i mindre omfattning än före tunnelbygget. Även för mossfloran märks en återhämtning men några arter, såsom myrmylia och spärrvitmossa, har inte återfunnits under senare år. Eventuellt har ett

mer brunfärgat vatten, med tidvis mycket höga halter av järn och organiskt material, efter TBM-passagera försvårat återhämtningen av några mossarter (se vidare 4.2 Vattendrag och andra ytvatten). Före tunnelbygget hade vissa kärr, mjukmattekärr, tydliga gungflyn. Denna kärrkaraktär har börjat återkomma men upplevs idag inte vara densamma som före tunnelbygget. Något objektiv mätning av detta har dock inte utförts.

Någon tydlig påverkan på molluskfaunan har inte noterats. De variationer i resultat som finns mellan åren kan förklaras av att antalet individer av förekommande arter är lågt på lokalen, vilket gör att slumpmässiga faktorer vid undersökningarna har haft stor betydelse.



Figur 50. Förekomst av kärlväxter i Severtorp inom fasta provrutor, 1 m² (% av totalt antal inventerade provrutor, 10 stycken).



Figur 51. Förekomst av mossor i Severtorp inom fasta provrutor (36 smårutor, 5x5 cm, per provruta 1 m², % av totalt 360 stycken inventerade smårutor).



Uttorkad björnmossa 2010 och återhämtad frodig björnmossa 2014 i tilläggsområde 4, som inventerats översiktligt.

Området Axelstorp/bäcken och Bjäred

Kontrolltytor: Bjäred (N03), Axelstorp (N06) och tilläggsytor.

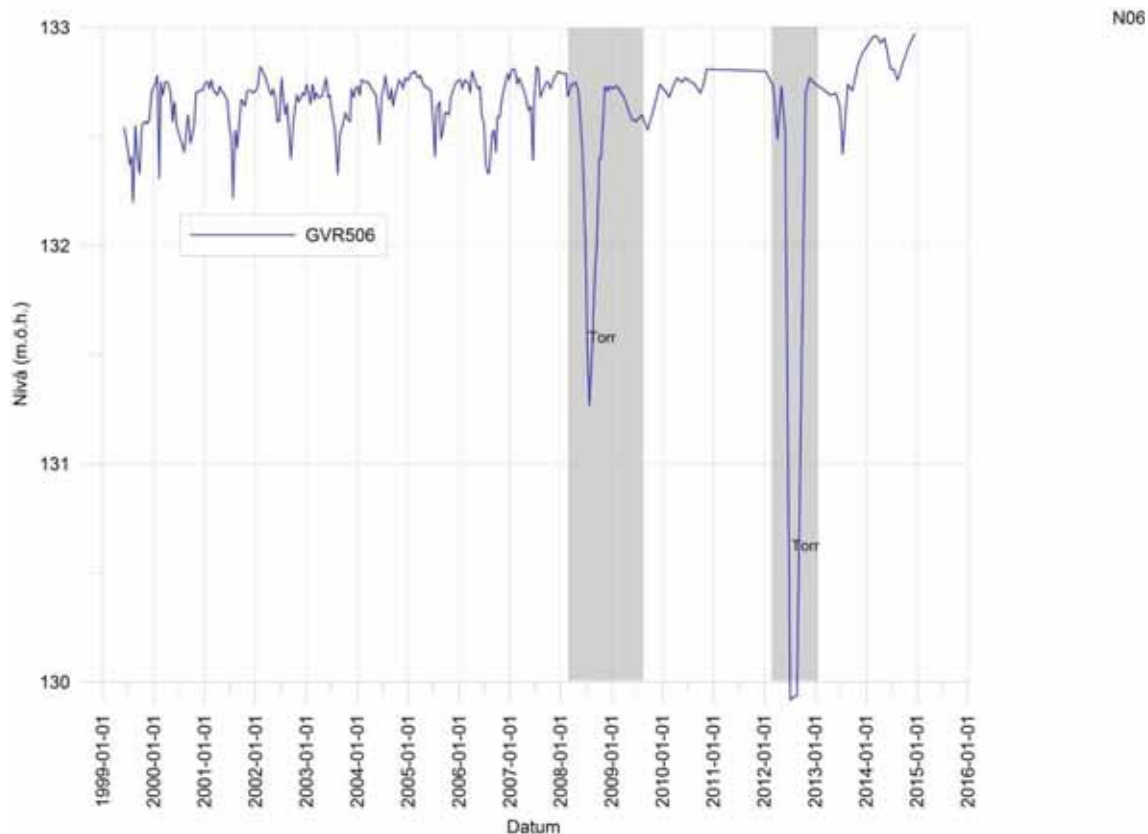
Området Axelstorp/Bjäred representeras av ett betat sluttande kärr vid Bjäred (N03) och ett alkärr invid Axelstorp/bäcken (N06). Området vid alkärret berördes av TBM-passagera 2008 och 2012. Påverkan på grundvattennivåerna i jord blev här tydliga men kortvariga. I andra delar av området har påverkan på grundvattennivåerna varit utsträckt i tiden. Dels har det funnits en påverkan från mellanpåslaget under åren 1997-2013. Och dels har påverkan förstärkts i samband med TBM-passagera (främst 2008/2009 och 2012).



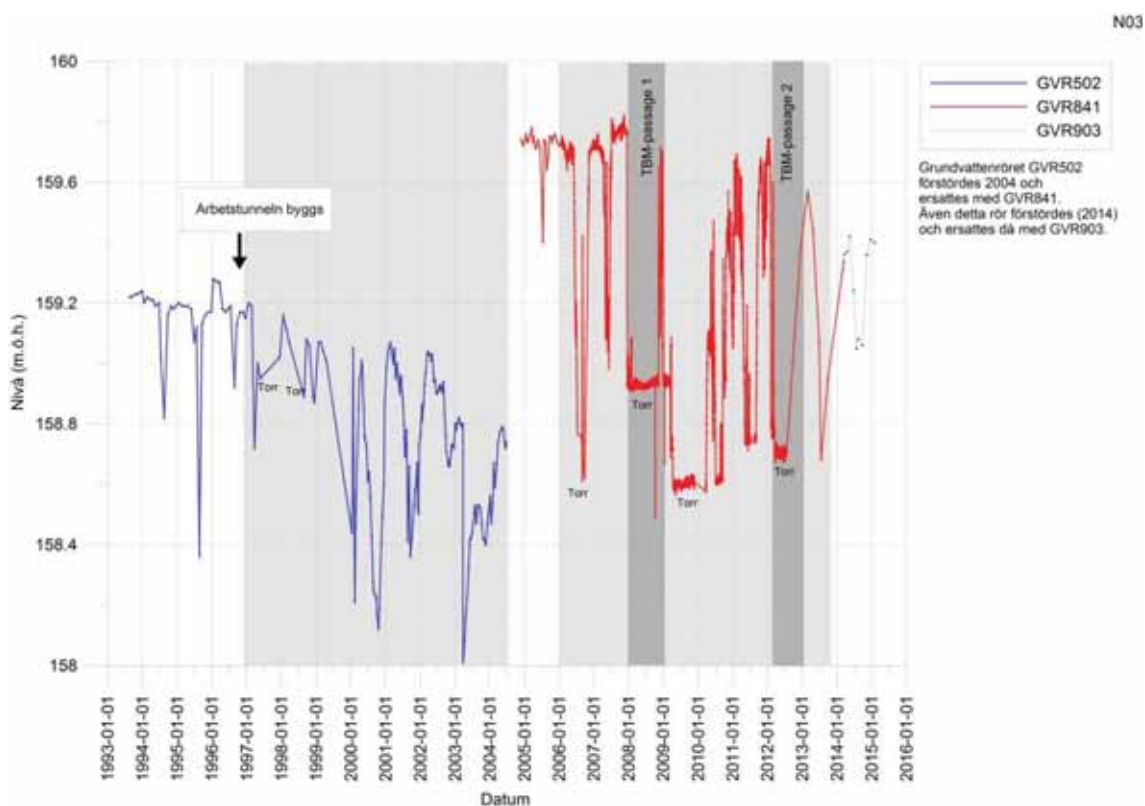
Kontrolltyta Axelstorp (N06), alsumpskog (maj 2012).



Kontrolltyta Bjäred (N03), betat kärr i sluttning (juli 2004 t v och juli 2012 t h).



Figur 52. Grundvattennivåer i jord i rör GVR 506 beläget nära intill kontrolllyta Axelstorp (N06). Tonade tidsperioder markerar påverkan från TBM drivning.



Figur 53. Grundvattennivåer i jord i rör GVR903 (tidigare GVR502 och GVR841) vid kontrolllyta Bjäred (N03). Ljust tonade tidsperioder markerar påverkan från mellanpåslaget och mörkt tonade påverkan från TBM drivning.

Några tydliga förändringar som kan kopplas till tunnelbygget har inte kunnat ses på vegetationen eller molluskfaunan på Axelstorpslokalen (NO6). De vegetationsförändringar som iakttagits är bland annat att förekomsten av bäckbräsma har minskat. Detta kan tolkas som indikation på torrare förhållanden. Samtidigt har spjutmossa ökat, vilket kan tolkas som ett tecken på det motsatta. Tillfälliga översvämningar och vattenerosion är troligen en faktor som inverkar på vegetationen i kontrolllytan. Inte heller den näraliggande kontrolllytan (Skog 67) inom skogsprogrammet har visat några resultat som indikerar negativ påverkan.

I kontrolllytan vid Bjäred har vegetationsförändringarna varit mycket märkbara. Hydrologin i området har påverkades av den grundvattenavsänkning som skedde runt mellanpåslaget och som medförde att kärret blev torrare. Uppslaget av klibbal och videbuskage har ändrat områdets karaktär (se bilder). Samtidigt har betestrycket varierat mellan åren. Flera arter har uppvisat minskande utbredning redan före TBM-passagerna men utvecklingen förstärktes 2008. Flera typiska kärrarter av kärlväxter har successivt minskat för att därefter försvunnit helt (figur 54). Detta är fallet för flaskstarr, rundsileshår, tranbär och ängsull, medan andra arter fortfarande finns kvar men med minskande förekomst. Att kärret gradvis blivit allt torrare är orsaken till denna kraftiga förändring i vegetationen, vilket även medfört en mycket kraftig igenväxning. Buskagen skuggar marken vilket påverkar undervegetationen negativt. De tätande buskagen har också resulterat i att betesdjuren anlagt stigar med upptrampad kal mark som följd. En avverkning av buskage har utförts under 2015 (se bild).

Även för mossfloran har påverkan varit stor till följd av uttorkning och efterföljande vegetationsförändringar (busk uppslag) och kreaturstramp. Flera levermossor har försvunnit från området. Även flera vitmossor har försvunnit eller minskat tydligt (figur 55).

Effekterna på molluskfaunan har inte varit lika stor även om vissa förändringar har noterats. Text har vissa mer typiska skogsarter ökat då de gynnats av igenväxningen med viden och al.

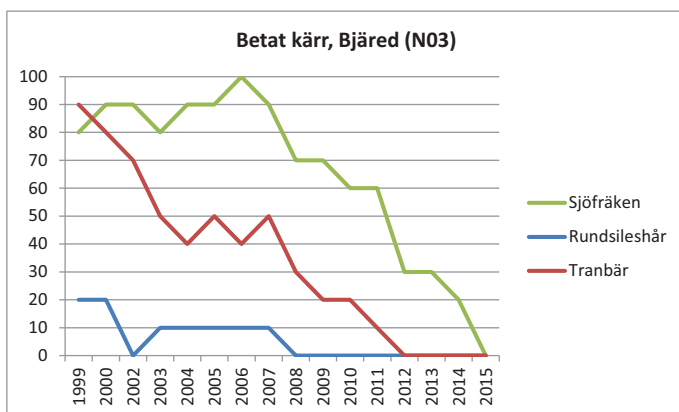
Under de senaste åren har området åter blivit blötare och arter som rundsileshår, tranbär och ängsull har åter noterats i området (dock ej inom fasta provytor).

Skogsprovytan (Skog 66) som ligger i anslutning till NO3 visar inte på några skador. Här kan grundvattensänkningen istället ha gynnade klibbalen.

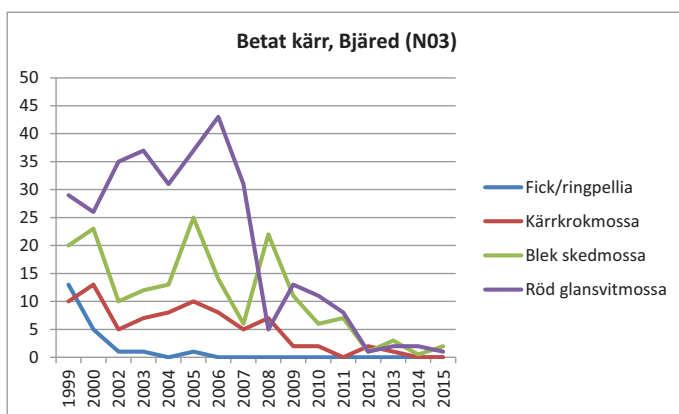
Inom tilläggslokalen 7 (se figur 44) med alsumpskog har också iakttagits vegetationsförändringar som kan kopplas till dräneringspåverkan. Arter som gått tillbaka är mannagräs, småvänderot, vattenmynta, vattenmåra och ältranunkel. Även här har marken blivit tydligt blötare under senare år men endast mindre indikationer på vegetationsåterställning har noterats.



Kontrolllyta Bjäred (NO3), efter buskröjning (oktober 2015).



Figur 54. Förekomst av kärlväxter i Bjäred inom fasta provrutor, 1 m² (% av totalt antal inventerade provrutor, 10 stycken).



Figur 55. Förekomst av mossor i Bjäred inom fasta provrutor (36 smårutor, 5x5 cm, per provruta 1 m², % av totalt 360 stycken inventerade smårutor).

Lyadalen

Kontrolltytor: Ledtorpet (NO4), Lyadalen (NO7) och tilläggsytor.

Området Lyadalen representeras av kontroll-
ytorna Lyabäcken (NO7), Ledtorpet (NO4)
och tilläggsytor från Korupsområdet ner till
Lyabäcksravinen. Avrinningsområdets övre
delar ligger delvis inom Natura 2000-
området Korup med stor andel sumpalskog.
Korupsområdet övergår nedströms i Natura
2000-området Ledtorpet som utgörs av
betade eller slåtterhävdade öppna kärr med
rik flora. Ytterligare nedströms vidtar Natura
2000-området Lyabäcken och natur-
reservatet Lyadalen som bland annat utgörs
av fuktig blandlövskog.

Tunnelbygget har framför allt påverkat
området i samband med TBM-passagerna
2009-2010 och 2013. Mer lokal påverkan
har också skett då den s k accesstunneln till
MBZ anlades och vid arbetet med
tvärtunnlar.

Vissa vegetationsförändringar har iakttagits i
Ledtorpet. Norr om Lyabäcken har påverkan
på vattenförhållandena i markytan varit
mycket små. I kontrollytan (NO4) har trots
detta vissa förändringar skett över tid, men
dessa bedöms i huvudsak vara kopplade till skötseln med slåtter, som återupptogs under 1990-
talet, och en ökad påverkan av näringsämnen. Mossfloran har varit relativt stabil men under



Lyaravinen vid kontroll yta NO7. Almsjuka med glesnande trädskikt och ökad utbredning av jättebalsamin har förändrat miljön under 2010-talet (överst 2014, nederst 2013).

senare år har några arter minskat, främst spjutmossa. Detta kan vara en indikation på något torrare förhållanden. I molluskfaunan finns vissa svängningar mellan åren men faunan bedöms överlag stabil och uppvisar ingen negativ trend.

Söder om Lyabäcken (med tilläggslokal 11) har dräneringspåverkan från tunnelbygget varit tydlig i samband med båda TBM-passagerna. I området har därför också genomförts bevattning som skyddsåtgärd 2010 och 2013. Ändringar av fällindelning och typ av betesdjur är andra faktorer som påverkat området under senare år. I de enklare inventeringar som utförts i denna del av Ledtorpet har en minskning av flaskstarr konstaterats och rundsileshår noterades inte 2014. Vid 2015 års inventering märks en ökning av flaskstarr och rundsileshår hittades åter. Förändringar har noterats i mossfloran där vitmossorna gått tillbaka, eventuellt både som en konsekvens av dräneringspåverkan och av bevattningen. En karaktärsart för området är den rödlistade käppkrokmossan. Den har noterats flertalet år men inte 2014. Negativ påverkan från dränering kan inte uteslutas men även ökade trampskador från tyngre betesdjur under 2014 bedöms tillfälligt missgynnat arten. Käppkrokmossa hittades åter 2015.

Även i Lyabäckens nedre delar har märkts, framför allt vid TBM-passagerna, att markförhållandena blivit torrare i vissa delar. Några påtagliga förändringar av flora och fauna som kan knytas till detta är dock svåra att se. Detta gäller både i kontrolllyta

No7 och inom tilläggslokalen 13 (se figur 44). Istället har almsjukan i området inneburit att ljusinsläppet ökat markant. Samtidigt har jättebalsamin ökat kraftigt i ravinen. Molluskfaunan i området har varit stabil över åren men en ökad influens av människospridda arter kan ses.

Inom tilläggslokal 10 med alsumpskog i Korupsområdet (se figur 44) har påverkan på vegetationen, både avseende mossor och kärlväxter, varit liten även om den hydrologiska påverkan varit tydlig, främst 2009. Mannagräs gick tillbaka 2011 och 2012 men förekomsten bedöms idag vara normal. Den intilliggande kontrolllytan Skog 72 inom skogsprogrammet visar ingen eller liten påverkan.



Kontrolllyta Ledtorpet (N04), slåtteräng (juli 2014).



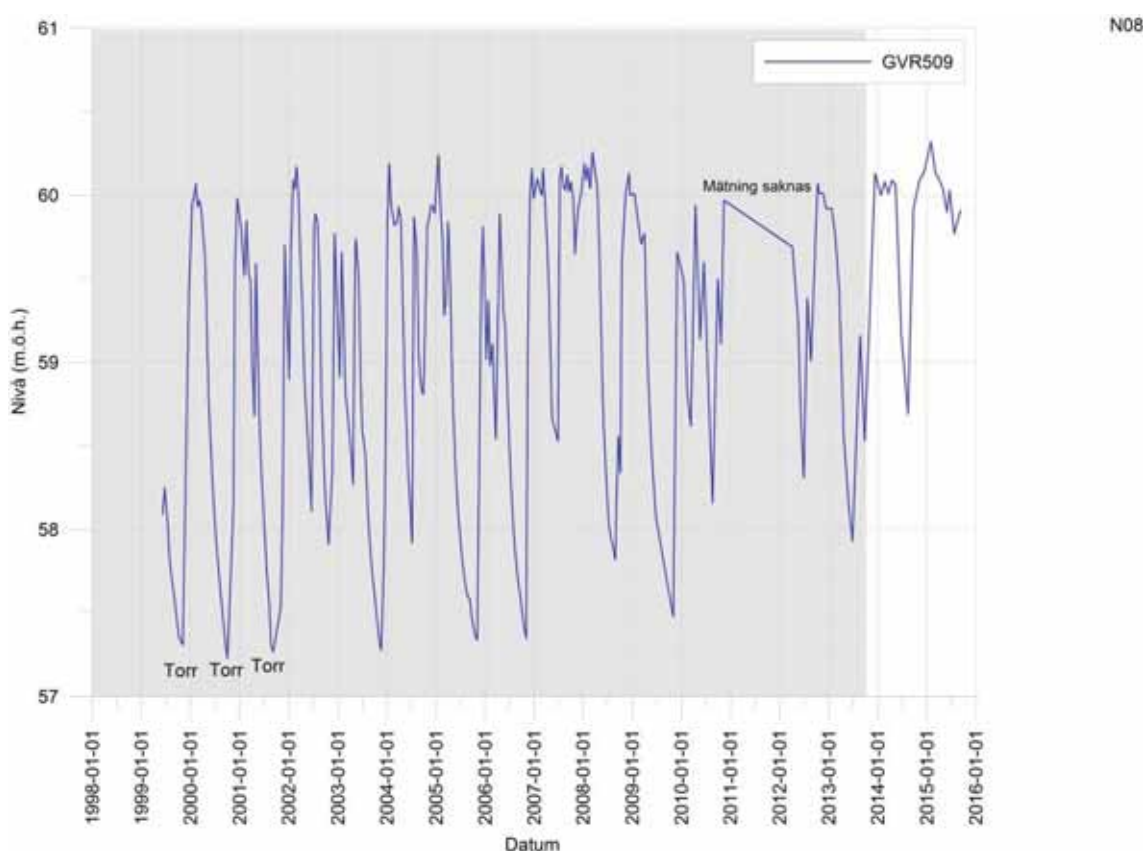
Kontrolllyta vid Ledtorpet, betat kärr (tilläggslokal 11), med bevattningsanläggning (juli 2010).

Nordsluttningen

Kontrolllytor: Hemmeslöv (N08).

Nordsluttningen på Hallandsås är relativt brant och är i huvudsak bevuxen med blandlövskog. Delar av skogen är fuktig och präglad av rörligt grundvatten nära markytan. I området ligger kontrolllytan Hemmeslöv (N08). Skogsområdet ovanför tunnellen är det naturområde som påverkades först av tunnelbygget då tunnelarbetena påbörjades här 1992. Den tidiga påverkan av detta område har medfört att referensvärden saknas från detta område – det ekologiska kontrollprogrammet startade 1999. Denna kontrolllyta var alltså påverkad av grundvattensänkning redan innan inventeringarna påbörjades.

Det som kan ses inom kontrolllytan är att molluskfaunan har utvecklats positivt under senare år. Detta kan tolkas som utveckling mot en stabilare hydrologi, vilket också bekräftas i återhämtade grundvattenytor och mer naturliga flödesregimer i de små bäckar som finns i sluttningen. En bidragande faktor till en mer divers molluskfauna kan också vara den ökade förekomsten av fallna trädstammar och död ved, som blivit resultatet av almsjukan i området.



Figur 56. Grundvattennivåer i jord i rör GVR 509 beläget nära intill kontrolllyta Hemmeslöv (N08). Tonad tidsperiod markerar påverkan från norra påslaget.

Det döende trädskiktet innebär ökat ljusinsläpp, vilket missgynnar skogsbingel. Samtidigt har en art som kärrgröe ökat. Under senare år har även hallon slagit upp och troligen kommer förekomsten av hallon att öka i samband med den frigörelse av näring som sker när vid den pågående nedbrytningen av stammar, grenar och trädrötter. Vad gäller mossfloran har förändringar skett över tid. Dessa kan bero på påverkan av hydrologiska förändringar men även betydelsen av almsjukan har varit stor då den ändrat livsbetingelserna genom ökat ljusinsläpp, fallna stammar och ändrad näringstillgång.

På nordslutningen har dräneringspåverkan även märkts inom skogsprogrammet. I kontrolllytan Skog70 med al har träd dött eller uppvisat tydliga skador. I detta fall finns dock tydlig inverkan från intilliggande stenbrott. Resultatet från en omfattande inventering 2001 av vitaliteten hos lövträd i nordslutningen visade på negativ påverkan över ett stort område. Den negativa påverkan var störst närmast norra påslaget och stenbrottet.



Fallna almar inom kontrolllyta Hemmeslöv (N08) (oktober 2015).

Referensytor, belägna öster om beräknat influensområde

Kontrollytor: Dalahuset (N11) och Hulrugered (N12).

Inom programområdet Natur har två referensytor inventerats, normalt vartannat år. Ytorna är belägna öster om beräknat influensområde för tunnelbygget (se figur 44).

Inom influensområdena har tunnelbygget inte påverkat de hydrologiska förhållandena. Trots detta har flera förändringar skett som påverkat inventeringsytorna. I kontrolllytan vid Dalahuset (N11), som utgörs av en lövsumpskog, innebar stormen Gudrun 2005 att stora träd blåste ner. Detta medförde i sin tur att den bäck som rinner genom området ändrade riktning och ett par av de permanenta provytorna för vegetationsuppföljningen hamnade mitt i bäckfåran.



Kontrolllyta Dalahuset (N11), lövsumpskog (juli 2014).



Kontrolllyta Hulrugered (N12), kärr (juli 2014).

I kontrolllytan Hulrugered (N12), som från början var ett relativt öppet beteshävdad kärr, har beteshävdan upphört. Avverkning av skog runt kärret har troligen medfört att kärret blivit blötare.

Förändringarna i Hulrugered har påverkat vegetationen. Detta kommer till uttryck genom att t ex spjutmossa har ökat medan myrbjörnmossa minskat. I kärlväxtfloran märks ökningar av vattenklöver och sjöfräken medan förekomsten av ängsull minskat tydligt under perioden 2000 till 2015.

I Dalahuset är den fysiska störningen av stormskadorna märkbara genom att nedfallna trädstammar och en ny bäckfåra minskat förekomsten av skogsbingel, humleblomster och älggräs i de fasta provrutorna. Markstörningen har också inneburit att mosstäckningen är mindre än före stormen.

4.3.3 Kvarstående effekter och prognos för framtiden

De kvarstående effekterna av tunnelbygget på berörda naturområden bedöms idag vara begränsade till mindre geografiska områden med myrmark i terrängsvackor. I några myrmarker har efter dräneringspåverkan marksjunkning iakttagits, vilket innebär att torvjord kompakterats och att markytan sjunkit något. Där grundvattenytan återställts ligger denna lokalt högre i förhållande till markytan än vad som var fallet före tunnelbygget (se även kap. 4.2 *Vattendrag och andra ytvatten*). Marksjunkning har noterats i området Severtorp-Flintalycke, bland annat inom tilläggslokalerna 2 och 3 (se karta i figur 44).

Kvarstående effekter som kan kopplas till påverkan från tunnelbygget finns idag främst inom lokal Bjäred (N03) och den näraliggande tilläggslokalen 7. Inom detta område har vissa kärlväxter försvunnit eller gått tillbaka kraftigt. Detsamma gäller flera mossarter. De primära orsakerna till detta bedöms vara dräneringspåverkan från tunnelbygget. Även varierande beteshävd har inverkat på utvecklingen. Påverkan har lett till sekundära effekter med skuggning av undervegetationen från uppväxande vide- och alplantor. Minskat ljusinsläpp i kombination med uppslag av buskar och träd har medfört kraftigt trampsplitage från betesdjur på fält- och bottenskikt.

Hydrologin i området bedöms idag vara återställd och mycket av vedväxterna har röjts bort. Det är troligt, med anpassat betestryck och vid behov upprepad och fortsatt röjning av vedväxter, att tidigare vegetation till stora delar kan återetableras. Hur lång tid detta tar är osäkert men ett någorlunda stabilt växtsamhälle bedöms ha utvecklats inom ett till två decennier.

I övriga områden som varit påverkade eller där förändringar skett av grundvattenytan (sänkning eller i ett par fall höjning) kan förväntas en utveckling där dominansförhållanden mellan olika arter förskjuts och att några arter trängs undan medan andra tillkommer. För att se förändringarna torde relativt noggranna inventeringar behöva göras. Förändringarna bedöms inte vara mer påtagliga än vad som sker på många andra platser till följd av ändrad hävd, skogsbruk, dräneringspåverkan, angrepp av skadeorganismer (ex trädsjukdomar), klimatförändringar eller markkemiska förändringar till följd av minskat eller ökat nedfall av olika ämnen från luften.

Inom de närmast berörda Natura 2000-områdena Slottet, Ledtorpet och Lyabäcken bedöms inga betydande kvarstående effekter finnas från tunnelbygget. Någon tydlig skada på Natura 2000-arter, eller andra naturvårdsarter, har inte framkommit vid genomförda inventeringar.

4.4 Jordbruk

4.4.1 Inledning

Tunnelbyggnationens påverkan på jordbruket har undersökts under åren 1999-2015. Undersökningsmetodiken bygger på statistisk jämförelse av skördeutfallet inom det område som konstaterats vara påverkat av grundvattensänkning i jordlagren, med skördeutfallet inom ett referensområde där grundvattensänkning inte fanns. För att en sådan jämförelse ska ge tillförlitligt resultat krävs att vissa statistiska kriterier ska vara uppfyllda. Det gäller främst att urvalet skett slumpmässigt och att tillräckligt stort antal fält ska finnas i de båda jämförda grupperna. Provtagningsmetodiken har varit den som utvecklades för den objektiva skördeuppskattningen, vilken pågick under perioden 1960-1990 under ledning av Statistiska Centralbyrån.

Metodiken bygger på att för varje utlottat fält som ingick lottas slumpmässigt 5 eller 10 provtytor, där skörd sker. Sedan torkas skörden till enhetlig vattenhalt, vägs och sammanställs. Utfallet blir genomsnittliga skördar mätt som kg per hektar inom respektive utanför det område som aktuellt år konstaterats vara påverkat av grundvattensänkning. Skörderesultatet inom och utanför påverkansområdet jämförs sedan och ligger som underlag för eventuell årlig reglering av skördeskadorna. Tillämpade metoder och programmets omfattning redovisas utförligare i bilaga B10.

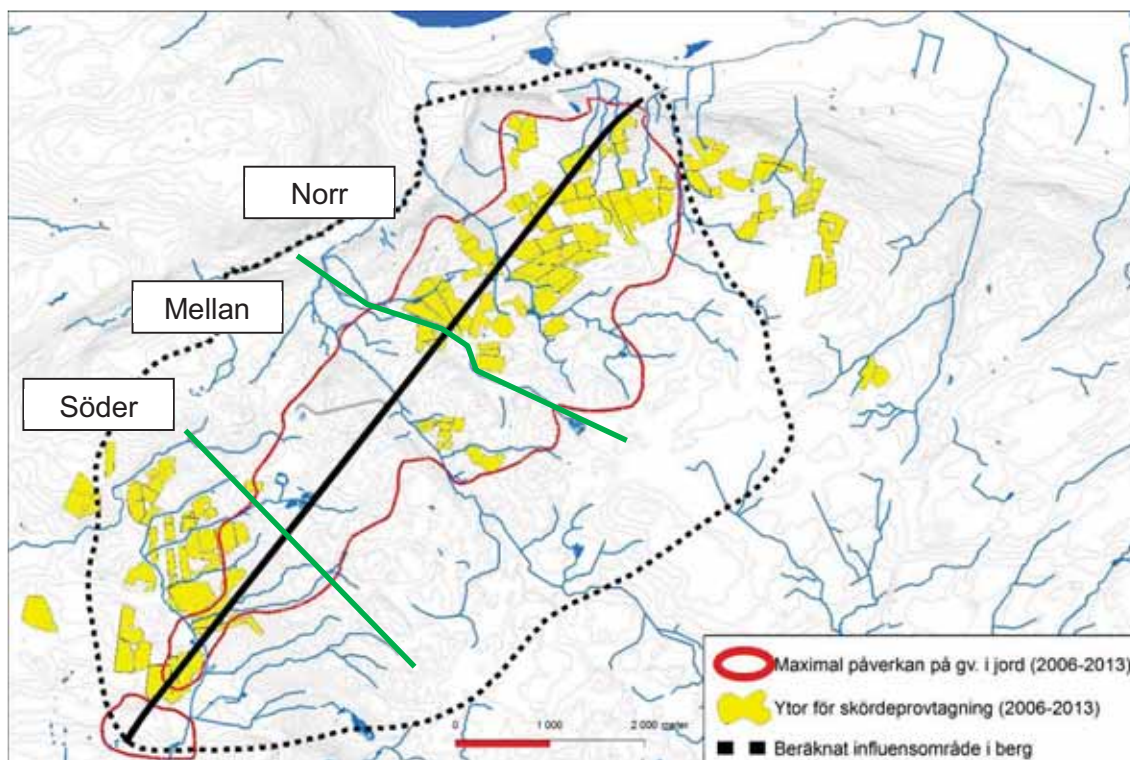
Vid programmets början delades området in i tre stycken områden, södra påslaget, mellan-påslaget och norra påslaget på grundval av hur lantbruket är fördelat över Hallandsåsen. Odlingens inriktning skiljer sig en del mellan de norra och södra områdena över tunnelsträckningen. I norr dominerar slåttervall och vårsäd, företrädesvis foderkorn. Den största delen av åkerarealen inom påverkansområdet finns i de norra delarna. I det mellersta området dominerar jordbruket av mer extensivt vall, och djurhållning. I det södra området förekommer vall och vårkorn, men även höstsådda grödor i större omfattning.

Jordbruket, skilt från andra delar av det ekologiska kontrollprogrammet, har inte använt fasta provtagningsplatser, utan provtagningsplatserna har ändrats varje år med bakgrund av påverkansområdets storlek, växtföljder och lantbrukarnas möjlighet till att vara med i provtagningen. Det som har varit fast är indelningen mellan norra, mellersta och södra påslaget.

Skördens storlek påverkas av många faktorer. Som exempel kan nämnas jordart, dräneringsförhållanden, väderlek under växtsäsongen och växtnäringsstatus. Vidare påverkas skörden av ett antal tungt vägande faktorer som beror på brukaren; driftinriktning, växtföljd, sortval, gödsling, bevattning, bekämpning av ogräs och skadegörare, tidpunkt för sådd och skörd med mera. I samband med tunnelprojektet tillkommer så ytterligare en faktor som kan ha påverkan, nämligen grundvattensänkning genom inläckage i tunnarna. Att renodla effekten av en sådan eventuell påverkan är vanskligt. Variationen i skördenivån på grund av övriga faktorer är stor, vilket gör att en, i vart fall liten, påverkan av tunnelbygget kan inrymmas i en normal variation i skördeutfallet.

Utförda provtagningar inom jordbruket är utförda för att bestämma den kvantitativa påverkan skörden. Hur kvaliteten på grödorna har påverkats är inte medtagna i provtagningen, t.ex. proteininnehåll i spannmål eller artsammansättningen i slåttervall vid eventuell vattenbrist.

Nederbörden under det ekologiska kontrollprogrammet har varit normal till över det normala, inga riktiga torrår har inträffat under provtagningstiden. Den totala årsnederbörden är dock inget bra mått på påverkan utan det är nederbördens distribution över året som är viktigt för skördens storlek. Perioder med låg nederbörd påverkar skörden negativt, troligen mer än då marken inte varit påverkat av grundvattensänkning då volymen växttillgängligt vatten i markprofilen är lägre.



Figur 57. Områdesindelning (Norr, Mellan och Söder) och fält för provtagning av jordbruksgrödor.

4.4.2 Påverkan under byggtid

Allmänt

För programperioden har ersättning för skada betalats ut under ett antal år, vilket framgår av tabell 1. Storleken på skadans storlek har varierat per år och även mellan de olika lokalerna. I arbetet med att kvantifiera skördeskadorna på jordbruksgrödorna har det inte ingått att undersöka varför skada har uppkommit. Därför är det svårt att dra några slutsatser av storleken och distributionen av skadorna.

Tabell 1. År med utbetald skördeskada under programperioden, 1999-2015.

År	Vall	Spannmål	År	Vall	Spannmål
1999	-	-	2008	-	-
2000	-	-	2009	10 %	-
2001	-	15 %	2010	15 %	-
2002	-	-	2011	-	10 %
2003	5 %	-	2012	7 %	-
2004	-	-	2013	13 %	-
2005	14 %	-	2014	-	-
2006	-	10 resp. 20 % ¹	2015	-	18 % ²
2007	-	-			

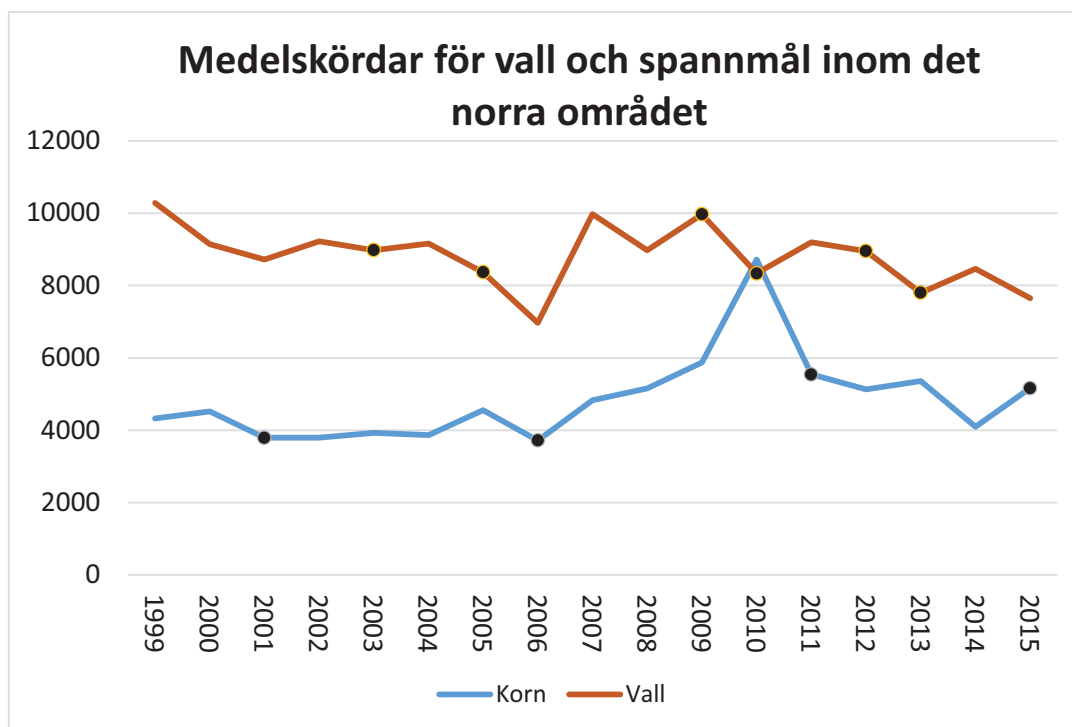
1 -10 procent i norra området och 20 procent i mellan och södra påslaget

2 - 18 procent för höstsådda grödor

Norra området

Vid jämförelse av medelskördarna inom det norra området, figur 58, syns att det är stor variation mellan åren, både för spannmål (korn) och vallodling. Variationen inom åren är också stor.

Utifrån resultaten är det inte möjligt att utläsa varför skada på jordbruksproduktionen uppkommit under några år och för andra år inte. Tunnelbyggnationen har under programperioden befunnit sig på olika geografiska platser och påverkan på vattenförhållandena i jordlagren har varierat mycket till följd av faktorer såsom årstid, geologi och byggteknik.

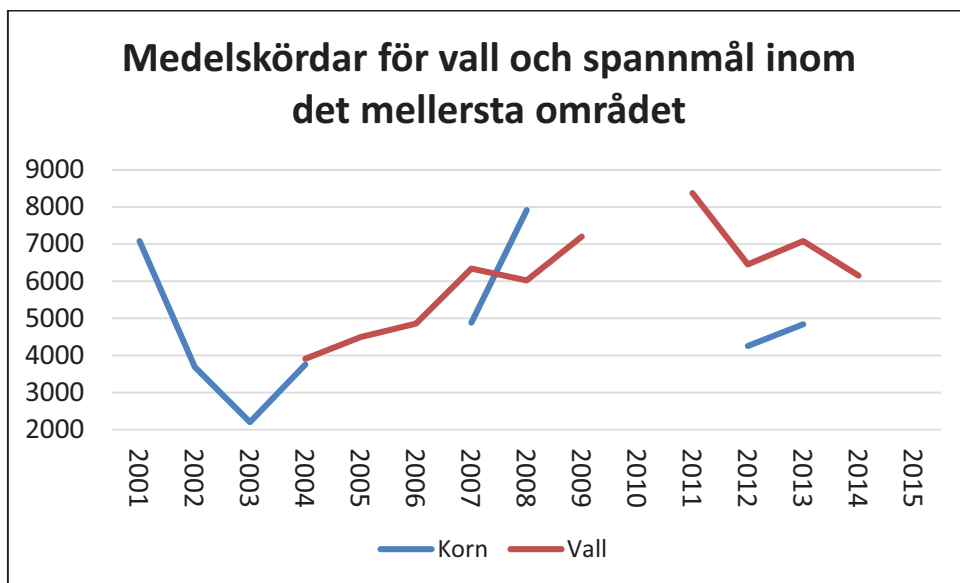


Figur 58. Medelskördar för vall och spannmål inom det norra området, år 1999-2015, angivet i kg/ha. År markerade med en prick, betalades ersättning för skördeskada ut för respektive gröda. Antalet kornfält 2010 var mycket begränsat och skörden på de fälten mycket hög och ej representativa för resterande bruksår.

Lantbruket i det norra området domineras av vallproduktion och vårsådda spannmålsgrödor, i huvudsak vårkorn. Normalt tas det 3 skördar för vallen där skörd nr 1 är kvantitativt störst. Det medför att vattentillförseln är viktigt under våren. För de år som ersättning för skada betalats ut i vall har det i huvudsak varit förstaskörden som varit lägre jämfört med referensområdet. För spannmålet har det inte varit möjligt att se någon tydlig trend. Generellt är behovet av vatten som störst vid axgång och kärnfyllnad, inte minst för att spannmålsgrödan ska kunna utnyttja den tillgängliga växtnäringen i marken. Men för programperioden finns det inga observationer gällande växtutveckling av korn så det är inte möjligt att dra några vidare slutsatser.

Mellanpåslaget

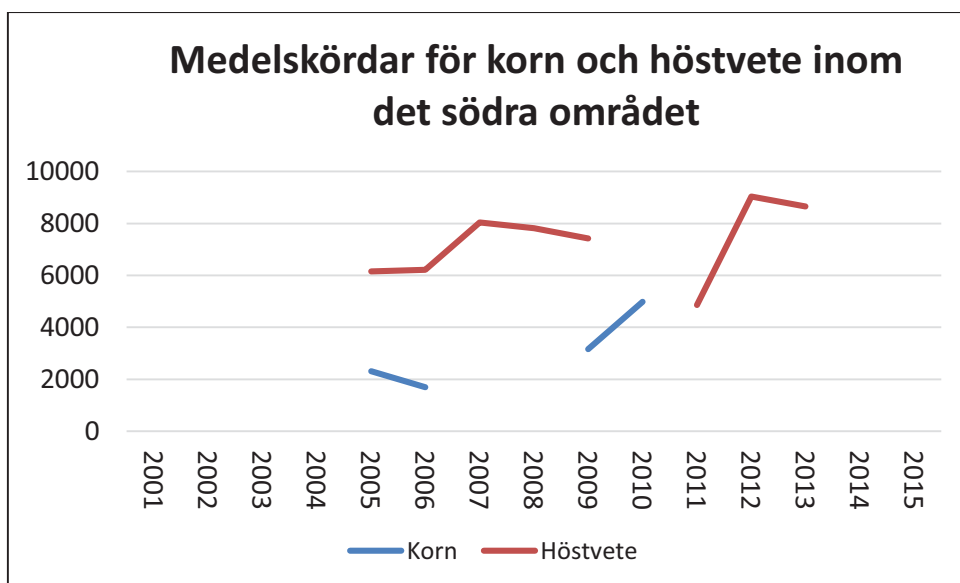
Lantbruket vid mellanpåslaget domineras av småskaligt lantbruk med få och små oregelbundna fält. Provtagningen vid Mellanpåslaget har minskat succesivt de senare åren i kontrollprogrammet då påverkan av grundvattnet i jordlagren varit mycket liten i området. Det är inte möjligt att dra några slutsatser för detta område utifrån resultaten. Provtagningen av vall och spannmål (se figur 59) har inte varit kontinuerlig under åren beroende på det begränsade antalet fält inom området.



Figur 59. Medelskördar för vall och spannmål inom mellanpåslaget, år 2001-2015, angivet i kg/ha.

Södra området

Lantbruket inom det södra området har olikt de övriga områdena inslag av höstsådda grödor, såsom höstvetete och raps. Påverkansområdet i söder har generellt sett varit ganska litet, vilket har gjort att provtagningsfälten inom påverkansområdet har varit ganska få.



Figur 60. Medelskördar för korn och höstvetete inom det södra området, år 2001-2015, angivet i kg/ha.

4.4.3 Kvarstående effekter och prognos för framtiden

De kvarstående effekterna för jordbruket bedöms som mycket små i förhållande till vilka skador som uppkommit lokalt under arbetet med tunnelbyggnationen. I den norra delen av området finns det ett område om cirka 150 hektar som bedöms vara påverkat av en permanent grundvattensänkning i jordlagren. I området kring Bjärred bedöms ett område om cirka 60 hektar vara påverkat. Ett något mindre område kring Norrlycke bedöms också få en permanent grundvattensänkning i jordlagren.

Effekterna på jordbruket inom dessa områden kommer att variera från år till år. Dock har det gjorts en sammanfattande bedömning utifrån historiska skördar och modeller från SLU att en genomsnittlig skördenedsättning om högst 1 procent per år för större delen av området och i mindre delar högst 2 procents skördenedsättning. Det är inte möjligt att säga exakt hur stora effekterna blir på varje fält, men de ska inte överstiga en respektive två procents skördenedsättning.

Likt den årliga skördeskaderegleringen vilken har gjorts under programperioden har de bedömda permanenta skördeskadorna reglerats gentemot fastighetsägare och arrendatorer.

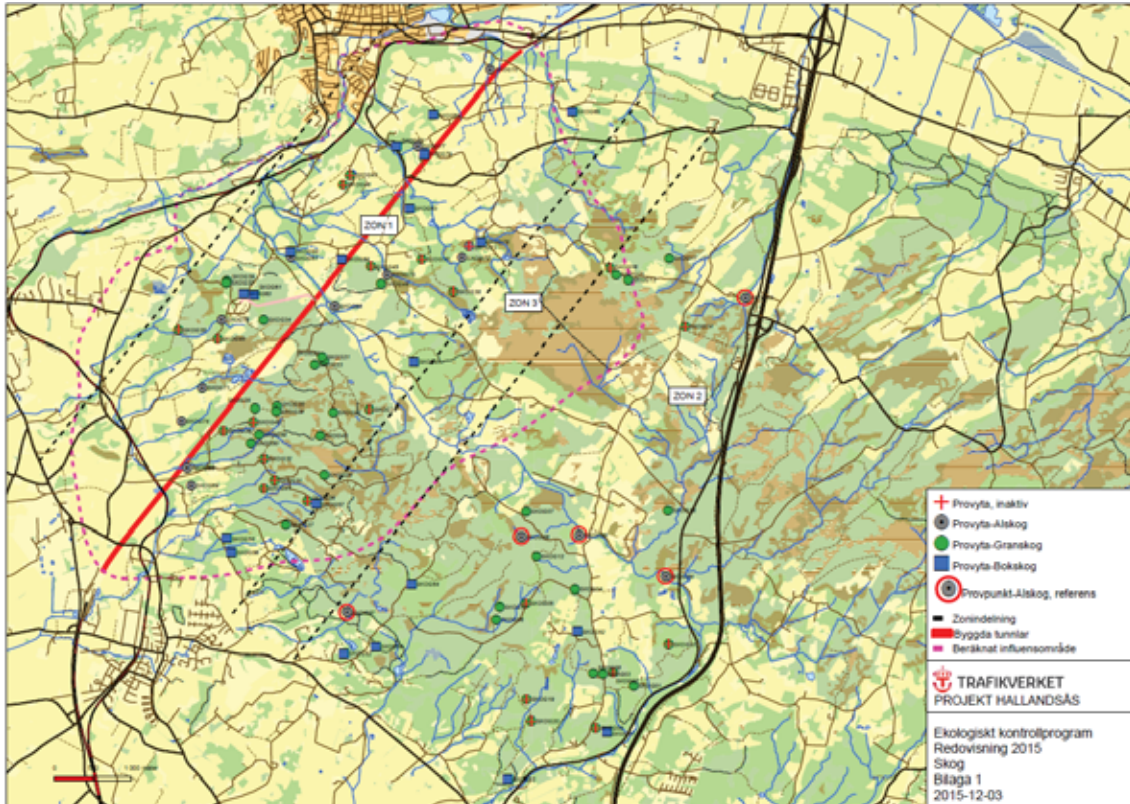
Inom ett begränsat område vid det norra påslaget har utfällningar skett i dräneringsrören på några fält orsakade av fluktuerande markvattennivåer till följd av tunnelbyggnationen. Utfällningarna medförde en försämrad markavvattning på fälten. Nya dräneringar utfördes 2015 för att avhjälpa problemet.

4.5 Skog

4.5.1 Inledning

För att följa upp eventuella effekter på växande skog och skogsmark vid anläggandet av Hallandsåstunnlarna, startades det ekologiska kontrollprogrammet för skog 1999.

Exempel på möjliga/tänkbara effekter för skog är ändrad skogsproduktion och trädvitalitet vilket kan visa sig i form av barr- och bladförluster samt en ökad känslighet för angrepp av patogener.



Figur 61. Zonindelning för kontrollprogram skog.

Kontrollprogrammet begränsades till mer eller mindre trädslagsrena granskogar (från och med 1999) samt bok- och klibbalskogar (från och med 2001). Detta dels för att dessa beståndstyper är dominerande inom området, dels för att metodiken för tillväxtskattning och vitalitetsbedömning är bäst utvecklad för just dessa typer av skog.

Kontrollprogrammet för skog avgränsades geografiskt så att det sträckte sig utanför den zon där tunneldrivningen tänktes kunna påverka grundvattnets nivå. Detta för att få resultat från mer eller mindre opåverkade referensområden. Zonindelningen utformades ursprungligen med ledning av resultat från de första hydrologiska modelleringarna som gjordes inom projektet.

Efter att nya modellberäkningar utfördes och påverkansområdet ändrades, omarbetades zonindelningen. Följande zonindelning (figur 61) av undersökningsområdet har därefter tillämpats:

- Zon 1, området 0 – 1700 m väster och öster om tunnelsträckningen (påverkansområde).
- Zon 2, området som ligger mer än 2700 m öster om tunnelsträckningen och väster om E6:an (referensområde). Området angränsar visserligen mot motorvägen men skogen bedöms endast i marginell omfattning vara påverkad av trafiken.
- Zon 3, området 1700 - 2700 m öster om tunnelsträckningen (mellanzon).

Då huvuddelen av skogsarealen inom området är belägen öster om den planerade tunnelsträckningen, har merparten av kontrollprogrammet för skog förlagts till denna del. Zonernas läge illustreras på karta i figur 61. Metodik och omfattning på kontrollprogrammet för skog redovisas mer utförligt i bilaga B9.

Med ledning av genomförda grundvattennivåmätningar och nya modellberäkningar har påverkansområdena löpande reviderats. Kontrollprogrammet för skog har trots detta behållit zonindelningen ovan.

Resultatet från kontrollprogrammets undersökningar för hela påverkansområdet visar ingen eller liten påverkan av skogen. För att undersöka om resultatet även gäller för delar av påverkansområdet har följande områden med känd stor avsänkning av grundvattnet valts ut för fördjupad analys.

Området Killeröd med Flintalycke och Skeadal (gran)

Området Bjäred (gran och bok)

Området kring norra påslaget (klibbal)

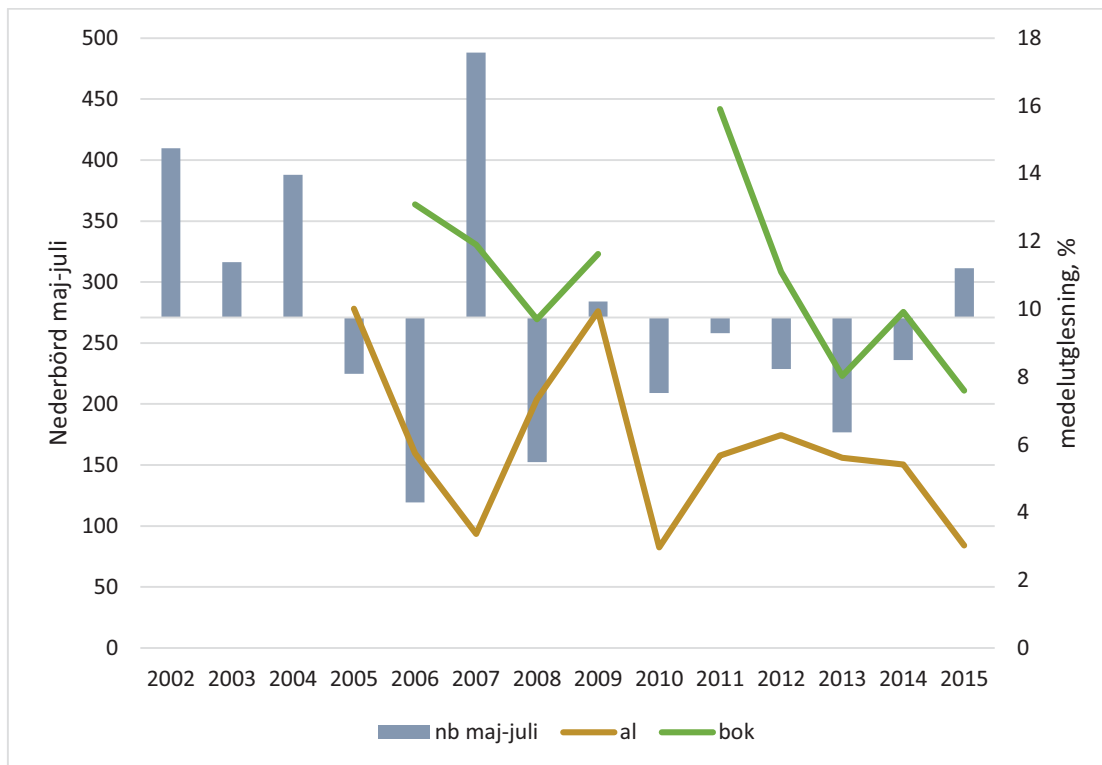
Inom dessa områden har det också varit mer eller mindre stor påverkan på Naturkontrollprogrammets provytor.

Dessutom har flertalet klibbalsytor detaljstuderats eftersom vissa klibbalytor har uppvisat skador och påverkan.

I denna rapport redovisas inte resultatet från tillväxtbörningarna av gran och klibbal. Dessa resultat redovisas i den särskilda slutrapporten för det ekologiska kontrollprogrammet för skog.

4.5.2 Effekter av nederbördsvariationer på bok och klibbal

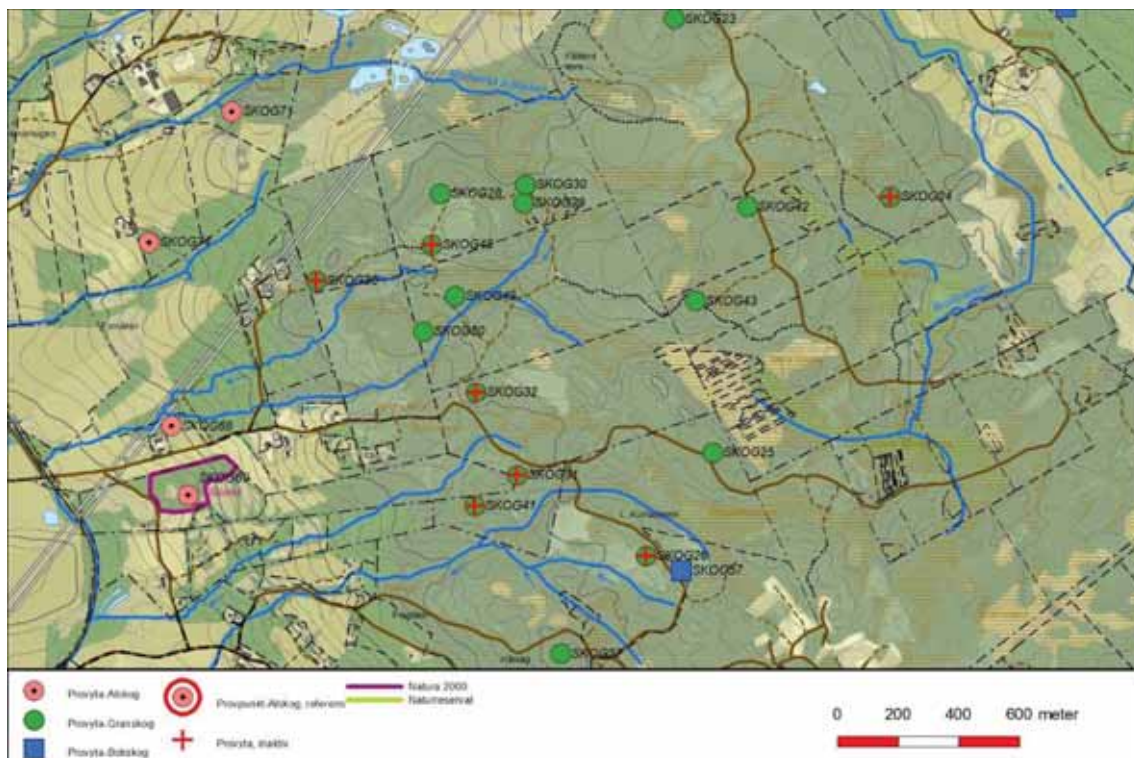
Nederbörd kan vara en begränsande faktor för trädens tillväxt och vitalitet. För lite nederbörd – torka kan t.ex. leda till försämrad vitalitet. Sådana samband har tidigare hittats för bok. Här har bok och klibbal studerats.



Figur 62. Medelkronutglesning i relation till nederbördssumman för maj-juli. Nederbördssumman visas som avvikelser från medelvärdet för perioden 2002 - 2015 (vågrät linje). Nederbördsdata från Severtorp. Utglesningen avser medelvärdet för samtliga ytor för al resp. bok, exklusive den kraftigt skadade klibbalytan 70.

Utglesningen för lövträden uppvisar inget tydligt samband med nederbörden. Detta oavsett om man ser till helårsnederbörd eller kortare perioder t.ex. sommarnederbörden maj-juli (figur 62). Alens utglesning är låg och visar inte alls något mönster relaterat till nederbörden, troligen på grund av att vattentillförseln är mera beroende på långsiktiga fluktuationer i grundvattnet. Bokens skottskjutning är känslig för torka under försommaren (*Wijk muntligen*) och en tendens till detta kan ses i utglesningsdatat där låg nederbörd oftast följs av högre utglesning påföljande år (exempelvis efter 2006, 2008, 2010 och 2013).

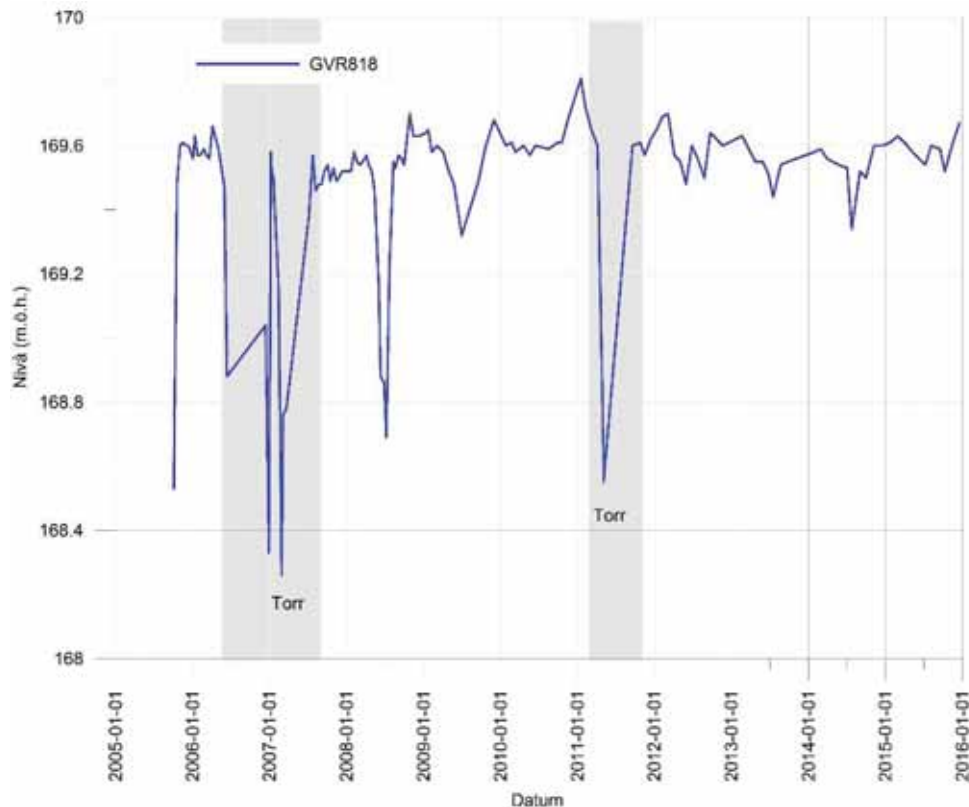
4.5.3 Området Killeröd



Figur 63. Området Killeröd.

Området som geografiskt omfattar Flintalycke, Skeadal och Killeröd (figur 63) har varit utsatt för stora grundvattensänkningar i samband med tunneldrivningen. Särskilt när drivningen av östra tunneln passerade under området våren – sommaren 2007 (figur 64) skedde en omfattande grundvattensänkning. Bäckar och våtmarker i området var då uttorkade under en lång period.

Även skogen visade tecken att påverkas negativt genom ökad barr- och lövfällning. Med anledning av detta har vi valt att göra en djupare analys av detta område.



Figur 64. Grundvattennivåer i rör G818, beläget centralt inom fokusområdet Killeröd. Tonade tidsperioder markerar påverkan från TBM drivning.

Kontrollprogrammets förutsättningar i området

Inom området finns 13 granytor, av vilka 9 försvunnit under olika år sedan 2005 p.g.a. slutavverkning.

Tillväxt gran

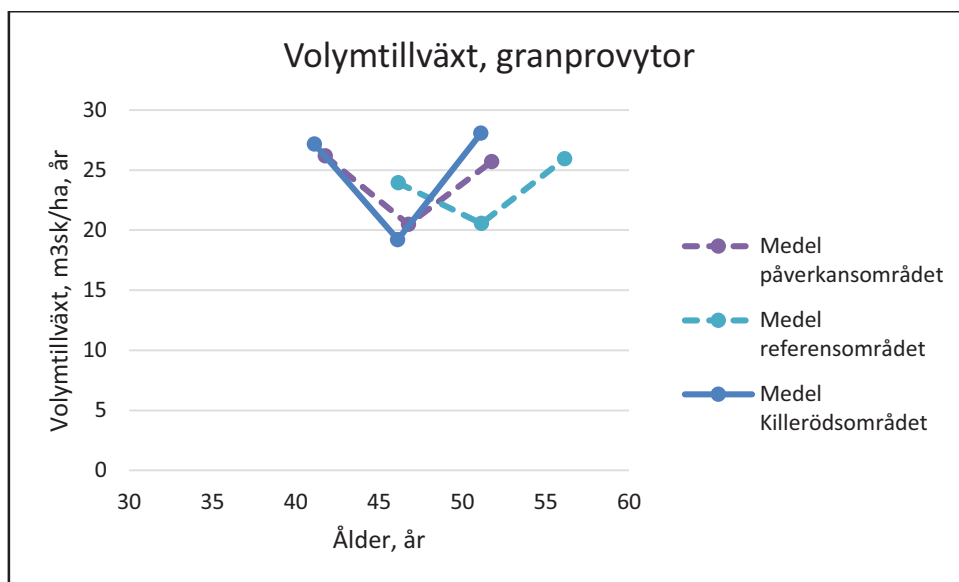
De 13 granprovytorna i området låg väl samlade inom ett geografiskt begränsat och grandominerat skogsområde öster om tunnelsträckningen. Av dessa drabbade 4 provytor av omfattande stormskador. För de övriga 9 granprovytorna fanns data tillgängliga för tre tillväxtperioder och dessa utnyttjades för denna analys.

De utnyttjade granytorna i Killerödsområdet var likåldriga med övriga granytor i påverkansområdet och deras ståndortsindex låg strax under medelvärdet för alla ytor i hela påverkansområdet.

Tillväxtnönstret för granytorna i Killerödsområdet var likartat det för både påverkans- och referensområdena (figur 65). De skillnader som redovisades i tillväxt mellan medelvärdena för de olika områdena var i inget fall statistisk signifikant. En period med sjunkande volymtillväxt (2006-2010) sammanföll tidsmässigt med de grundvattenavsänkningar som skedde vid tunneldrivningen, men eftersom motsvarande tillväxtsänkningar erhöles för granprovytorna i referensområdet kunde dessa inte kopplas till grundvattenpåverkan utan var ett resultat av andra tillväxtpåverkande faktorer.

De redovisade tillväxttrenderna för granytorna i Killerödsområdet kunde jämföras med tillgängliga grundvattennivåmätningar på eller i nära anslutning till vissa av provytorna. För granytorna 25, 29, 30 och 41 fanns inga episoder med låga grundvattennivåer redovisade. Längden på observationsperioderna varierade för dessa ytor.

För ytorna 28 och 36 uppmättes låga grundvattennivåer under 2006-2007 och 2011 (se figur 65). För åren 2006-2007 sammanföll detta med sjunkande volymtillväxt, men som tidigare påpekats kan detta inte kopplas till grundvattensänkning eftersom tillväxttrenden var likartad i det opåverkade referensområdet. För yta 36 försvårades tolkningen dessutom av att ytan drabbades av viss vindfällning 2005 och senare. För yta 43 fanns några episoder med låga grundvattennivåer uppmätta under 2006-2008 men dessa var inte tydligt avskilda från grundvattennivå variationerna under hela observationsperioden 2005-2015. För ytorna 49 och 50 fanns inga grundvattenmätningar tillgängliga.



Figur 65. Periodisk volymtillväxt för granprovytor i Killerödsområdet jämfört med medelvärden för samtliga granytor i påverkans- och referensområdena.

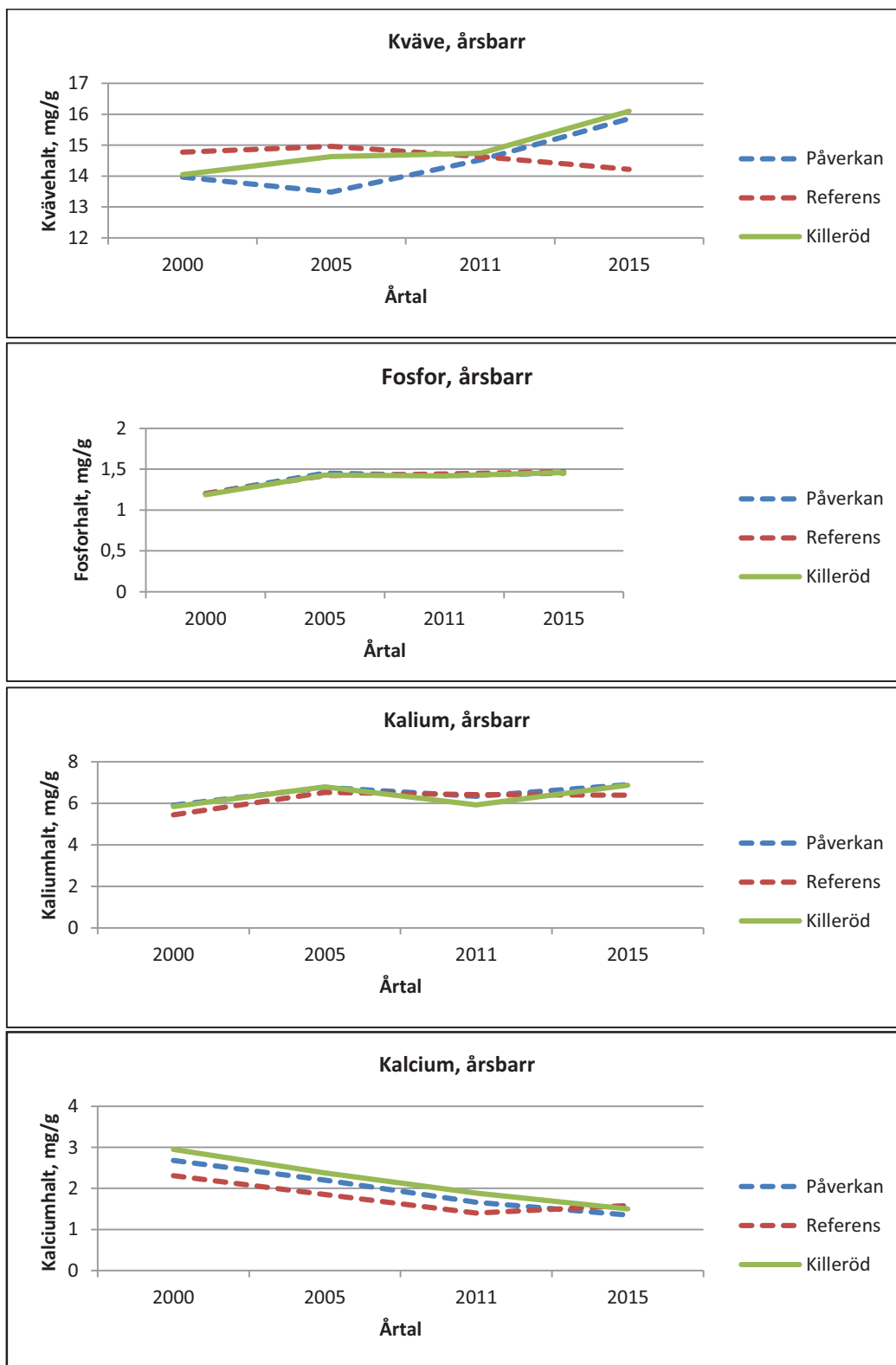
Sammantaget visade tillväxtanalyserna för granytor i Killerödsområdet inget avvikande mönster från övriga granytor i påverkans- och referensområdena. Inte heller kunde det spåras några samband med grundvattennivå data från mätningar på ytorna i området. Analyserna gav således inga skäl att misstänka att tunneldrivingen hittills påverkat tillväxten i granskog inom Killerödsområdet.

Barrkemi gran

För barrkemianalyser inom Killerödsområdet valdes samma granytor (9 st) som för tillväxtanalyserna (se ovan).

Medelvärdena för halterna av kväve, fosfor, kalium och kalcium i årsbarr på granytor i Killerödsområdet avvek endast marginellt från medelvärdena för motsvarande halter för alla granytor i påverkans- och referensområdena (figur 66). Halterna av kalcium låg vid samtliga provtagningar något högre än motsvarande halter i hela påverkansområdet och medelvärdena var sjunkande över tiden på likartat sätt som för samtliga granytor. För samtliga näringsämnen låg halterna över kända bristnivåer. För halterna av natrium förekom stora avvikelser mellan främst de olika provtagningstillfällena, vilket dock är normalt för skog i kustnära områden med påtaglig havssaltspåverkan.

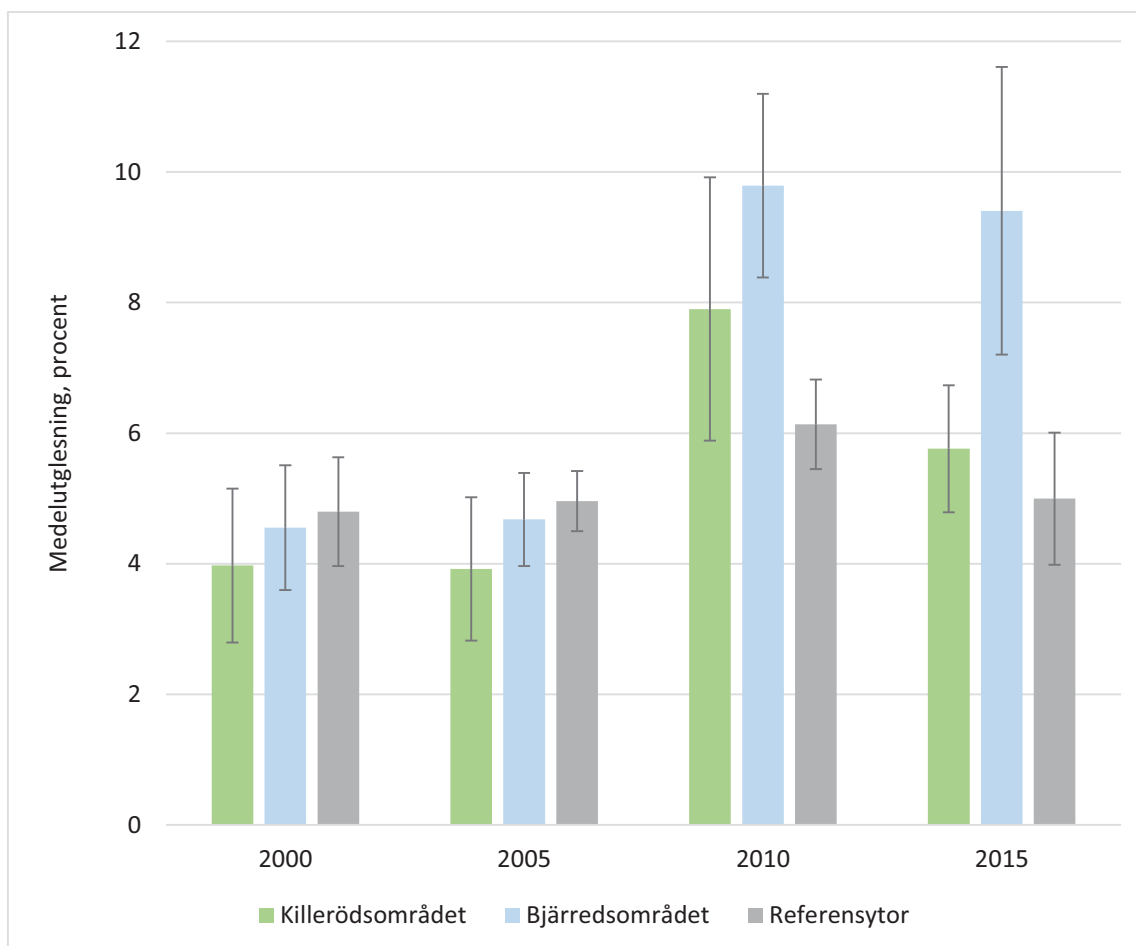
Sammantaget visade barrkemidata för granytor i Killerödsområdet inga onormala avvikelser från medelvärdena för alla ytor inom hela påverkansområdet varför analyserna inte gav några indikationer på nedsatt vitalitet hos granskog i området.



Figur 66. Halter av kväve, fosfor, kalium och kalcium i årsbarr vid provtagningar på granytor i Killerödsområdet jämfört med samtliga granytor i påverkans- och referensområdena.

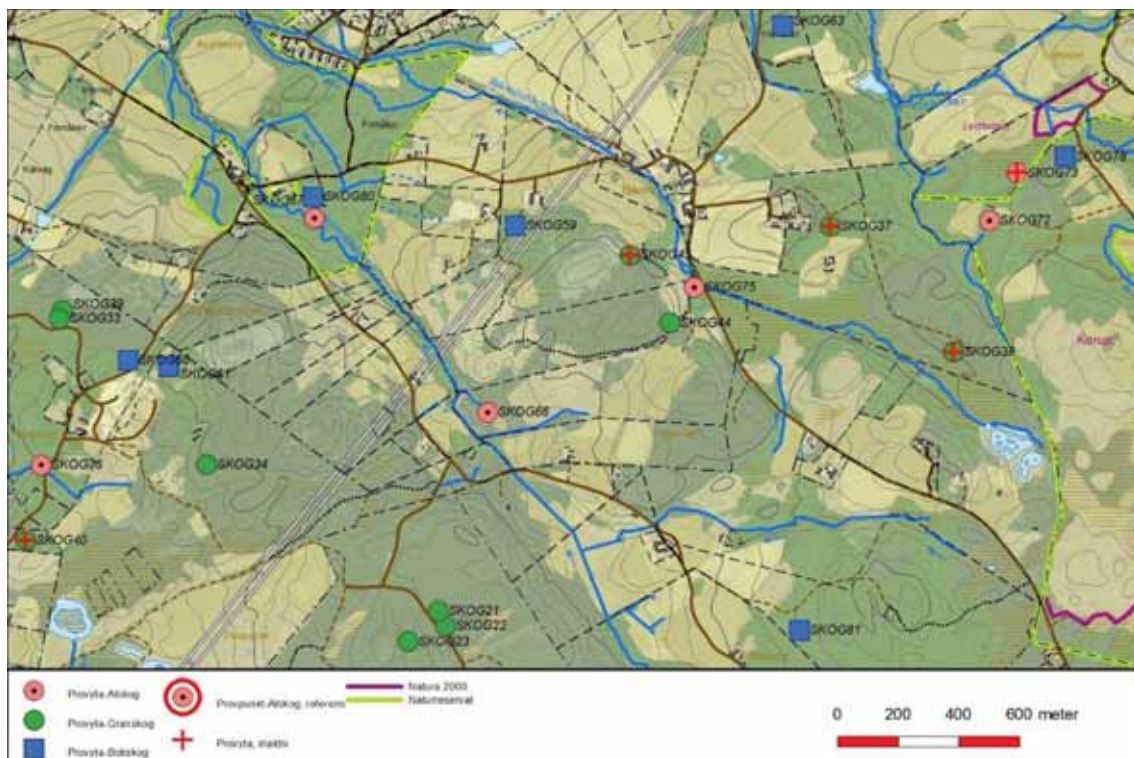
Trädvitalitet gran

En jämförelse av olika delar av påverkansområdet och referensområdet visar inte på några signifikanta skillnader i kronutglesningen för gran (figur 67). Killerödsområdet har dock 2010 en ökad kronutglesning som inte är lika tydlig i referensområdet. Förklaringen till den ökade kronutglesningen i Killerödsområdet kan vara att många av ytorna exponerades mer efter stormfällningarna i samband med stormen Gudrun 2005. Ökad exponering leder ofta till ökad stress och därigenom också ökad kronutglesning. Även grunvattensänkningen 2007 kan ha haft en negativ påverkan men troligtvis mer marginell.



Figur 67. Kronutglesning för gran. Jämförelse av två delar av påverkansområdet samt referensområdet. Medeltal för provytornas utglesning med medelfel. Killerödsområdet utgörs av 13 ytor som 2015 hade minskat till 7 st. Bjärredsområdet utgörs av 4 ytor varav 3 återstod från 2010. Referensområdet omfattar 20 ytor varav 12 återstår 2015.

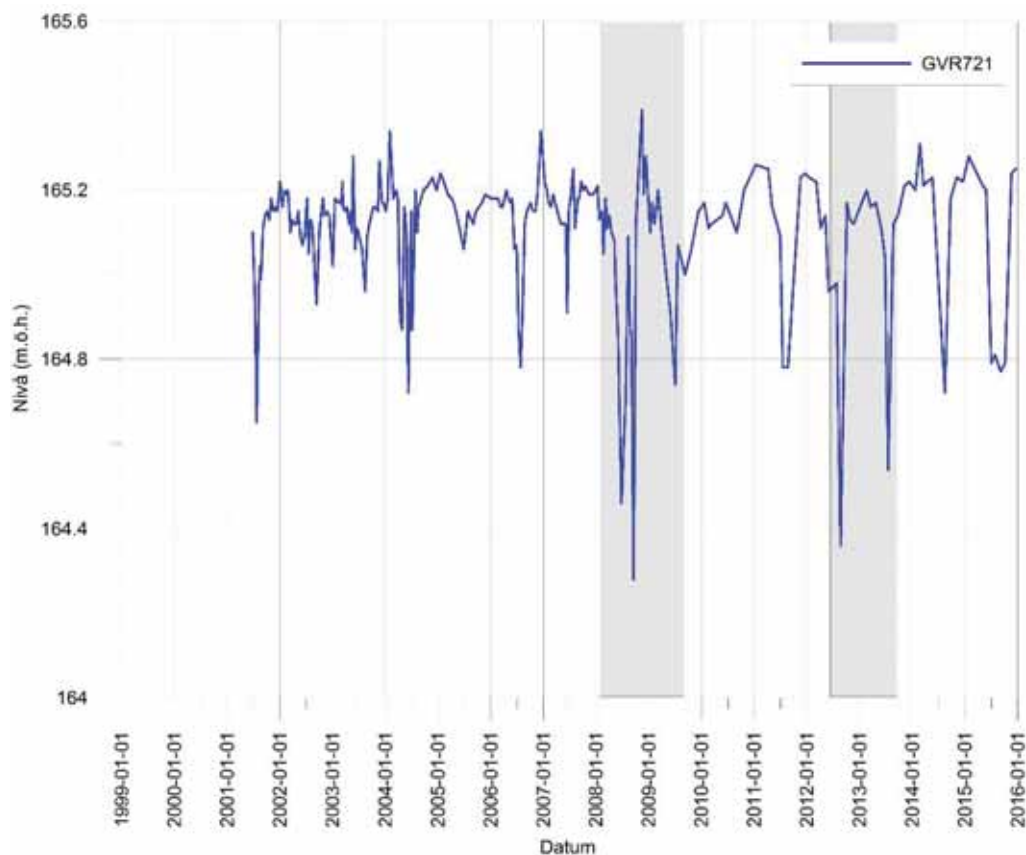
4.5.4 Området Bjäred



Figur 68. Området Bjäred

Området (figur 68) har utsatts för grundvattensänkning från Mellanpåslaget. Avsänkningen har pågått under lång tid (figur 69) och varit särskilt kraftig i samband med att tunneldrivningarna har passerat. Stark påverkan av markfuktigheten har noterats okulärt på flera av de berörda klubbalsytorna som har gått från mycket blöt mark (måste använda stövlar) till frisk mark (kan gå med lågskor).

Flera av Naturkontrollprogrammets ytor har visat på negativ påverkan inom området.



Figur 69. Grundvattennivåer i rör GVR721 beläget nära intill klubbalsyta 75 Bjäred. Tonade tidsperioder markerar påverkan från TBM drivning.

Kontrollprogrammets förutsättningar i området

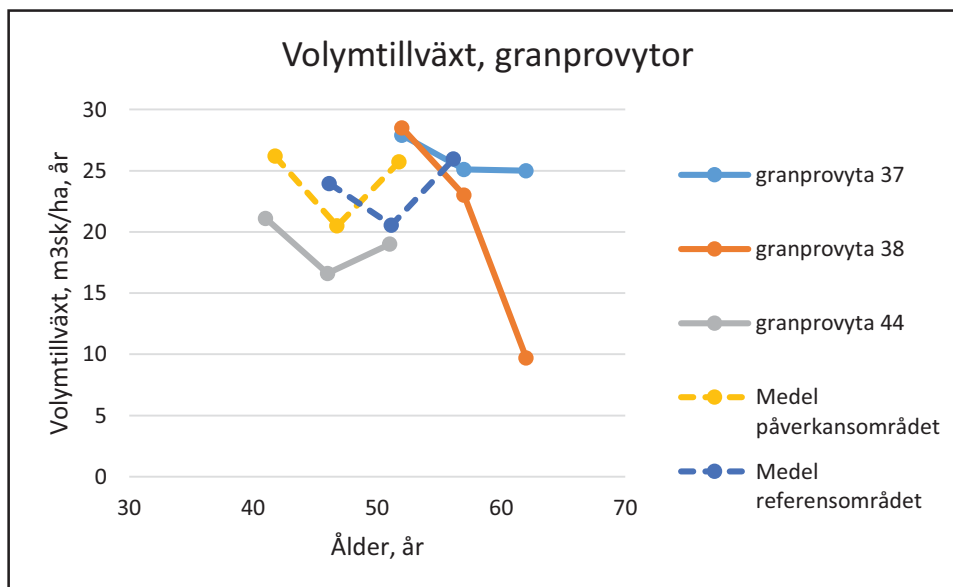
Inom området finns 4 granytor och 5 bokyor. Av granytorna har 1 försvunnit sedan 2005 p.g.a. stormfällning och slutavverkning.

Tillväxt gran

Två av granprovytorna i området var äldre än medelvärdet för alla ytor i påverkansområdet medan en var likåldrig. Frånsett den senaste tillväxtperioden (2011-2015) för yta 38 låg tillväxtvärdena för de båda äldre ytorna under övriga perioder högre än motsvarande medelvärden för samtliga granytor i påverkans- och referensområdena (figur 70). Granyta 38 drabbades av stormskador och slutavverkades därför under perioden 2011-2015 vilket var anledningen till den kraftiga tillväxtsänkningen (> 50 %) i denna period. Granyta 44 var belägen nära tunnelsträckningen (ca 500 m öster om) och likåldrig med samtliga granytor i påverkansområdet. Den hade något lägre löpande volymtillväxt vid samtliga mättillfällen, men uppvisade samma tillväxtmönster som medelvärdet för samtliga ytor i både påverkans- och referensområdena.

För granyta 37 noteras låga grundvattennivåer under perioderna 2008-2009 och 2013. Något samband med tillväxtmönstret för ytan under den andra och tredje perioden kunde inte spåras. För yta 38 noteras låga grundvattennivåer under 2013 men här var en jämförelse med tillväxtnivåerna inte möjlig på grund av stormskadan. För yta 44 visades inga avgränsade perioder med tydligt låga grundvattennivåer.

Sammantaget visade tillväxtanalyserna för granytorna i Bjäredsområdet inget avvikande mönster från övriga granytor i påverkansområdet. Inte heller kunde det spåras några samband med grundvattennivådata från mätningar på ytorna i området. Analyserna gav således inga skäl att misstänka att tunneldrivningen hittills påverkat tillväxten i granskog inom Bjäredsområdet.



Figur 70. Periodisk volymtillväxt för granprovytorna 37, 38 och 44 i Bjäredsområdet jämfört med medelvärden för samtliga granytor i påverkans- och referansområdena.

Tillväxt bok

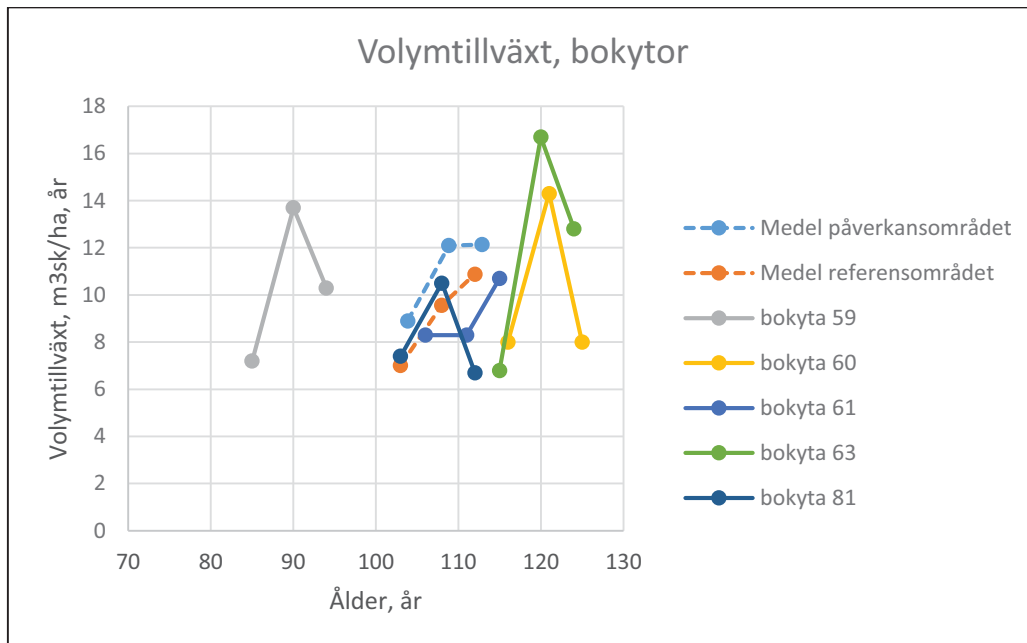
Två av bokprovytorna i området var äldre än medelvärdet för alla ytor i påverkansområdet medan en var yngre och två var likåldriga (figur 71).

påverkansområdet (figur 72). För dessa fyra ytor ökade volymtillväxten i den andra perioden (2007-2011) mycket markant för att därefter i den tredje perioden (2012-2015) sjunka till ungefär samma nivå som i första perioden (2001-2006). Denna typ av periodisk variation för löpande tillväxt är normal för skogsbestånd och förklaras oftast av årsmånsvariationer. Ett eller flera år med gynnsamma väderleksförhållanden inom en period påverkar tillväxten i positiv riktning medan motsatsen gäller för år med ogynnsam väderlek. Ofta samvarierar väderleksinflytandet på tillväxten med andra faktorer såsom markförhållanden och eventuella kalamiteter. I detta fall sammanfaller perioden med ökande volymtillväxt med den period där grundvattenavsänkningarna i Bjäredsområdet var stora. Inflytandet på tillväxten av andra faktorer har således varit starkare för de fyra aktuella bokytorna. Den femte bokytan (61) i området hade ett tillväxtmönster som mera liknade medelvärdet för övriga bokytor inom påverkansområdet. Variationen i tillväxtmönster mellan bokytorna i Bjäredsområdet visade också på att man i denna typ av undersökningar har behov av ett större antal provytor och tillräckligt långa observationsperioder för att urskilja inflytandet av en extern miljöpåverkan.



Figur 71. Bokyta 62.

Sammantaget visade tillväxtanalyserna för bokyterna i Bjäredsområdet att tillväxtmönstret avvek från övriga bokytor i påverkansområdet. Det avvikande mönstret kunde emellertid inte kopplas till grundvattenavsänkningen utan förorsakades av andra tillväxtpåverkande faktorer. Analyserna gav således inga skäl att misstänka att tunneldrivningen hittills påverkat tillväxten i bokskogar inom Bjäredsområdet.



Figur 72. Periodisk volymtillväxt för bokprovytor i Bjäredsområdet jämfört med medelvärden för samtliga ytor i påverkans- och referansområdena.

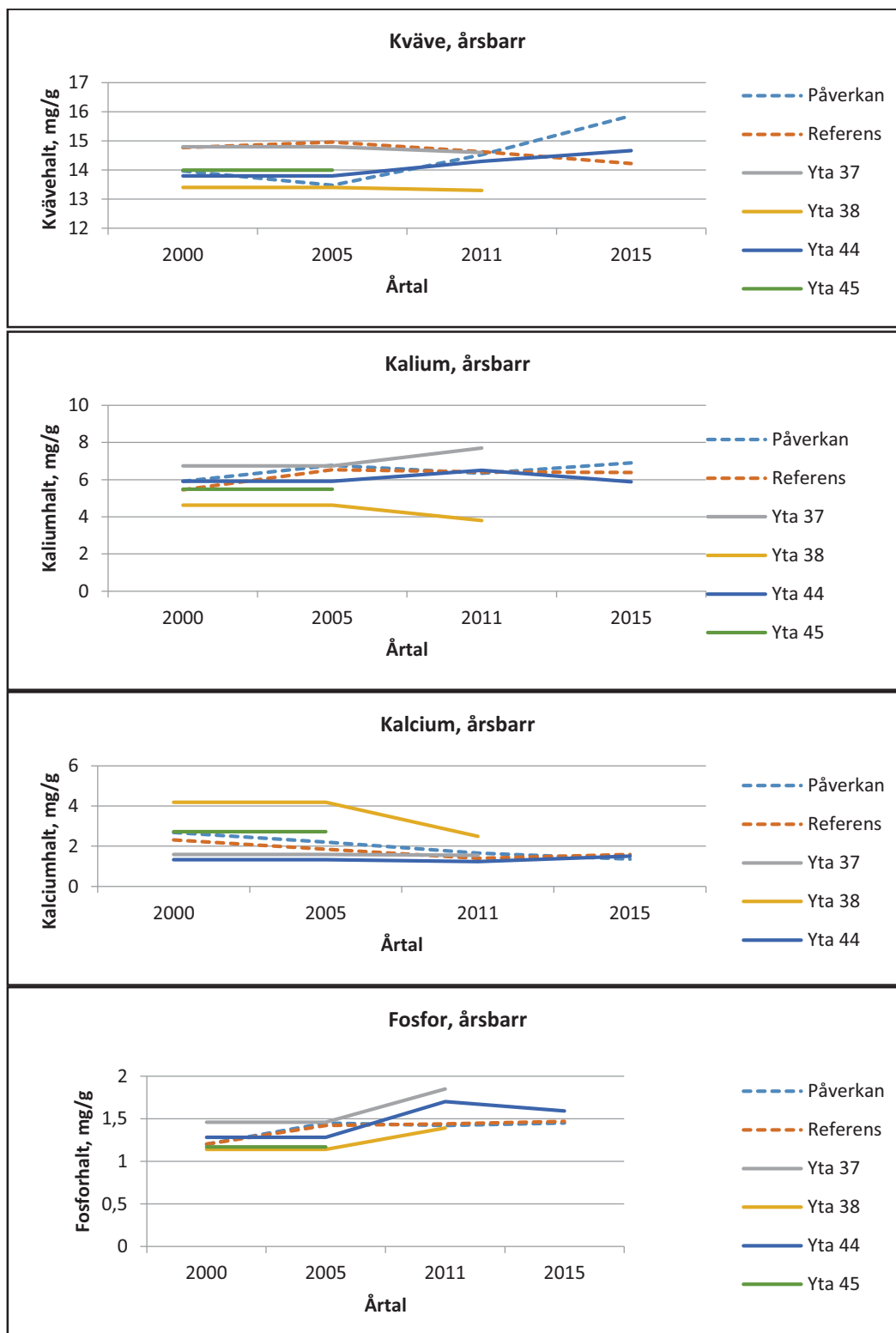
Barrkemi gran

Av granytorna i Bjäredsområdet kunde endast yta 44 provtas år 2015 (figur 73). För övriga ytor i området fanns barrkemi data från tidigare provtagningstillfällen. För granyta 37 låg halterna något högre än medeltalet för påverkansområdet för kväve, fosfor och kalium medan kalcium låg något lägre (figur 74). Yta 38 hade lägre näringshalter för alla ämnen jämfört med övriga ytor i påverkansområdet, dock med undantag för kalcium som låg tydligt högre. Både yta 44 och 45 hade nivåer för samtliga fyra ämnen som vid alla provtagningar endast uppvisade små avvikelser från medelnivåerna på samtliga ytor i påverkansområdet. För samtliga ämnen låg halterna över kända bristnivåer. Detsamma gällde för övriga analyserade makro- och mikronäringsämnen, för vilka halterna även visade på avvikelser från medelvärdena som låg inom ramen för normal variation. Endast för natrium förekom stora avvikelser mellan ytorna och provtagningstillfällena, vilket är normalt i kustnära områden med påtaglig havssaltspåverkan.



Figur 73. Barrprovtagning sker genom att kvistar skjuts av med hagelbössor i övre delen av grankronan.

Sammantaget visade barrkemidata (figur 74) för granytorna i Bjäredsområdet inga onormala avvikelser från medelvärdena för alla ytor inom hela påverkansområdet varför analyserna inte gav några indikationer på nedsatt vitalitet hos granskog i området.



Figur 74. Halter av kväve, fosfor, kalium och kalcium i årsbarr på granytor i Bjäredsområdet jämfört med samtliga granytor i påverkans- och referensområdena.

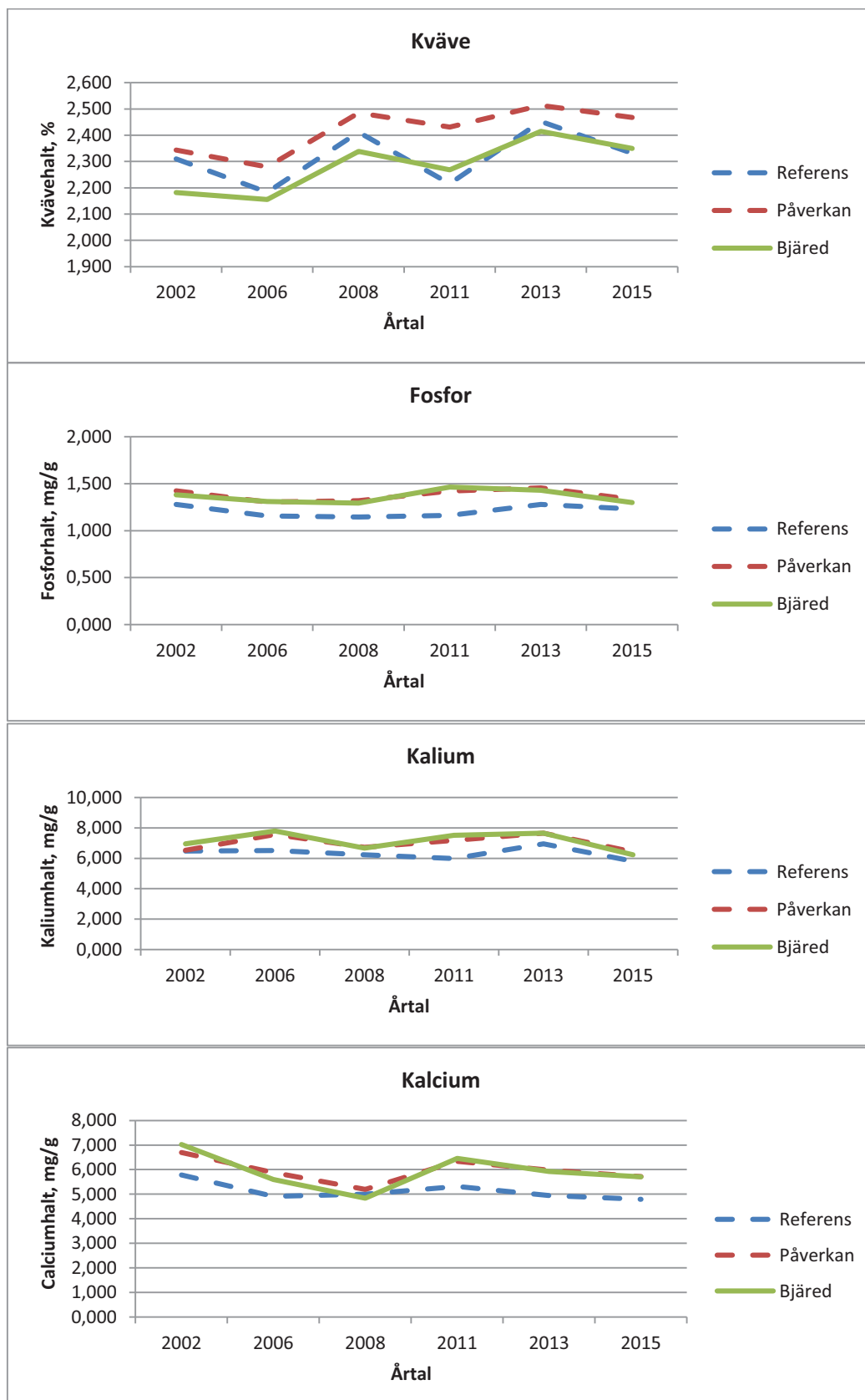
Bladkemi bok

För de fem bokytorna i Bjäredsområdet fanns data från alla provtagningstillfällena mellan 2002 och 2015. Medelvärdena för halterna av kväve, fosfor, kalium och kalcium i blad på bokytorna i området följde samma mönster vad gäller variationen mellan provtagningarna som i påverkans- och referensområdena (figur 76). Halterna för ytorna i området låg på samma nivå som övriga ytor i påverkansområdet, utom för kväve som genomgående låg något lägre, dock var skillnaden inte signifikant. För samtliga näringsämnen låg halterna genomgående över kända bristnivåer och avvikelser från medelvärdena inom ramen för normal variation.



Figur 75. Bladprovtagning på bokyta 60. Bladen skjuts ner med hagelbössor från övre delen av boken. Blad från respektive provträd analyseras.

Sammantaget visade bladkemidata (figur 76) för bokytorna i Bjäredsområdet inga onormala avvikelser från medelvärdena för alla ytor inom hela påverkansområdet varför analyserna inte gav några indikationer på nedsatt vitalitet hos bokskog i området.



Figur 76. Halter av kväve, fosfor, kalium och kalcium i blad på bokytor i Bjäredsområdet jämfört med samtliga bokytor i påverkans- och referensområdena.

Trädvitalitet gran

Kronutglesningen för gran i Bjäredsområdet låg inledningsvis på samma nivå som referensområdet (figur 67). Observationerna från 2010 och 2015 visar dock på en markant högre utglesning i Bjäredsområdet. Det kan signalera att det varit en viss negativ effekt i samband med grundvattensänkningen från tunneldrivningen. Samtidigt hade antalet lokaler minskat till tre, så underlaget är därför svagt. De ursprungligen fyra ytorna från området skiljer sig även mycket sinsemellan:

Yta 37 har förlorat 5 provträd av 15, men har stabilt låg kronutglesning (4 - 7%).

Yta 38 har de senaste åren haft högre utglesning. Den är stormskadad och delvis avverkad. Antalet träd har successivt minskat: 15 - 11 - 11 - 6. Ytan har successivt blivit helt exponerad av stormfällning i anslutning till ytan. Detta stressar granarna vilket ofta resulterar i ökad utglesning.

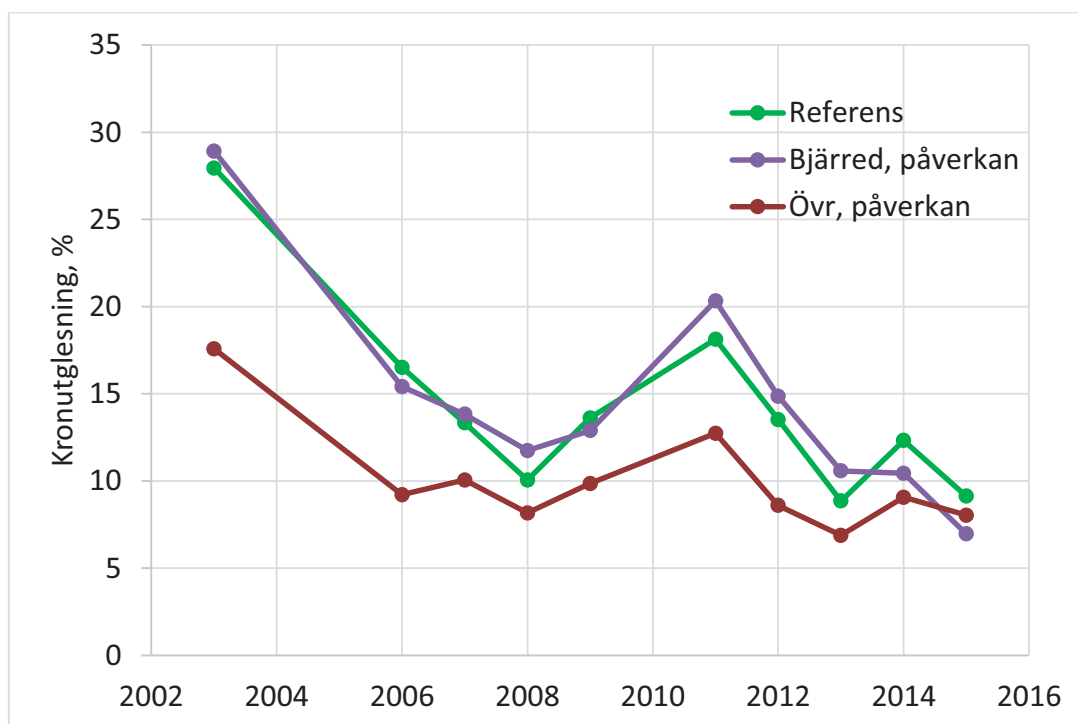
Yta 44 har de senaste åren haft en förhöjd utglesning och har förhållandevis många träd med mer än 20 % utglesning. En förklaring till den relativt höga utglesningen kan vara att ytan gränsar till betesmark. Detta medför vindexponering som stressar träden och kan medföra ökad kronutglesning.

Yta 45 avverkades före 2010 och hade dessförinnan låg kronutglesning (3 - 5 %).

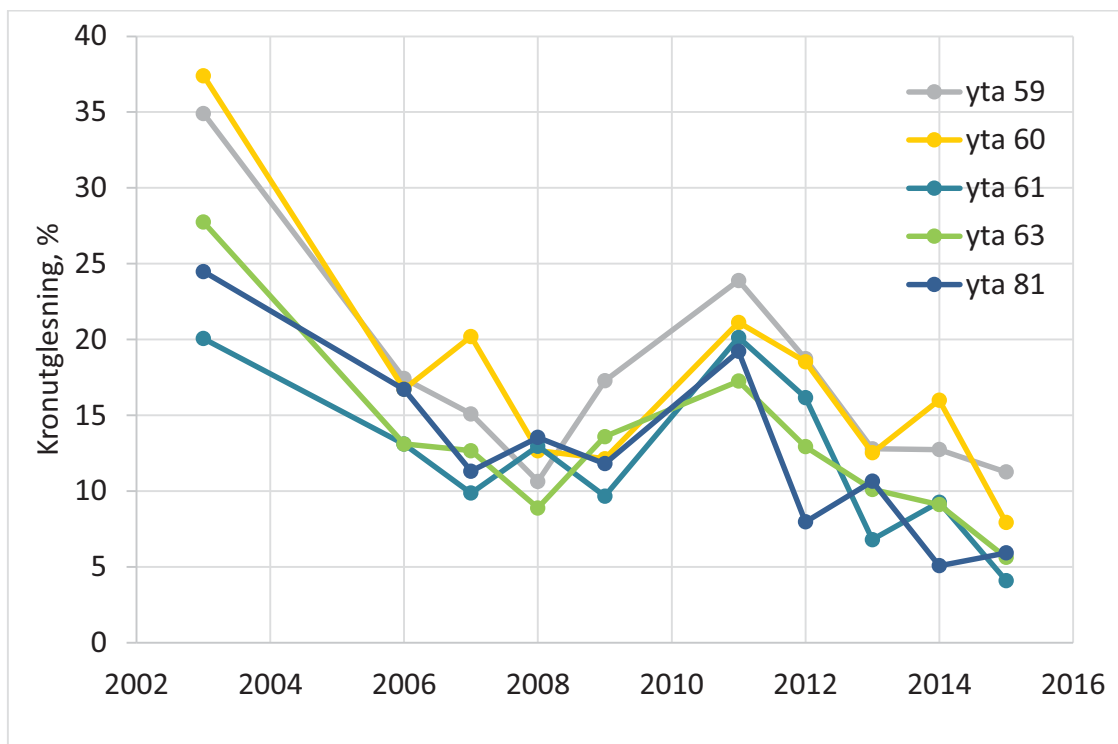
Sammantaget är underlaget för svagt för att dra några säkra slutsatser.

Trädvitalitet bok

Kronutglesningen för bok inom Bjäred-området under perioden 2002 -2015 är mycket lik den för referensområdet. Däremot finns en viss skillnad gentemot övriga ytor inom påverkansområdet där mellanårsvariationen verkar vara mindre (figur 77).



Figur 77. Kronutglesning bok inom Bjäredsområdet jämfört med övriga boktytor inom påverkansområdet respektive referensområdet.



Figur 78. Kronutglesning för bokytorna inom Bjäred-området.

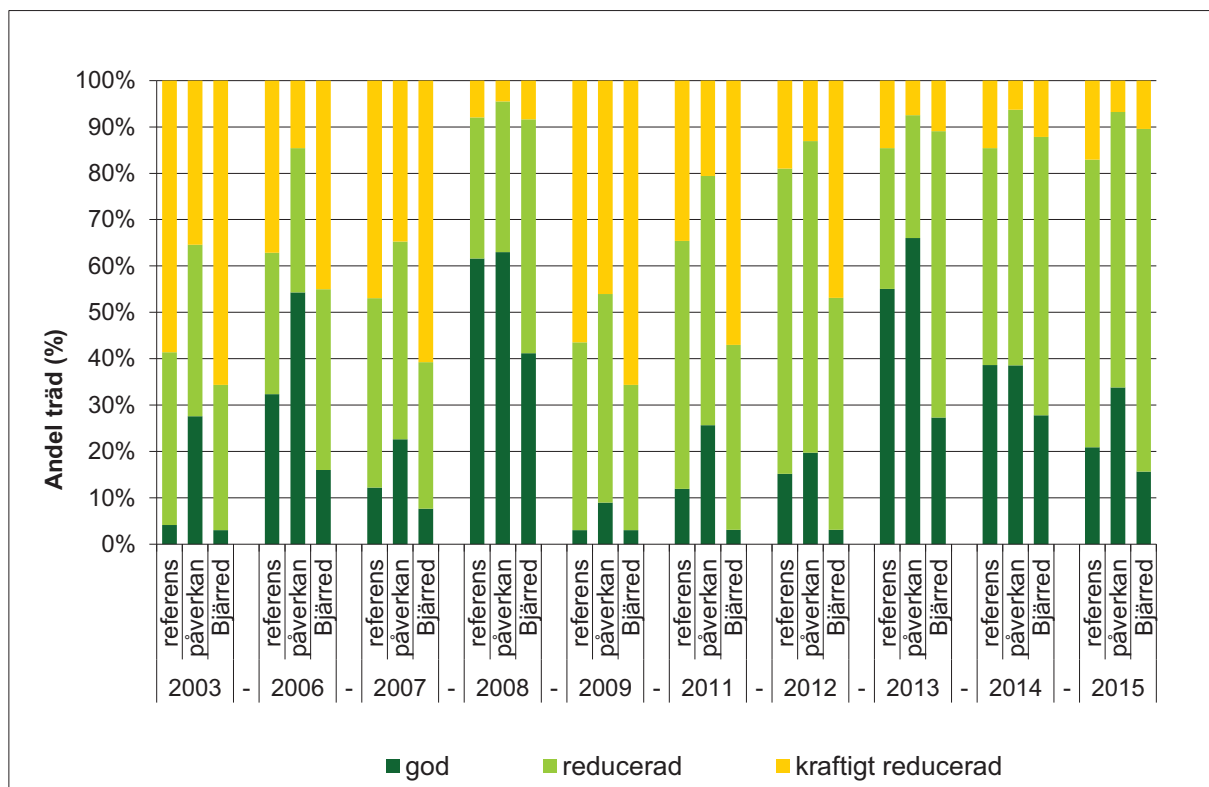
Utglesningens variation över tid för de fem bokytorna inom Bjäred-området (nr 59, 60, 61, 63 och 81), är också sinsemellan mycket likartad (figur 78). Högst kronutglesning noteras i början av perioden (2002/2003) och då är också skillnaden mellan ytorna störst. Utglesningen ökade 2008 -2011, men har sedan dess minskat till sin lägsta nivå 2015.

Årsskotten (figur 79) i Bjäredsområdet var de flesta år sämre utvecklade än i övriga påverkansområdet, (figur 80). Men liksom när det gäller utglesningen så låg referensområdet på nästan samma höga andel reducerade årsskott som Bjäredsområdet. Tillståndet för boken är alltså snarast bättre i övriga påverkansområdet än vad det är i Bjäred respektive referensområdet.

Slutsatsen är att ingen negativ påverkan kan noteras för bokens trädvitalitet i Bjäredsområdet.

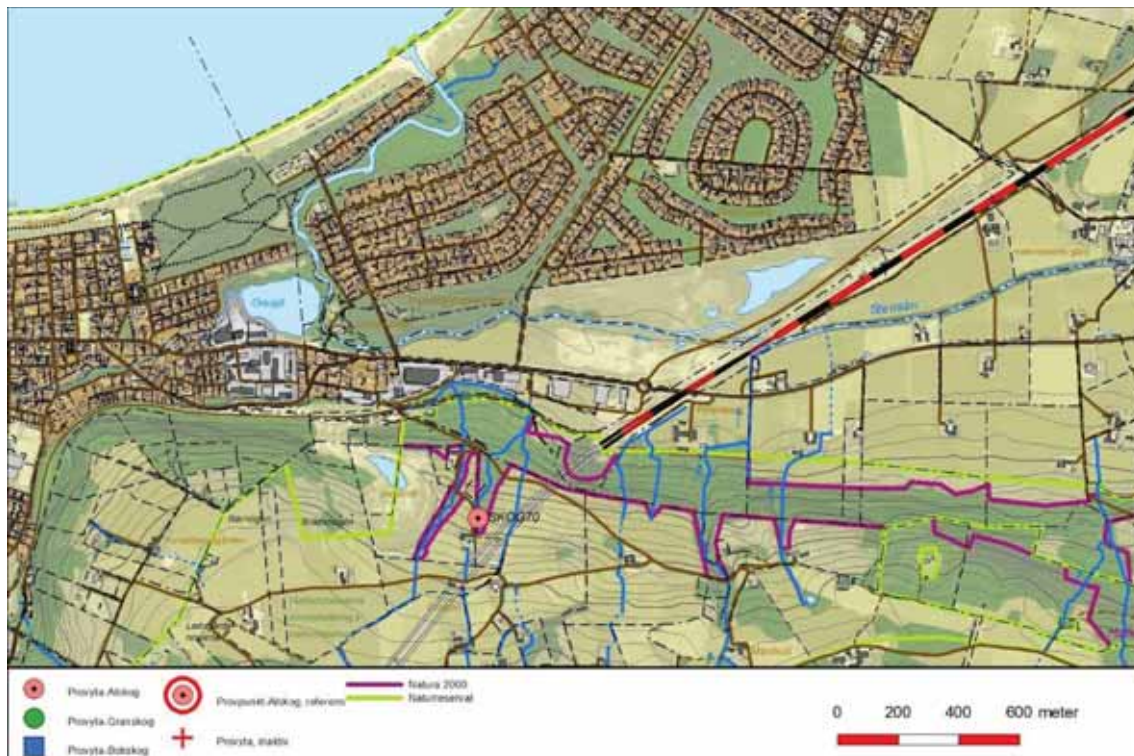


Figur 79. Jämförelse mellan bok med bra årsskottsskjutning och grentyp, klass god (till vänster) och dålig klass kraftigt reducerad (till höger).



Figur 80. Utvecklingen av årsskott hos bok i Bjärredsområdet, övriga påverkansområdet och referensområdet.

4.5.5 Området kring Norra påslaget



Figur 81. Området kring Norra påslaget.

Området omfattar influensområdet kring Norra påslaget (figur 81). Inom detta område har påverkan varit mycket kraftig under hela tunneldrivningstiden. Skogen visade tidigt tecken att påverkas negativt genom ökad barr- och lövfällning. Inom vissa starkt påverkade delar dog toppar på träden samt i en del fall hela träd. En bidragande orsak till att de negativa effekterna är att de centrala delarna av området även påverkats av grundvattensänkning från ett större stenbrott. Hur stora de samverkande effekterna var utreddes av SGU 2001. Inom den utredningen genomförde Skogsstyrelsen en okulär trädvitalitetsinventering i en gradient ca 2 km öster och väster om tunnelsträckningen.

Kontrollprogrammets förutsättningar i området

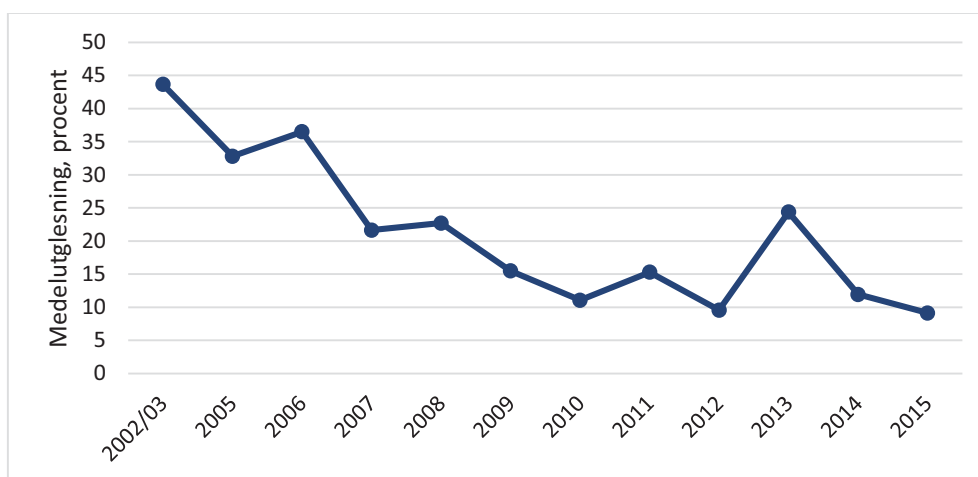
Inom området finns inga gran- eller bokytor. Endast en klibbalsyta finns i området (yta 70, figur 82). Området har dominerats av blandadellövskog som till huvuddelen består av alm och ask. Dessa trädslag har under kontrollprogrammets gång drabbats av omfattande skador och trädod som är kopplade till almsjuka och askskottssjuka. Almen har i stort sett dött ut inom området. Utöver dessa blandadellövskogar finns också ett antal mindre alkärr inom området.



Figur 82. Klibbalsyta nr. 70, flera av klibbalarnas kronor har dött endast halva stammar finns kvar

Klibbalsyta 70 (figur 82) har under hela programperioden haft stor negativ påverkan som har visat sig genom hög kronutglesning (figur 83), missfärgning av blad samt döende och döda träd. Den förbättring av kronutglesningen som skett under perioden beror på att en stor del av träden har dött och därmed utgått från skadebedömningarna.

Resultatet från trädvitalitetsinventeringen som genomfördes 2001, hos lövträd i nordsluttningen, visade på negativ påverkan över ett stort område. Störst kronutglesning och därmed störst negativ påverkan var det närmast norra påslaget och stenbrottet.



Figur 83. Medelkronutglesning för klibbalsyta nr. 70 under kontrollprogramperioden.

Under hela kontrollprogramperioden har Skogsstyrelsen genomfört ett stort antal trädskadebesiktningar i området. Besiktningarna har genomförts på anmodan från boende eller genom

information från intervjuundersökning som genomförts via Trafikverket. Sammanfattningsvis visar resultatet från besiktningarna att det har förekommit frekventa skador både i lövskog och på träd i trädgårdar särskilt i början av perioden mellan 1999 och 2003.

4.5.6 Påverkan klibbal

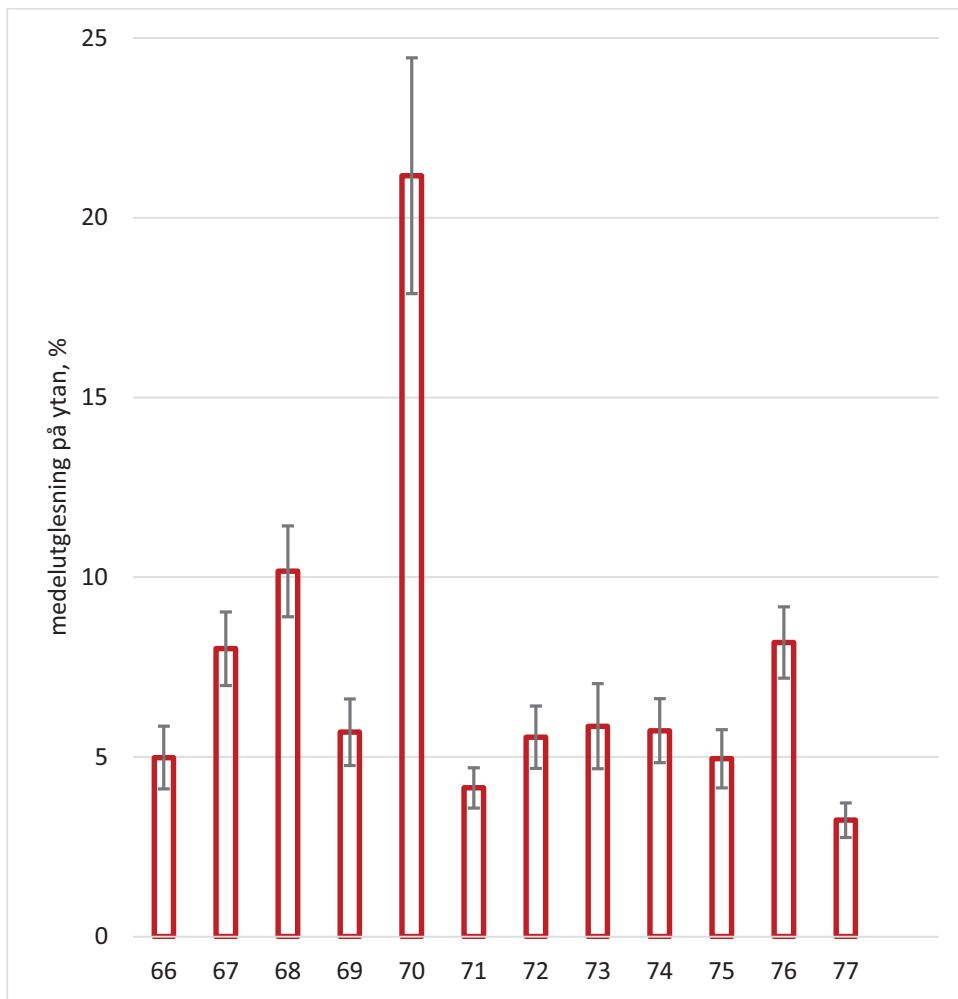
Okulärt har påverkan av grundvattensänkning noterats på flertalet klibbalsytor (figur 84). För att kontrollera om resultaten från undersökningarna visar på en generell påverkan av klibbal genomförs en jämförande tväranalys av all tillgänglig data från klibbalsytorna. Data för klibbalsytorna finns i form av vitalitet, tillväxt, trädborrkärneanalyser, grundvatten och resultat från Naturkontrollprogrammet.

Ekologiska kontrollprogrammets delprogram Natur har flera ytor, som är samlokaliserade klibbalsprovytorna, och som uppvisar en negativ påverkan för kärlväxter och mossor.

Bortsett från den kraftigt skadade ytan 70 har även ytorna 67, 68 och 76 haft högre utglesning än genomsnittet under de 12 år som mätningarna genomförts (figur 85).

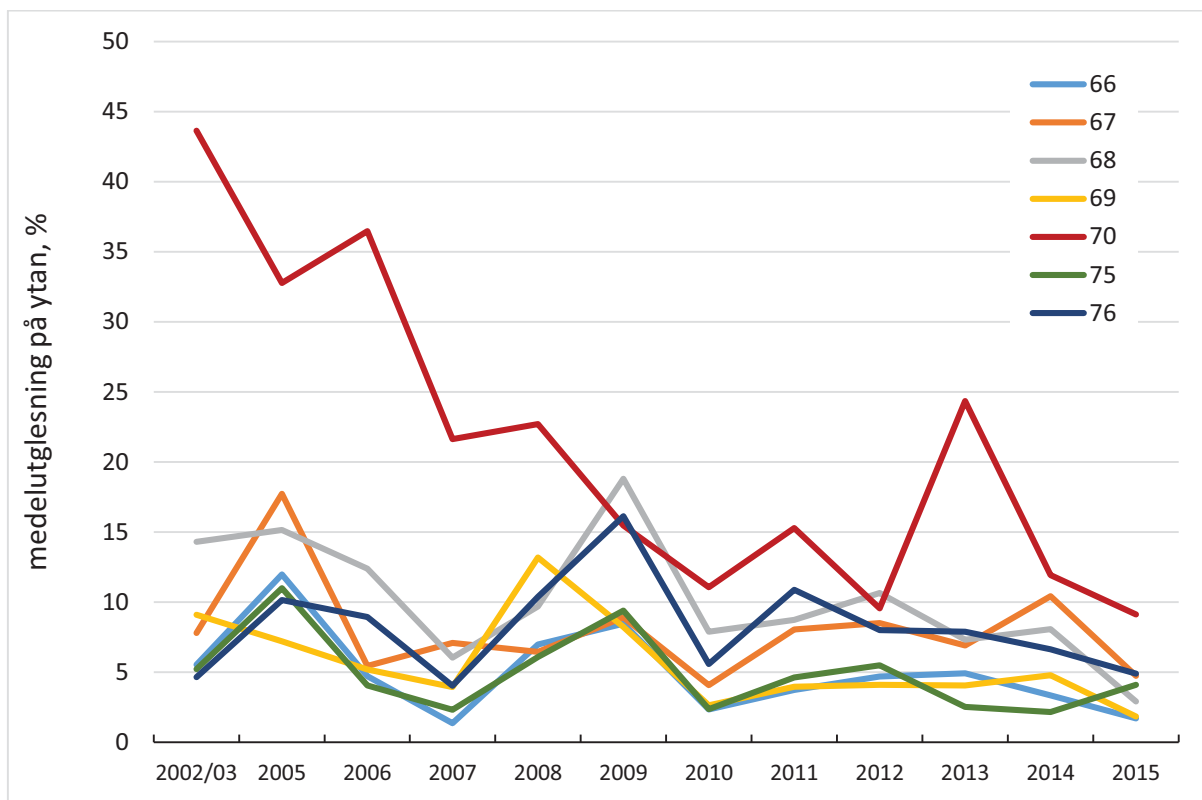


Figur 84. Klibbalsyta nr. 76, alarnas socklar indikerar att det varit mycket blötare förhållanden tidigare.



Figur 85. Kronutglesningen på alytorna 2002 -2015. Medelvärde för hela perioden samt medelvärdets medelfel. (Yta 73 saknar mätvärden efter 2012).

Yta 68 hade en högre utglesning än övriga ytor från starten 2002 med en topp 2009 (figur 86). Därefter har utglesningen minskat till samma låga nivå som för övriga ytor. Även yta 76 hade högst utglesning 2009 (figur 86) och låg på en förhöjd nivå också följande två år. Yta 67 hade högst utglesning 2005, då flera andra ytor också hade sina maxvärden (figur 86). Övriga år har utglesningen legat på en låg och stabil nivå. Ytan hade ingen förhöjd utglesning 2009.



Figur 86. Kronutglesning för ett urval av alytorna. Årsvisa medelvärden per yta.

Den relativt höga kronutglesningen (sett till hela perioden) på ytorna 68, 69 och 76 beror till viss del på att angrepp av allövvivel varit något högre på dessa ytor. De förhöjda utglesningstalen 2009 kan bero på viss påverkan av tunneldrivningen 2007 – 2008, då det var en stark grundvattenavsänkning i kombination med torka. Effekten på vitaliteten visar sig ofta året efter vilket stämmer med den något försämrade vitaliteten för berörda klubbalsytor (figur 87). Under slutet av mätperioden har utglesningen minskat för alla klubbalsytor (figur 86).



Figur 87. Utglesningsutvecklingen för yta 68, 69 och 76.

Klibbalsprovyta 66 visar i stort sett ingen påverkan trots att det här har varit ganska kraftig påverkan under lång tid. Samtidigt visar resultaten från naturinventeringar på en närliggande yta en mycket kraftig negativ påverkan. Kanske har den här ganska långsamma dräneringen gynnat klibbalen som genom bättre syretillgång i marken vuxit bättre. Årsringsanalysen från ytan kan eventuellt ge svar på detta.

Sammantaget visar resultaten från klibbalsytorna på ingen eller mycket liten negativ påverkan, med undantag för yta 70 vid Norra påslaget.

4.5.7 Kvarstående effekter och prognos för framtiden

Ingen bestående påverkan av tunneldrivningen har påvisats för gran- och lövskogens tillväxt och vitalitet, med undantag för en lokal flerårig påverkan vid norra påslaget.

Den direkta orsaken till den negativa påverkan var den av tunneldrivningen orsakade grundvattensänkningen i samverkan med grundvattensänkningen orsakad av PEAB:s bergtäkt. Påverkan för skog var störst från slutet av 1990-talet till början av 2000-talet, då en försämrad vitalitet kunde konstateras hos flera trädslag, men framförallt hos klibbal och björk (figur 88). Området som visade på försämrad vitalitet var främst söder och väster om norra påslaget. Omfattningen registrerades vid flera okulära besiktningar samt vid Skogsstyrelsens utredning av skogsskador på uppdrag av PEAB 2001. Utredningen konstaterade försämrad vitalitet i anslutning till PEAB:s bergtäkt och norra påslaget. Skadornas omfattning avtog med avstånd från tunnelpåslaget och bergtäckten.



Figur 88. Trädgård i Lya ovanför Norra påslaget augusti 2015. Här har inte björkarna hämtat sig och ett tiotal har dött och avverkats.

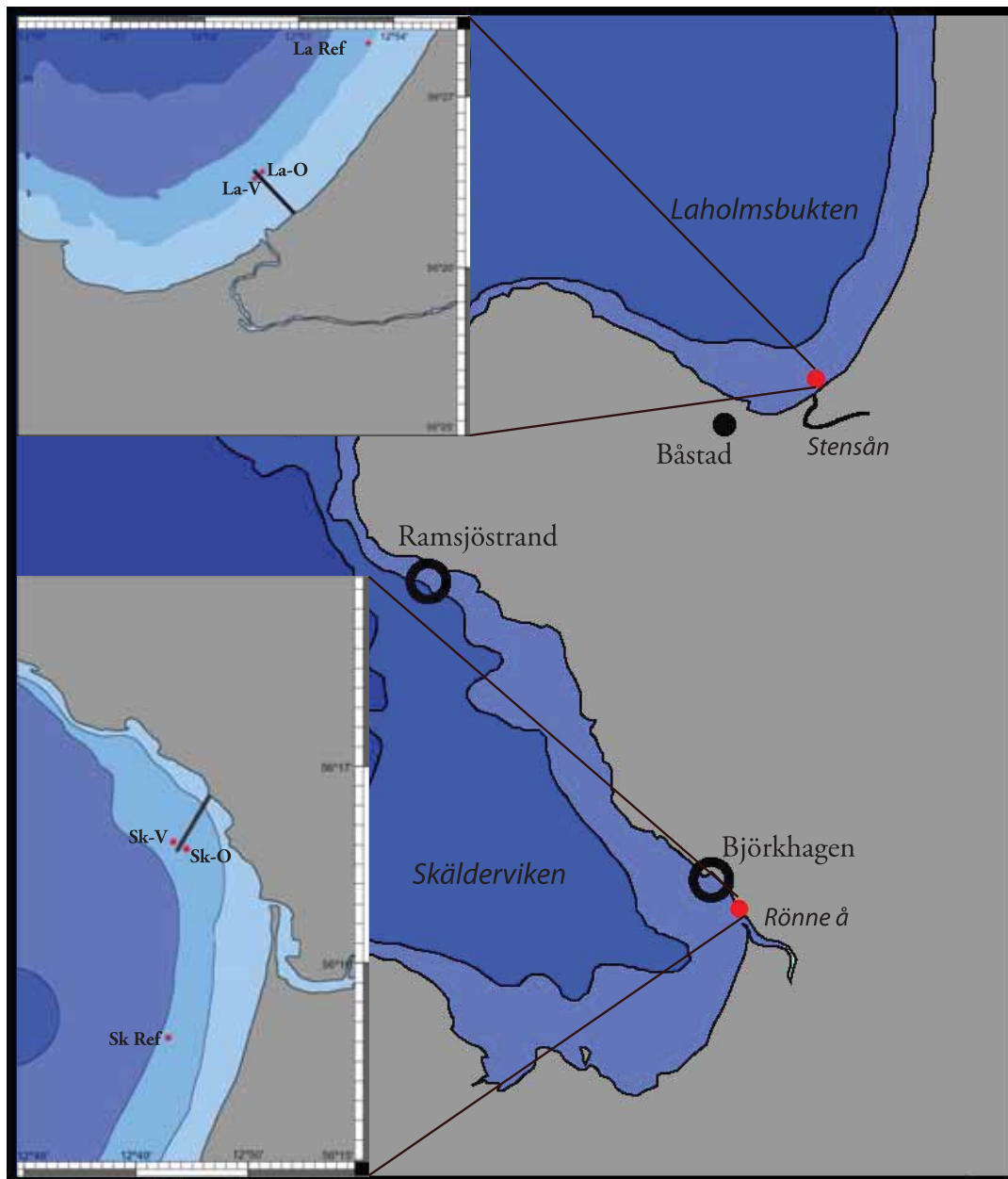
För det mest utsatta området i nära anslutning till norra påslaget bedöms påverkan vara flerårig. Områden längre ifrån norra påslaget verkar ha återhämtat sig med till stor del återställd vitalitet. Dock finns ingen objektiv inventering av återhämtningen utan bedömningen bygger på okulära observationer och rapporter.

Med stöd av hittills utförda undersökningar och tillgängliga informationer bedöms grundvattenavsänkningen inte medföra någon långsiktig bestående påverkan på gran- och bokskogens tillväxt och vitalitet inom det område som påverkades av tunneldrivningen.

4.6 Hav

4.6.1 Inledning

Tunnelbygget i Hallandsås har inneburit att grundvatten har läckt från berggrunden och in i tunnarna. Detta vatten har pumpats ut från tunnarna och, efter rening, släppts ut via rörledningar i Laholmsbukten och i Skälderviken. Rörledningarna har mynnat ute i havet på rena sandbottnar på 3-5 meters djup. För att undersöka om havsmiljön påverkats av det utpumpade tunnelvattnet har bottendjursamhällen i rörens mynningsområden undersökts. Jämförelser har gjorts med liknande opåverkade områden, så kallade referensområden. I Skälderviken har även undersökts om tångmiljöerna har påverkats av det utsläppta tunnelvattnet (figur 89). Utgående vatten från tunnarna har avseende vattenmängd, och i miljödom villkorssatta ämnen, följts inom programmet för utsläppskontroll och årligen redovisats i miljörapport.



Figur 89. Bottenfaunastationernas ungefärliga placering i anslutning till rörledningarna i Laholmsbukten och Skälderviken (röda prickar) samt tångstationerna (ringar) i Skälderviken.

Djursamhällena har undersökts genom att stickprov av botten tagits med en typ av rörprovtagare. Varje höst har 20 prover tagits vid respektive rörmyrning. Dessa har jämförts med 20 prover som tagits från en opåverkad station. Bottendjurens antal, vikt och artsammansättning samt bottenstruktur har jämförts med resultat från de opåverkade områdena.

På liknande sätt har växtlivet i havet (makroalger inklusive olika tångarter) undersökts i Skälderviken. Fem stycken 5-kvadratmeters rutor har lagts ut i ett område med tångbälten nära rörmyrningen. Alla förekommande arter har registrerats samt hur stor del av bottenytan de har täckt. Kvadraterna har sedan jämförts med ett opåverkat område av samma typ.

Tillämpad undersökningsmetodik redovisas mer ingående i bilaga B7.

4.6.2 Påverkan under byggtid

Bottendjur

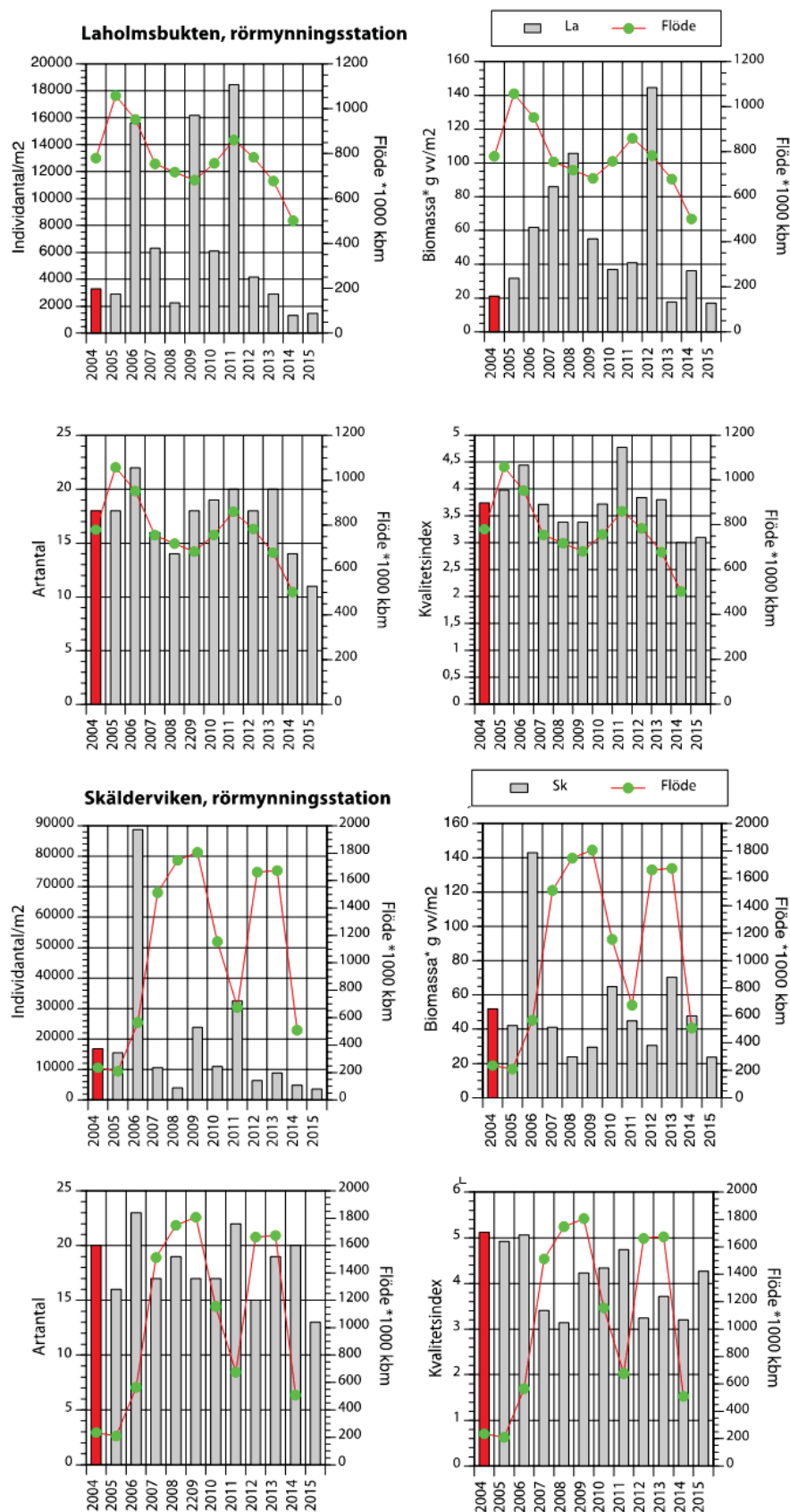
Undersökningarna av bottendjur har visat på stora variationer under perioden (2004-2015). Båda mynningsområdena ligger på relativt grunt vatten med stor påverkan av vågor, vind och temperatur. Flera tillfällen med kraftiga oväder har visat sig påverka bottensamhällena negativt, när både rörmynningsstationerna (effektstationer) och referensstationerna (opåverkade) har visat på likartade förändringar. Samtidigt har i flera fall kunnat konstateras snabba återhämtningar redan året efter en tydlig nedgång, vilket visat på en god återhämtningsförmåga.

Jämförelser mellan enskilda års resultat och det första undersökningsåret 2004 har visat på negativ påverkan vid flertalet tillfällen, men denna negativa påverkan har ofta syns bara i någon eller några av faktorerna (antal, vikt, arter etc). Ofta har det samtidigt kunnat konstateras positiv påverkan på någon eller några andra faktorer vid samma tillfälle. Summerat kan konstateras att någon tydlig och enhetlig påverkan inte har förekommit.

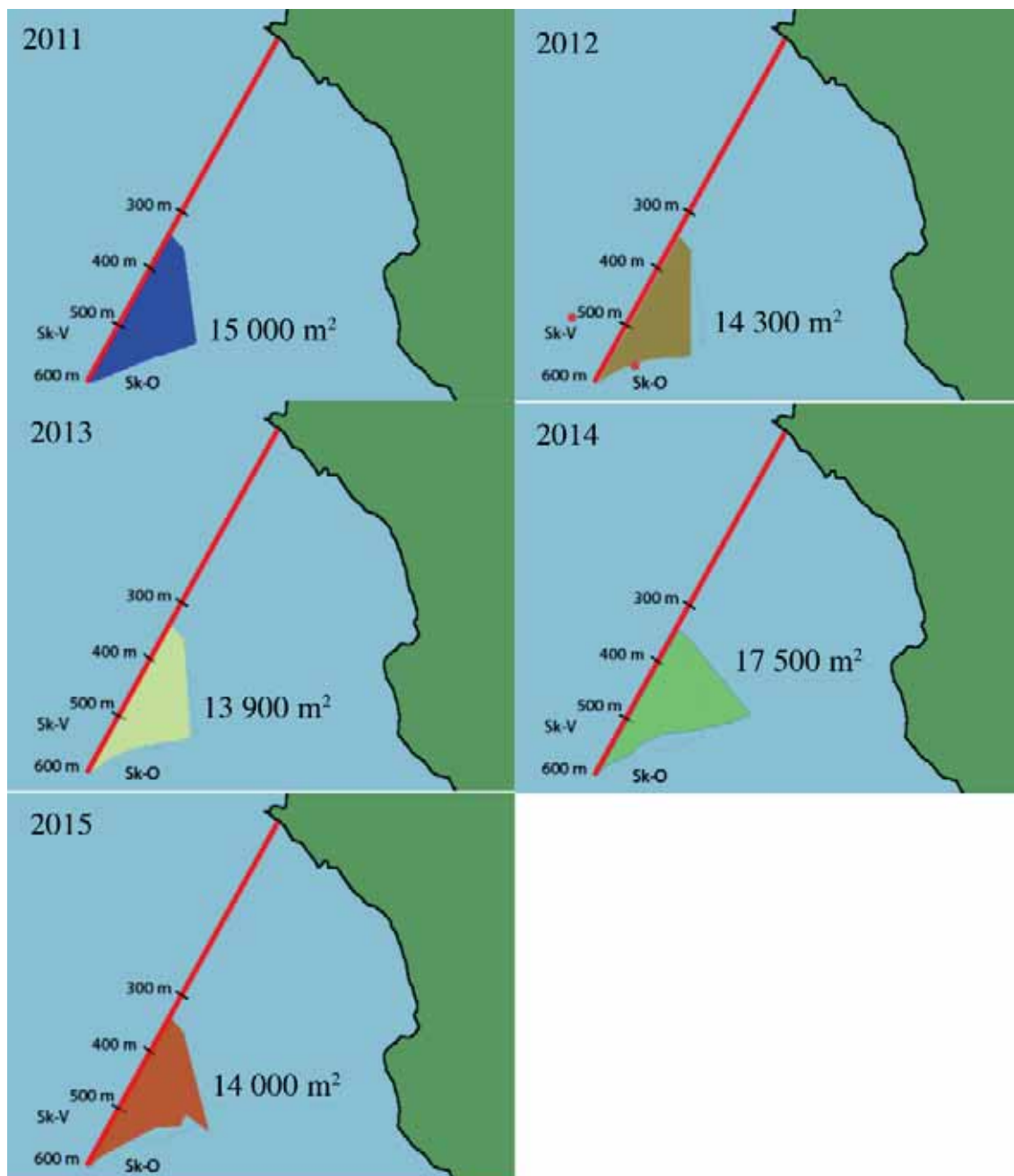
Efter att flödesdata från rörledningarna sammanställts har sökts kopplingar mellan mängden tunnelvatten som flödat ur rören och förekomsten av bottendjur (figur 90). Dessa jämförelser har gett olika resultat för de olika områdena. I Laholmsbukten har kunnat ses att ju högre flöde som uppmätts desto fler arter och desto högre kvalitetsindex. Kvalitetsindexet är ett mått på hur "bra" bottendjursamhället mår. Här verkar tunnelvattnet ha haft en gynnsam effekt på bottendjuren. I Skälderviken är förhållandet det omvända, dvs att ju högre flöde desto färre arter och lägre kvalitetsindex. Här har sambanden dock varit mindre tydliga, men indikerar att flödet kan ha påverkat bottendjuren negativt.

Bottenförändring i Skälderviken

I samband med undersökningarna av bottendjurens samhälle observerades från och med 2011 att botten sydost om yttersta rördelen i Skälderviken hade förändrats. Botten i detta område hade övergått från fin sandbotten till att bestå av grov sand och grus. Fenomenet bedömdes bero på förändrade hydrodynamiska förhållanden, dvs att ström- och vågpåverkan förändrades på grund av rörets närvaro. Om röret tagits bort hade området återgått till sin ursprungliga typ med fin sand. Ytan av det påverkade området varierade något från år till år, men förblev relativt konstant (figur 91).



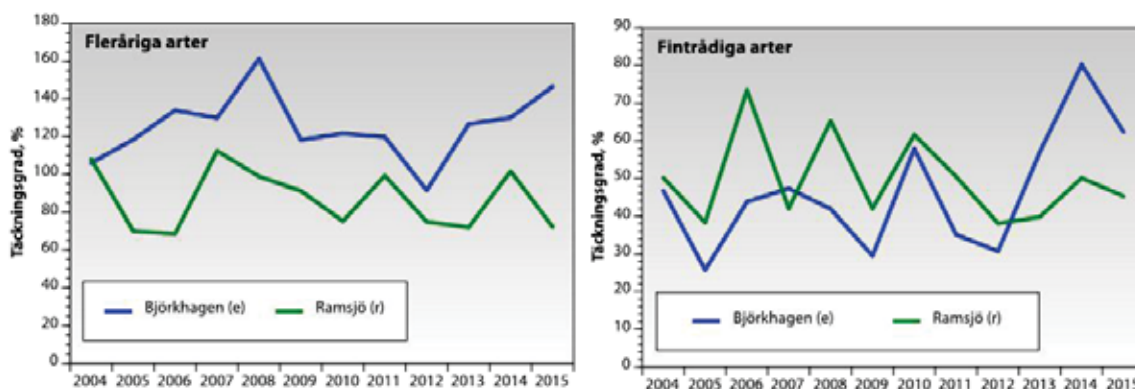
Figur 90. Individantal, biomassa, artantal och kvalitetsindex kopplat till flödesdata för rörledningarna i Laholmsbukten och Skälderviken. Eftersom provtagningar av bottenjur gjordes ungefär i september har flödesdata summerats från september-augusti för varje års provtagning.



Figur 91. Röret i Skälderviken (röd linje) samt utbredningen av avvikande område med grov, svallad sand och grus. Ursprungligen bestod området av fin sand.

Marin vegetation i Skälderviken

Liksom för bottenfauna har variationerna mellan åren varit stora för den marina vegetationen (d.v.s. makroalger såsom sågtång). Vid effektstationen (=påverkansstation) Björkhagen har mellan 14 och 21 arter påträffats under åren, med en tendens till ökande artantal under byggtiden. Vid referensstationen Ramsjö har artantalet varit något högre, 18-24, men varit relativt konstant under hela byggtiden. Om man studerar endast de fleråriga arterna (till exempel sågtång, gaffeltång, karragentång), vars förekomst uppfattas som positiv, var deras täckningsgrad på exakt samma nivå år 2004 (figur 92) för både effekt- som referensstation. Utvecklingen har sedan varit positiv vid effektstationen med högre täckning relativt referensstationen under hela byggtiden. Vid referensstationen har täckningen varit relativt konstant under hela byggtiden.



Figur 92. Täckningsgraden av makroalger på de undersökta stationerna, effektstationen (e) Björkhagen och referensstationen (r) Ramsjö i Skälderviken år 2004-2015. Täckningsgraden anger absolut täckningsgrad för fleråriga arter (till vänster) respektive fintrådiga, ettåriga arter (till höger). Värden är medelvärden av tre replikat (fem replikat 2005-2014).

Variationen har varit relativt stor vad avser utvecklingen av fintrådiga alger, alger som kan uppfattas som opportunistiska, övergödningsgynnade och som kan svara snabbt på förändringar till skillnad från de fleråriga arterna.

Täckningsgraden har varit högre vid referensstationen under nästan hela byggtiden. Endast under de senaste tre åren har den varit högre vid effektstationen. Under dessa tre år har dock utvecklingen av fleråriga arter varit betydligt gynnsammare vid effektstationen än vid referensstationen. Eftersom utvecklingen av antalet arter även den varit gynnsammare vid effektstationen, är den sammanlagda bedömningen under byggtiden att inga negativa effekter av tunnelvattnet har kunnat observeras.

4.6.3 Kvarstående effekter och prognos för framtiden

Bottendjur

Utledningen av vatten via rörledningar till Skälderviken och Laholmsbukten har upphört efter det att tågtunnlarna färdigställts. Bottendjursamhällena har under hela provtagningsperioden kunnat återhämta sig från år till år. Kustnära sandbottenmiljöer är en miljötyp som naturligt varierar med årsvisa förändringar som främst beror på väderlek. Därför bedöms det inte bli några kvarstående effekter av tunnelbygget på bottendjursamhällena i Laholmsbukten eller i Skälderviken.

Bottenförändring i Skälderviken

De förändringar på bottenmiljön som observerats i anslutning till röret i Skälderviken bedöms kvarstå så länge röret ligger kvar. Bottendjursamhället här kommer att vara av en annan typ än i omgivande "opåverkade" områden, med färre antal djur och lägre biomassa vilket är en följd av att mindre mängder organiskt material återfinns i botten.

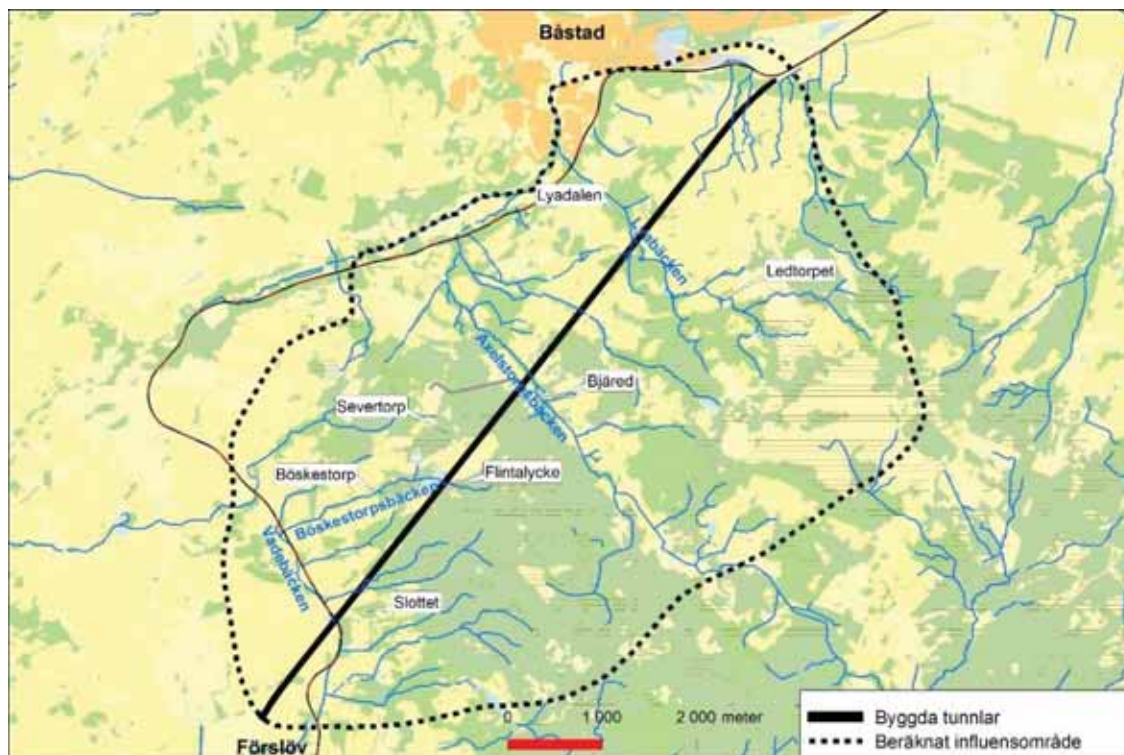
Marin vegetation

Då inga negativa effekter av tunnelvattnet kunnat påvisas för den marina vegetationen under byggtiden, kommer eventuella förändringar i framtiden att helt bero på naturliga variationer i till exempel väderlek och andra omvärldsfaktorer som tillskott av näring från vattendrag och Kattegatt/Öresund.

5. Skyddsåtgärder

5.1 Inledning

Under perioden då tunneldrivning pågick, från starten i söder hösten 2005 till september 2013, planerades bevattningsinsatser för olika skyddsvärda uttorkningskänsliga biotoper och vattendrag. Under perioden 2005-2013 genomfördes sedan ett antal bevattningar av våtmarker och även andra skyddsinsatser för bland annat fisk (se figur 93 och tabell 2).



Figur 93. Platser med planerade och genomförda skyddsåtgärder.

Tabell 2. Planerade och genomförda skyddsåtgärder.

Objekt	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Slottet	x	x									
Vadebäcken	x	x									
Böskestorp								4			
Böskestorpsbäcken	x	x	x				1,3				
Flintalycke			x	x			x				
Severtorp			x	x			2				
Axelstorpsbäcken				x				x			
Bjäred				x							
Lyadalen					x	x	x	x	x		
Lyabäcken					1,3	1,3			1,3		
Ledorpet	x		x	x	x	2			2		

X= Planerade skyddsåtgärder

1= Utledning av vatten

2= Bevattning

3= Fiskflytt

4= Röjning

I början av september 2013 avslutades tunnelborrningen och under våren 2014 var samtliga tunnelarbeten avslutade som kunde påverka grundvattennivåerna. Den stabila grundvattensituationen har sedan medfört att behovet av skyddsåtgärder har upphört

I arbetet med planering av skyddsåtgärder ingick till exempel att undersöka vattenkvalitet och mängd för potentiella källor för bevattning. Vidare ingick planering av vattenhantering med pumpanläggningar, mellanlagringsbassänger/tankar, elförsörjning, övervakningssystem, spridningsutrustning och vattentransporter via rörsystem eller tankbilar. Andra delar som ingick var att fastställa larmnivåer och att klarlägga beslutsgång.

5.2 Genomförda skyddsåtgärder

5.2.1 Utledning av vatten

Utledning av vatten (ca 5 l/s) till vattendraget Lyabäcken genomfördes från sommaren 2009 till slutet av sommaren 2010 och från mars till oktober 2013. I Böskestorpsbäcken utleddes vatten (ca 3 l/s) från juni 2011 till januari 2012.

I miljödomen för Mellanpåslaget krävdes dessutom att Trafikverket skulle fördela uppumpat vatten (ca 12 l/s) från Mellanpåslaget till Axelstorpsbäcken och Vadbäcken. Detta pågick under 2004 och 2006-2008.

5.2.2 Bevattning

Bevattning utfördes i huvudsak med mindre slagspridare. Normalt gavs givor på ca 8 mm. I ett par fall spreds vatten även genom översilning. Som mest (Ledorpet) genomfördes ca 30 bevattningar under en säsong.

Att pumpa vatten från en närliggande brunn och leda vattnet i plastslang (PEM-plast) visade sig vara det bästa och säkraste sättet att uppfodra och transportera vatten från källa till bevattningsområde.

5.2.3 Flyttning av fisk

Flyttning av fisk genomfördes i Böskestorpsbäcken och i Lyabäcken. När fiskar skulle flyttas insamlades dessa med hjälp av elfiske. I Lyabäcken flyttades 2009 cirka 1000 öringar till en specialbyggd anläggning i Halland (Vänneåns Fiskodling AB). Merparten av den flyttade fisken kunde återföras till Lyabäcken efter ett drygt år. Genomförandet av denna fiskflytt har redovisats i PM Flyttning av öring i Lyabäcken 2009-2010 (2012-12-10). I Böskestorpsbäcken och i Lyabäcken 2013 flyttades fisk inom samma vattendrag till bäcksträckor som inte riskerade att torka ut.

5.2.4 Vegetationsröjning

I ett kärr i Bjäred genomfördes vegetationsröjning 2003. Kärrret var påverkat av grundvattenavsänkning orsakad av det närliggande Mellanpåslaget och hade blivit torrare. Marken var på väg att växa igen med buskar. Under 2015 har området återigen röjts och grundvattennivåerna är nu återställda.

I ett alsumpskogsområde i Böskestorp utfördes röjning i försöksrutor under sensommaren 2012. Syftet var att återställa/kompensera för den ökade tillväxt och uppslag hallon, björnbär och vedväxter som skett under den tid då markområdet varit torrare än normalt till följd av den grundvattensänkning som orsakats av tunnelbygget. Försöksröjningen utvärderades under 2014 och kompletterande röjningar utfördes under sensommaren 2014. Grundvattennivåerna i området är sedan flera år återställda.

5.3 Resultat och erfarenheter

Tre områden inom influensområdet för tunnelbygget drabbades hårdast av grundvattensänkningarna, kärret vid Bjäred, våtmarker och dammar vid Flintalycke samt kärret vid Ledtorpet. I anslutning till de två senare drabbades även vattendragen Böskestorpsbäcken och Lyabäcken.

Det visade sig att påverkanstiden var en viktig faktor. En påverkan under en växtsäsong klarar växtligheten i allmänhet bra. Vegetationen i Ledtorpet som utsattes för uttorkning under flera år 2009-2010 och sedan igen 2013, klarade sig bra första året men påföljande år krävdes skyddsbevattning för att undvika uttorkning. Vid Ledtorpet står grundvattnet naturligt högt nära markytan, vilket gör området extra känsligt för en grundvattensänkning.

För bäckarna är storleken på bäcken viktig och hur stor del av bäckens avrinningsområde som påverkas. I Lyabäcken som delvis sinade under några perioder är flödet normalt mycket lågt under torra somrar. Detta innebär att när tunneldrivningen påverkade grundvattennivåerna i området torkade bäcken ut. Känsligaste partierna av bäcken låg några hundra meter uppströms mätstation Q09, där artesiska förhållanden råder och bäckbotten är sandig och genomsläpplig. Vattnet i bäcken infiltrerade och bäcken sinade.

Bevattningen som utfördes dels med slagspridare och vissa fall genom översilning fungerade bra. Viktigt att använda små spridare för att minska risken för skador på vegetationen vid bevattning. Bevattningen bör ske på tidig morgon eller sen kväll för att undvika för stor avdunstning. Vid Ledtorpet kombinerades bevattning med spridare och översilning, vilket var framgångsrikt.

Vid första bevattningssäsongen kördes vattnet från en mellanlagringstank med tankbil till bevattningsobjektet. Vid andra bevattningstillfället 2013 drogs en slang till området. Detta möjliggjorde intensivare bevattning och att området kunde översilas mellan bevattningarna med slagspridare.

I Lyabäcken och Böskestorpsbäcken har vid olika tillfällen en utledning av vatten skett. Vid första tillfället då vatten skulle tillföras Lyabäcken anlades en vattenledning från Mellanpåslaget som ligger mer än 3 kilometer från bäcken. Vid andra tillfället 2013 pumpades vatten från ett närliggande borrhål. Fördelen var kortare ledningssträcka och man kunde använda slang utan risk för läckande skarvar. Pumpen kunde vara anpassad endast för att ge ett högt flöde. Risken för frysning var dessutom mindre.

Vid ett par tillfällen fick delar av Lyabäcken och även delar av Böskestorpsbäcken tömmas på fisk. Vid första stora elfiskningen flyttades fisken till en fiskodling. Större delen av fiskbeståndet överlevde och kunde återplaceras 1,5 år senare. Kostnaden blev dock hög vilket föranledde att vid andra tillfället, när Lyabäcken riskerade att torka ut, flyttades fisken istället uppströms och nedströms i samma bäck med stabilt flöde.

Alla insatser krävde gott samarbete med Länsstyrelsen som fattade besluten om insatserna och de berörda fastighetsägarna som hela tiden samarbetat med Trafikverket. Insatserna har dessutom krävt stora arbetsinsatser av elfiskepersonal och ekologisk kompetens samt personal från Trafikverket som ibland fått arbeta under sena kvällar/nätter och helger. Ytterst viktigt för att lyckas är att ha en lokal bevattningsentreprenör som kan ställa upp under svåra och tidsknappa förhållanden och som är villiga att finna lösningar på uppkomna situationer.

6. Slutsatser

Beskrivningen av tågtunnelarnas påverkan på omgivningen beror i hög grad på vilka perspektiv som betraktaren använder avseende tid och rum. För påverkan på naturförhållandena har tiden för grundvattenavsänkningen i många fall varit en avgörande faktor. Vid tunnelarnas norra del och kring mellanpåslaget har grundvattnet varit avsänkt under många år och det var inom dessa områden som den tydligaste påverkan på vegetationen uppstod. Påverkan på grundvatten- och ytvattennivåer var också påtaglig i samband med byggnationen av det östra tunnelröret 2006-2010, inte minst där inläckaget vid tunnelfronten samverkade med de redan påverkade områdena i norr och vid mellanpåslaget. När det västra röret byggdes 2011-2013 hade byggtekniken utvecklats samtidigt som ett nytt tillstånd medgav tillfälligt större inläckage av vatten. Tillsammans innebar dessa förutsättningar snabbare tunneldrivning samt totalt sett mindre avledd vattenmängd och mindre omgivningspåverkan.

Tunnelbygget rymmer händelser och incidenter som idag tillhör svensk miljöhistoria och som när de inträffade innebar stora påfrestningar på många enskilda fasighetsägare och brukare. Den mediala uppmärksamheten kring tunnelbygget har tidvis varit mycket omfattande. Ett av de största problemen uppkom under mitten av 1990-talet då flera brunnar sinade och flera enskilda fastigheter och gårdar fick tillfälligt försörjas med vattentankar. En hållbar dricksvattenförsörjning ordnades efterhand genom en utbyggnad av det kommunala vattenledningsnätet över i stort sett hela det berörda området på åsen.

För att försöka begränsa det kraftiga inläckaget av vatten till tunnelarna provades tätningsmedlet Rhoca Gil 1997. De stora vattenflödena innebar dock att medlet inte härdade utan medlets enskilda komponenter, däribland det giftiga ämnet akrylamid, spreds i omgivande grundvatten. Via utpumpat vatten från mellanpåslaget nådde det även Vadbäcken där betande kor kom i kontakt med vattnet och flera djur fick avlivas. Sex år senare, 2003, genomfördes undersökningsborrningar under Lyabäcken. Detta ledde till att bentonitlera och cement kom ut i bäcken och orsakade utslagning av en stor del av djurlivet och omfattande fiskdöd nedströms utsläppet.

Det korta och småskaliga perspektivet

I det korta perspektivet (1-3 år) och små geografiska områden (hektar) har den av tågtunnelbygget orsakade grundvattenavsänkningen inneburit mycket tydliga effekter på vatten och natur. För gemene man har uttorkningen av dammar på Flintalycke 2007 och uttorkningen av Lyabäcken 2009-2010 och 2013 troligen varit de tydligaste. För hydrologer har det också varit tydligt att grundvattensänkningen medfört mindre flöden i flera bäckar och minskad vattentillgång i många kärr. Detta medförde att flera växtarter knutna till kärr minskade tydligt. Det samma gällde flera olika mossor. Påverkan har varit mer påtaglig i öppna kärr jämfört med studerade sumpskogar. I uttorkade vattendrag har fisk och vattenlevande smådjur tillfälligt mer eller mindre slagits ut. I några mindre bäckar har grundvattenavsänkningen påverkat vattenkemin, vilket märkts genom bland annat tillfälligt ökade sulfathalter och lägre pH.

I påverkansområdets norra del har lokalt konstaterats tydliga torkskador på mindre skogsområden och träd i trädgårdar. I det mest påverkade området har även ett intilliggande stenbrott bidragit till skadorna.

Beskriven påverkan har varit tillfällig och avgränsad till förhållandevis små områden (hektar och några hundra meter vattendrag). I vattenmiljöerna har uppföljningen visat att återhämtning sker snabbt. Det finns åter fisk i vattendragen - om än inte med normala åldersfördelningar och numerärer. Småkryp, bottenfauna, återetableras snabbt. Olika sländor, musslor, snäckor och kräftdjur återkommer snabbt - några överlever i bottenmaterialet, andra sprider sig själva från ej uttorkade vattendragssträckor eller sprids med större djur, t ex fåglar.

Även i påverkade kärrmiljöer syns en tydlig återhämtning. Kärlväxter återkommer och så även mossor. I några områden fortsätter uppföljningen och förhoppningen är att vegetationen i

tidigare störda områden successivt kommer att återetableras i ännu högre grad nu när hydrologin stabiliserats.

I områden vid Severtorp, Ledtorpet och Böskestorpsbäcken, har påverkan begränsats genom skyddsåtgärder, främst genom bevattning av kärr och tillförsel av vatten till bäckar. I Lyabäcken och i Böskestorpsbäcken har fisk flyttats tillfälligt från bäcksträckor som enligt prognos skulle torka ut, vilket därefter också skedde.

Det finns exempel på mindre myrmarker belägna ovanför tunnellinjen, även inom det i övrigt tydligt påverkade Flintalycke-Axelstorpsområdet, som inte påverkats av grundvattensänkningen. I dessa fall beror detta på att terrängsvackorna ligger på bergplintar som är täta och där ytvattnets kommunikation med berggrundvattnet är obefintligt eller mycket begränsat.

På jordbruksmark har under byggtiden 1999-2015 i vissa delområden konstaterats skördeminskningar i vall eller spannmål jämfört med referensområden.

Renat tunnelvatten har under perioden 2004-2015 avletts till Skälderviken och Laholmsbukten via rör som mynnar på sandbottnar ute i haven på 3-5 meters djup. Några effekter av utlett vatten har inte konstaterats men kring röret i Skälderviken har på grund av ändrade strömningsförhållanden lokala förändringar av bottenstrukturer och bottenfaunan noterats. Tas rören bort förväntas inga kvarstående effekter.

Det längre och storskaliga perspektivet

I ett längre tidsperspektiv (fem år - decennier) och i lite större geografiska områden har tunnelprojektet orsakat mycket liten eller obetydlig påverkan. Utsläppen av Rhoca Gil och cement/lera har sanerats omsorgsfullt och idag märks inga spår av händelserna. Mellanpåslaget är igensatt och området är återställt. Undantaget områdena invid tunnelmynningarna och några få och geografiskt mycket små områden, är det idag svårt, även för en expert, att se någon påverkan.

Totalt har påverkansområdet blivit betydligt mindre än vad som från början prognostiserats. Återhämtningen av grundvattennivåer har skett förhållandevis snabbt där tunnlarna färdigställt. Farhågor om återställningstider på flera decennier har i verkligheten istället visat sig handla om månader (i flera områden ca 6-7 månader). Vattenbortledningen från tunnlarna nu när dessa är färdiga är mindre än 10 liter per sekund, vilket kan jämföras med de 33 liter per sekund som tillståndet medger.

Tunnelprojektet har pågått under drygt 20 år. Under en så pass lång tidsperiod hinner mycket hända. Det har vi storskaliga förändringar, som inte bara berör Hallandsås. Främsta exemplet är klimatet - med ökade nederbördsmängder och ökade medeltemperaturer. Detta resulterar i ökad avrinning men också i andra fenomen - vi har idag överlag ett mycket brunare vatten i våra vattendrag i skogslandskapen jämfört med 1990-talet. Tunnelprojektet kan också ha spelat en roll i detta lokalt, men här har vi framför allt att göra med betydligt mer storskaliga förändringar.

Genomfört kontrollprogram har uppmärksammat att även andra påverkansfaktorer har i det lite större perspektivet större påverkan än tunnelbygget. Almsjukan på nordsluttningen och vid Lyabäcken har mycket påtagligt förändrat naturmiljöerna där. Stormarna Gudrun (2005), Per (2007) och Simone och Sven 2013 har inneburit omfattande trädfällningar huvudsakligen av gran över åsen. Ändrad skötsel med varierande och minskad beteshävd har under mycket lång tid successivt förändrat landskapet. De skogsområden, med gran och bok, vi idag ser över åsen har tidigare till största delen varit öppna fodermarker.

Påverkan från tunnelbygget på vatten- och naturmiljöerna ska inte förringas. Mycket tydlig sådan har funnits. När tunnelbygget nu slutförts och driftperioden inträtt kan dock konstateras att kvarstående påverkan på naturmiljöerna är mycket begränsad och svår att urskilja.

Bilaga A

Kompletterande beskrivningar

A1 UTSLÄPP AV AVLOPPSVATTEN

A2 KARAKTÄRISERING AV GRUNDVATTENMAGASIN

A1. Utsläpp av avloppsvatten

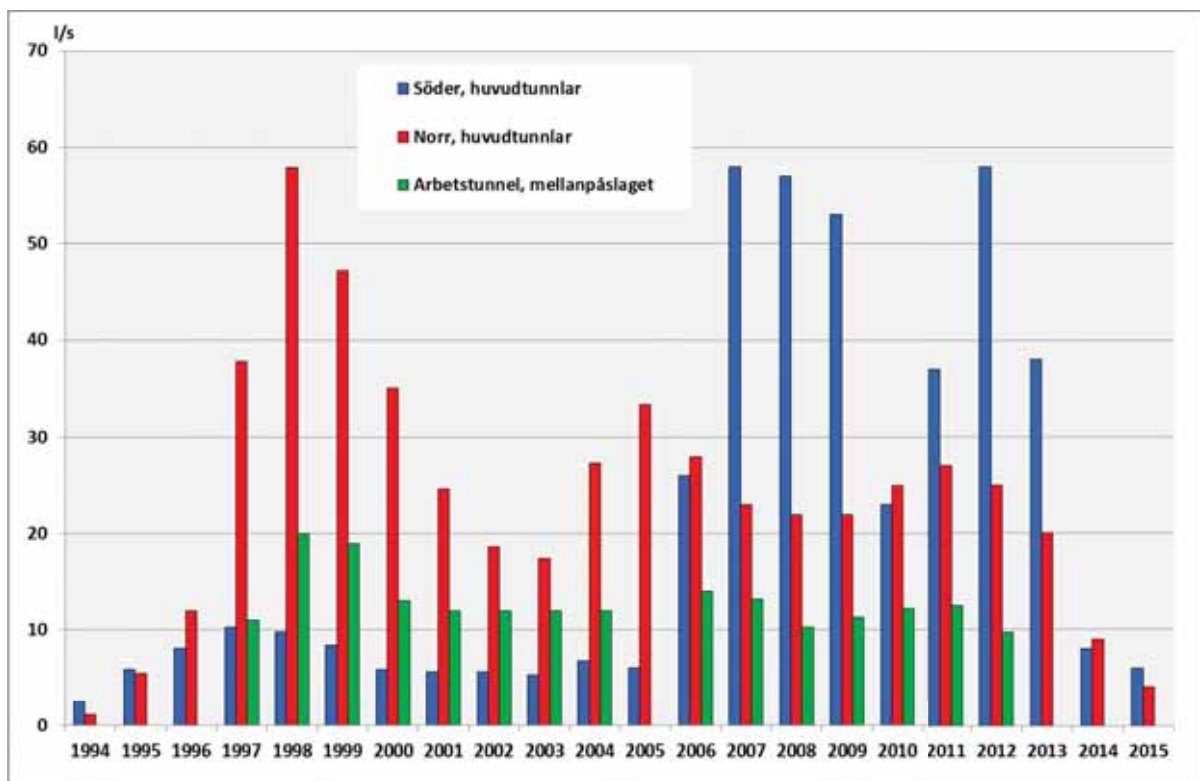
Under byggtiden för järnvägstunnlarna genom Hallandsås har allt från tunnlar bortlett inläckande grundvatten uppsamlats och behandlats i reningsanläggningar före utsläpp till recipient. Definitionsmässigt klassas detta vatten som ett avloppsvatten.

Huvudtunnlar

Före 2004 släpptes det bortledda vattnet till Vadebäcken och Stensån. Under tunneldrivningen med tunnelbormmaskin (TBM) har tunnelvattnet avletts via ledningar till Skälderviken (från södra påslaget) och Laholmsbukten (från norra påslaget). Sedan utloppsledningarna togs i drift sommaren 2004 har inget utsläpp skett till Stensån eller Vadebäcken förutom under en halvtimme den 8 juni 2007 då en mindre del av utgående avloppsvattenflöde till Skälderviken bräddades till Vadebäcken.

Allt inläckande vatten har behandlats i reningsanläggningar före avledning till recipient. Aktuella vattenflöden har mätts. Efter att tunneldrivningen med TBM avslutades under 2013 har reningsanläggningarna modifierats för lägre flöden och lägre föroreningsinnehåll.

Sedan den 1 november 2015 avleds det inläckande grundvattnet till Vadebäcken (södra tunnelmynningen) och Stensån (norra tunnelmynningen). Vattnet rinner genom en damm intill respektive recipient där dammen fungerar som oljeavskiljare innan vattnet leds ut till vattendragen.



Figur 1. Inläckage och bortledning av grundvatten 1994 till och med 2015, årsmedelvärden.

Under byggtiden har det bortledda vattnet från tunnlarna innehållit främst följande typer av föroreningar:

- grumlande (suspenderad) substans i form av finkornigt bergmaterial från TBM-borrning och från sprängning
- grumlande (suspenderad) substans bestående av slam från bakfyllnadsbruk, injekteringsbruk, betonggjutningar, sprutbetong mm
- alkaliska ämnen som cement och vattenglas (natriumsilikat)
- rester från tillsatser i bakfyllnadsbruk, injekteringsbruk, betong, injekteringsmedel m.m.
- petroleumkolväten (oljor och fetter) orsakade av läckage och spill från TBM, fordon och andra arbetsmaskiner
- kväveföreningar från sprängningar.

Avloppsvattnet har behandlats i reningsanläggningar före utsläpp till recipient. I anläggningarna fanns reningssteg för avskiljning av suspenderade ämnen och olja samt pH-justering. Provtagning har skett på utgående avloppsvatten före utsläpp till respektive recipient.

Arbetstunneln och mellanpåslaget

Arbetstunneln byggdes under perioden april 1996-augusti 1997. Syftet med arbetstunneln var, när den byggdes, att öppna ytterligare fronter i berget och därmed påskynda tunneldrivningen. Även om huvudtunnlarna sedan drivits med tunnelbormaskin (TBM) har arbetstunneln fyllt viktiga, om än andra, funktioner än den ursprungliga. Arbetstunneln har under TBM-drivningen haft funktion som alternativ utrymningsväg och medgett servicearbeten av TBM när denna passerat arbetstunneln.

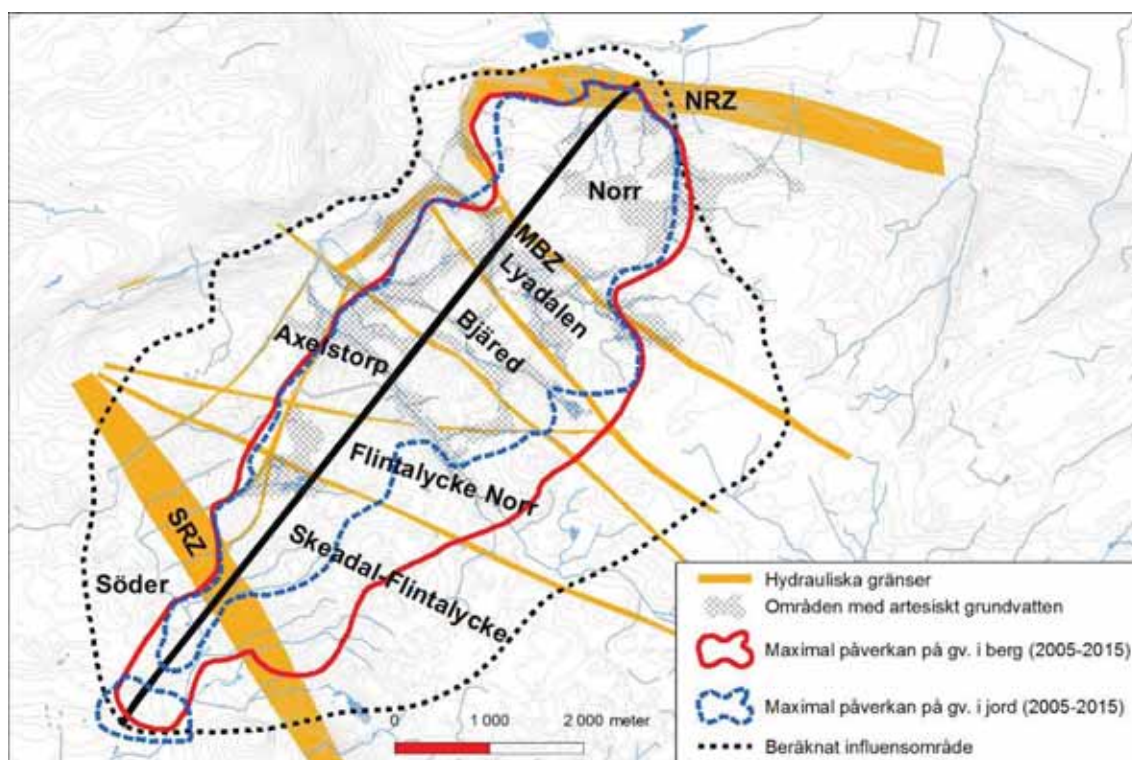
Till arbetstunneln inläckande grundvatten pumpades bort fram till mitten av juli 2004. Då stoppades pumpningen och tunneln fick vattenfyllas. Vid årsskiftet 2004/2005 d.v.s. efter cirka ett halvår var arbetstunneln helt återfylld. I slutet av januari 2006 sattes länshållningen åter i gång och tömningen var avslutad i början av augusti 2006. Därefter har inläckande grundvatten pumpats bort till och med oktober 2012. Arbetstunneln har därefter fyllts igen och arbetsområdet vid mellanpåslaget efterbehandlats under första halvåret 2013.

Vattnet från arbetstunneln har till och med 2004 huvudsakligen avletts till Vadbäcken och därefter fördelats till Vadbäcken (ca 35 %) och Axelstorpsbäcken (ca 65 %). Från november 2008 till april 2009 har vattnet avletts, tillsammans med vatten från TBM via östra huvudtunneln och behandling i STP, till Skälderviken. Därefter har det uppumpade vattnet, efter rening, släppts till enbart Vadbäcken fram till dess att uppumpningen och bortledningen helt upphörde den 1 november 2012.

A2. Karaktärisering av grundvattenmagasin

På Hallandsås har en rad grundvattenmagasin i berg identifierats under byggets gång, figur 1. Dessa begränsas av hydrauliska gränser som utgörs av diabasgångar, vittrade zoner, bergartsgränser och förkastningar. Ett grundvattenmagasin definieras som en del av ett grundvattenområde som är så avgränsat att det kan betraktas som en hydraulisk enhet. I det här fallet betraktas horsten Hallandsås som ett grundvattenområde. Områden inom de hydrauliska gränserna i figur 1 betraktas som grundvattenmagasin. Indelningen är dock mycket grov. Varje enskilt grundvattenmagasin i berg har stora variationer inom det egna magasinet.

På motsvarande sätt är den kemiska sammansättningen hos berggrundvattnet i grundvattenområdet Hallandsås i stora drag relativt enhetlig. Det finns dock en variation inom det enskilda grundvattenmagasinet. Framförallt finns en stor variation i hur den vattenkemiska responsen på nivåfluktuationer ser ut. Grundvattnets sammansättning har visat sig enbart vara kopplad till hur den allra närmaste kemiska omgivningen ser ut som följd av sprick- och bergartsmineral, flödesmönster etc.



Figur 1. Grundvattenmagasin och hydrauliska gränser i berg inom influensområdet. Kartan visar också den största uppmätta utbredningen av påverkansområdet under tiden 2005 till 2015 i både jord- och berggrundvattnet (0,3 meters avsänkning). De rasterade områden visar områden där det förekommer artesiskt grundvatten. Dessa områden förekommer främst inom dalgångar och lågområden.

Förutom grundvattenmagasinen i berg finns det även grundvattenmagasin i jord. Dessa är små och fragmenterade och förekommer i många olika slags jordarter. För enkelhetens skull behandlas grundvattenmagasinen i jord mycket översiktligt och betraktas i beskrivningen som ett osammanhängande, heterogent magasin som innehåller ytligt grundvatten.

De vattenförande egenskaperna inom magasinen bestäms av bergarterna, sprickigheten och sprickornas egenskaper (öppna, slutna, sammanhängande och sprickmineraler). I jord bestäms de av jordart och porernas egenskaper.

Jordgrundvattnets strömningsriktning följer i stort sett topografin. I högre topografiska lägen är det längre till grundvattenytan i jord och i lågpunkter står grundvattenytan högt. I lägen där jordgrundvattnet trycks upp mot ytan, t.ex. för att berget är nära markytan, bildas källor. På Hallandsås finns en mängd källor, de flesta ganska små och oansenliga, men några är lite större och finare. De flesta mynnar ut i våtmarker.

I lågpunkter har jord- och berggrundvattnet ofta kontakt med varandra och samspelar. Grundvattentrycket i berg kan vara högt och stå över markytan (artesiskt grundvatten) och läcka ut i jordmagasinet. Ofta bildas det källor eller försumpningsmarker i sådana topografiska lågpunkter.

Endast berggrundvattnets kemiska sammansättning har övervakats, och tyvärr saknas opåverkade utgångsvärden. Den övergripande grundvattenkemiska sammansättning som iakttagits i Hallandsås överensstämmer dock väl med den som Sveriges geologiska undersökning (SGU) beskriver i regionen sydsvenska höglandet.

Sydsvenska höglandet utgörs av urbergsområden ovanför högsta kustlinjen. Berg- och jordarter är relativt svårvittrade, vilket gör att området har relativt låg motståndskraft mot försurning. Eftersom området ligger ovanför högsta kustlinjen förväntas inte naturligt höga kloridhalter. De västra delarna, som omfattar Hallandsås, var tidigare utsatta för hög deposition av försurande ämnen. Grundvattenmiljön utgörs av kristallin berggrund där berget kan vara blottat eller täckt av jord. Dominerande bergarter i Hallandsås är gnejs med inlagrade skivor/sliror av amfibolit, men gångar av amfibolit och diabas förekommer också. Grundvattnet finns i bergets sprickor och grundvattenbildningen sker i sprickorna eller i de överlagrande jordarterna. Miljön består ofta av en mosaik av höjdområden med små jorddjup och jordfyllda sänkor däremellan. Sänkorna kan vara täckta av torv. Grundvattenomsättningen är under opåverkade förhållanden långsam med inflödesområden i höjdpartierna och utflöde i sänkorna. Resultatet blir därför ett vatten med relativt hög alkalinitet och låg järnhalt. På stora djup är ofta järnhalterna högre på grund av reducerande förhållanden. Höga järnhalter kan också orsakas av stora grundvattenuttag då grundvattenbildning från torvområden induceras. (Bedömningsgrunder för grundvatten. SGU-rapport 2013:01.)

Söder

Magasinet består av uppsprucken gnejs genomsett av enstaka amfibolitgångar och mindre svaghetszoner. Cirka hundra meter in från tunnelpåslaget förekommer en 40 till 60 meter bred diabasgång. Ju längre norrut i magasinet man kommer det mer ökar inslaget av amfibolitgångar. Dessa är orienterade subparallellt med tunneln. En del större svaghetszoner förekommer.

Det ytliga grundvattnet (i jord) förekommer i sand och morän. Invid tunnelmynningen i söder består jordlagren av mäktiga sandiga sediment med god hydraulisk konduktivitet.

Södra Randzonen (SRZ)

Södra randzonen är en svaghetszon i berget som är starkt vittrad och förkastad. Zonen skiljer magasinen Söder och Skeadal-Flintalycke från varandra. Eftersom zonen är mycket tät sker det ingen transport av grundvatten i berg mellan de två magasinen. Vittringen har lett till att gnejsen och amfiboliterna är leromvandlade och dåligt vattenförande. Det vittrade berget överlagras av mesozoisk ler- och sandsten. En bit in i zonen förekommer en fossil bäckravinbotten, med sandiga fluviala sediment med inslag av sand-, kalk- och lerstensblock. Drivningen i SRZ skedde genom grävning och fräsning.

Grundvatten inom magasinet har en mycket låg omsättningshastighet och nybildningen är liten. Transmissiviteten är mycket låg vilket innebär att brunnar som sänkts av inom området har haft en mycket långsam återhämtning. Området som är påverkat är å andra sidan litet.

Jordlagren består av sandig-siltig morän som kan vara mäktiga. Det förekommer en hel del källsprång inom området längs sluttningar. T.ex. är Natura2000-området Slottet en plats där grundvatten strömmar fram och översilar en äng.

Skeadal-Flintalycke

Magasinet begränsas i söder av SRZ och i norr av en 55 meter mäktig diabasgång. Diabasgången är tät men kontaktzonerna mellan diabasen och gnejsen är mycket uppsprucken och vattenförande. På tunnelnivå är diabasgången i princip helt tät medan den i ytan är mer uppsprucken och genomsläpplig.

Berget består av gnejs med inslag av amfibolit. Magasinet är måttligt till högt vattenförande. Geologin är heterogen med flera mindre förkastningszoner, amfibolit- och diabasgångar och stora vattenflöden inom vissa områden.

Berggrundvattnet är artesisikt i kontakten mot Södra randzonen. Berggrundvattnet är även artesisikt i området vid dammarna vid Flintalycke och verkar där ha mer eller mindre direkt kontakt med jordgrundvattnet.

Jordlagren består till största delen av sandig-siltig morän. Kring dammarna i Flintalycke förekommer dock mer sandiga sediment och här finns också en del källsprång. I sänkor förekommer organiska jordarter (kärr) där grundvattnet står högt.

Flintalycke Norr

Detta magasin begränsas i söder av en 55 meter mäktig diabasgång och i norr av en mindre, 20 meter bred, diabasgång. Bergmassan består av gnejs genomsett av amfibolitgångar. Berget är måttligt vattenförande, utom i den södra delen nära diabasgången där berget är uppsprucket. Längs med Axelstorpsbäcken är berggrundvattnet i vissa områden svagt artesisikt.

Flintalycke Norr och Axelstorp har hydraulisk kontakt med varandra i svaghetszonen Axelstorpszonen, där svaghetszonen skär genom diabasgången.

Axelstorp

Berget fram till Axelstorpsbäckens dalgång (där Axelstorpszonen, ATZ, passerar) består av hård och sprickfattig gnejs. Stora mängder vatten leds i ett fåtal öppna sprickor som är orienterade parallellt med huvudtunneln.

Axelstorpszonen är 150 meter bred svaghetszon som är orienterad vinkelrätt mot tunnelsträckningen. På ytan syns zonen som Axelstorpsbäckens dalgång. Zonen är delvis vittrad, kraftigt uppsprucken bergmassa med mycket hög vattenföring. Lokalt finns kraftigt vittrade, leromvandlade partier. Zonen avslutas i norr med en förkastning med mycket uppsprucket och leromvandlat berg. Berget är från Axelstorpszonen och norrut måttligt uppsprucket med låg vattenföring.

I Axelstorpsbäckens dalgång finns relativt mäktiga isälvsavlagringar, av sand, grus och silt. Det är egentligen det enda område uppe på åsen där det förekommer sådana avlagringar i någon betydande mängd. Vid övergången mellan de grova sedimenten och morän eller berg springer grundvattnet i jord fram som källor. Ett tydligt exempel på det är en våtmark intill Axelstorpsbäcken, en kilometer sydväst om Bjäred, som försörjs av ett antal källor.

Bjäred

Magasinet begränsas av svaghetszoner i norr och söder (förkastningar). I söder är svaghetszonen en cirka 10 meter bred förkastningszon med uppsprucket berg, vittring och kraftig vattenföring. Strax söder om Lyabäcken avslutas magasinet med en ytterligare en förkastningszon. Denna syns tydligt i topografin som en rad bergkullar med branter ner mot Lyadalen.

Berget från den hydrauliska gränsen i söder fram till Bjäredsbacken är måttligt uppsprucket och har relativt låg vattenföring. Mellan Bjäredsbacken och magasinet norra gräns söder om Lyabäcken blir vattengenomsläppligheten markant högre och berget mer uppsprucket.

Kring Bjäredsbacken är berggrundvattnet artesiskt.

Lyadalen

I Lyadalen består bergmassan av uppsprucken gnejs. Vattenföringen är mycket hög. Mycket av vattnet leds i brant stående öppna sprickor parallella med tunneln. Ett flertal förkastningszoner finns inom magasinet. En av dessa ses som en tydlig brant söder om Lyabäcken.

Berggrundvattnet är kring Lyabäcken artesiskt, ibland med vattentryck på över 10 meter. Nedströms, i Lyabäcksravinen nordöstra sluttning, är det istället långt ner till grundvattnet i berg, i något fall mer än 60 meter under markytan. I Lyabäcksravinens sydvästra branter förekommer ett flertal källsprång.

Möllebackszonen (MBZ)

På markytan avtecknar sig MBZ som en sluttning upp mot nordost, medan gnejsbergytan i själva verket bildar en ravin. Ravinen är upp till 70 meter djup, fylld med lösa sediment och morän. MBZ består av nedförkastade bergblock som utsatts för djupvittring och stark uppsprickning. I den södra delen ligger den mest vittrade delen över tunneln. De vittrade partierna på tunnelnivå kan vara allt från någon centimeter till fler meter breda och förekommer oregelbundet kring sprickor och sprickzoner. De friska delarna är starkt uppspruckna och kraftigt vattenförande.

Den norra delen är mer homogent djupvittrad (djupare nedsänkt bergblock), men det finns friska, hårda och starkt vattenförande delar av berget även här.

Norr

Magasinet begränsas av NRZ i norr och MBZ i söder. Bergmassan är frisk (d.v.s. ovittrad) men kraftigt uppsprucken. Vattenföringen är mycket hög. Berget består till största delen av gnejs. Amfibolit förekommer som sliror och gångar, men i ganska liten omfattning.

Norra randzonen (NRZ)

Från mynningen till en 20 meter bred diabasgång går tunneln genom norra randzonen (NRZ). Bergmassan är i princip helt genomvittrad.

Hela den norra sluttningen har grundvattennivåer i berg som varierar, från djupt till ytligt. Längs med sluttningen finns flera källsprång och mindre bäckar med små avrinningsområden. Grundvattnet i berg är artesiskt i kanten mot NRZ. Här står också grundvattnet i jord högt. På flera platser har det förekommit våtmarker som nu är utdikade och används som jordbruksmark för odling och bete.

Bilaga B

Ekologiska kontrollprogrammets uppbyggnad och omfattning

1	NEDERBÖRD	1
2	VATTENFÖRING I BÄCKAR OCH VATTENNIVÅER I DAMMAR	2
3	GRUNDVATTEN I JORD OCH BERG	5
4	VATTENKEMI.....	7
5	FISK I VATTENDRAG	11
6	BOTTENFAUNA I VATTENDRAG	14
7	BOTTENUNDERSÖKNINGAR I HAV	16
8	NATUR.....	18
9	SKOG	18
10	JORDBRUK.....	27
11	SKYDDSÅTGÄRDER	30

1. Nederbörd

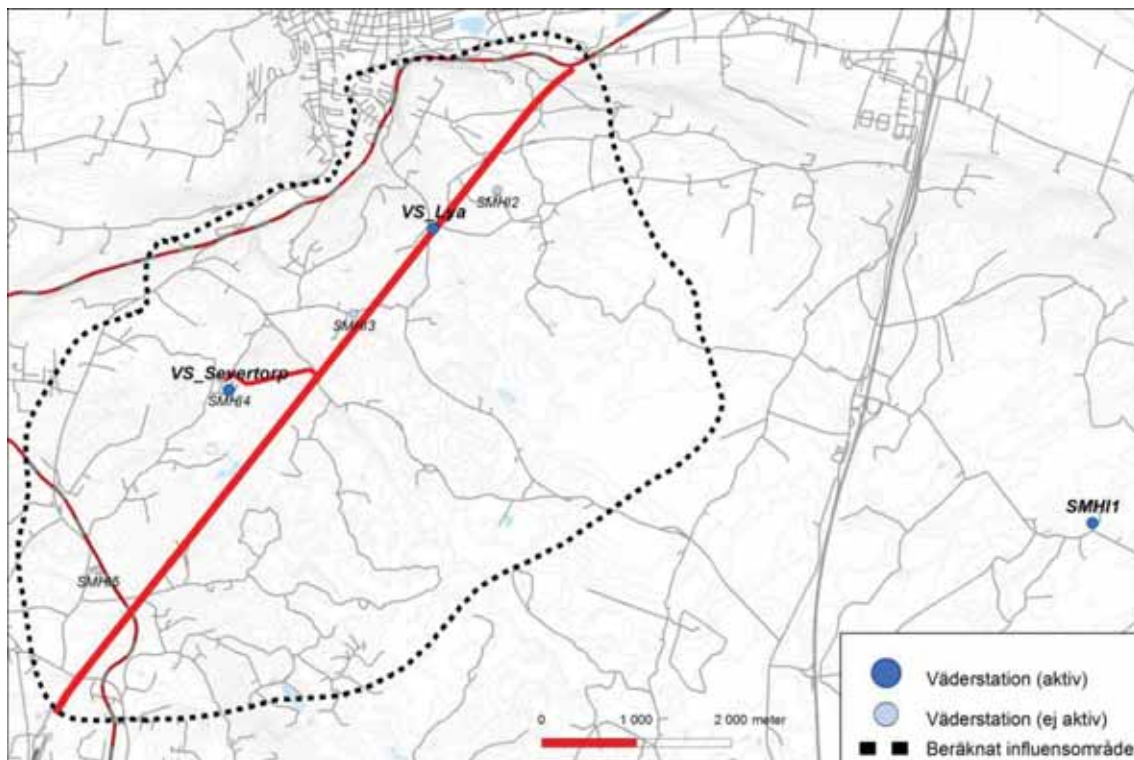
1.1 Inledning/bakgrund

Mängden nederbörd som faller är avgörande för växtligheten, men påverkar även grundvattennivåer och ytvattentillgången. Nederbörden faller ojämnt och varierar kraftigt i mängd över Hallandsås (se bilaga D1). För att få ett godtagbart underlag för beräkning av nederbördsfördelningen inom olika avrinningsområden installerades nederbördsstationer längs med tunnellinjen.

Nederbördsmätningarna användes vid utvärdering av andra naturundersökningar inom det ekologiska kontrollprogrammet, men också som underlag vid skadereglering för skördebortfall och skador på skog.

1.2 Programområdets omfattning och genomförande

Nederbördsmätningarna inleddes 1999 och fyra väderstationer (SMHI 2-5) placerades längs tunnellinjen. Data från SMHI:s ordinarie station i Baramossa (SMHI 1) ingick även i mätningarna och användes som referens. Under 2010 ersattes de ursprungliga stationerna av två nya (VS_Severtorp och VS_Lya). Se figur 1 nedan.



Figur 1. Lokalisering av nederbördsstationer.

Nederbörden mättes kontinuerligt och inhämtades från web-gränssnitt av Trafikverket på projektkontoret. Resultaten redovisades månadsvis och årsvis i diagram. Mätningarna påbörjades 1999 och avslutades 2015. Resultaten av mätningarna finns i det ekologiska programmets årsrapporter.

Inledningsvis hyrdes nederbördsstationerna (SMHI 2-5) av SMHI, som underhöll och utförde kalibreringar enligt SMHI:s kvalitetssystem. Sedan 2010 ägdes stationerna av Trafikverket och underhölls av SWECO i Växjö i enlighet med deras kvalitetssystem. Årligen genomfördes en genomgång och service av anläggningarna. Daglig kontroll av inkomna mätdata utfördes av Trafikverket. Mätdata lagrades i Trafikverkets projektdatabas.

1.3 Utvärdering av programområdet

Nederbörden är självklart en faktor som inte kan påverkas av tunnelbygget. Men vid stor grundvattenpåverkan från tunneldrivningen med risk för uttorkning i känslig natur och i vattendrag, kan nederbördens storlek och fördelning över året avgöra om negativ påverkan sker eller inte. Nederbördsmätningarna är därför viktiga vid utvärderingen av övriga undersökningar som görs i det ekologiska kontrollprogrammet. Dessutom är nederbörden en viktig faktor när beslut om skyddsåtgärder skall tas.

Generellt faller stora mängder nederbörd över Hallandsås, vilket varit gynnsamt för växtligheten och ytvattenförekomsterna. Under den tid som mätningarna har pågått har inga extrema torrår uppmätts medan mycket blöta år har förekommit flera gånger.

Att göra noggranna nederbördsmätningar är svårt och kräver ständig skötsel av mätinstrument och uppmärksamhet på yttre faktorer som kan störa mätningarna. Särskilt vintertid måste värmeelementen fungera i instrumentet för att eventuell snö som faller skall smälta och registreras. Under sommarhalvåret är det främst strömbrott och säkringar som löser ut som skapar problem men även skräp som fastnar i regnmätaren kan störa mätningarna.

2. Vattenföring i bäckar och vattennivåer i dammar

2.1 Inledning/bakgrund

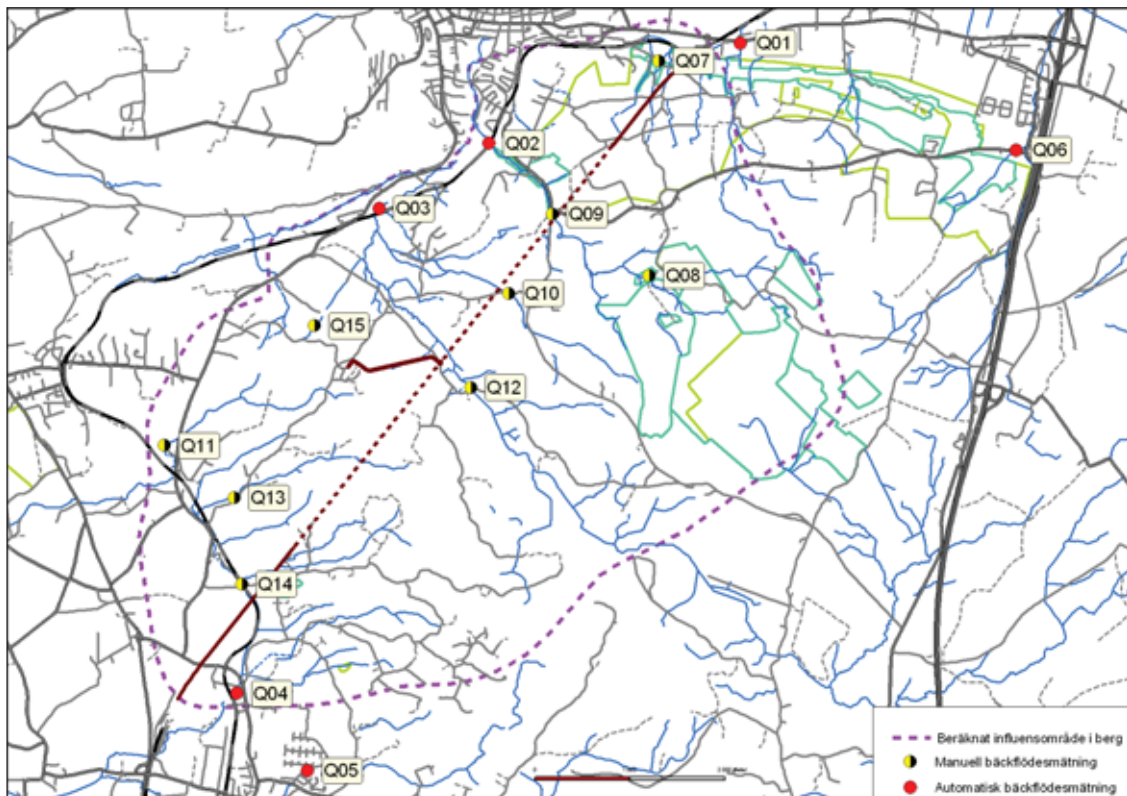
Bygget av tunneln genom Hallandsås påverkade grundvattennivåerna i området närmast tunnellinjen. Sänkningen av vattennivåerna innebar att bäckar med tillflöden av utströmmande grundvatten blev påverkade. Utströmningsområdena blev inströmningsområden och stora delar av bäckflödet kunde infiltrera ner i bäckbotten. Under perioder med naturligt låga flöden blev effekten av grundvattensänkningen en uttorkning av större eller mindre delsträckor i några bäckar. Detta har sedan påverkat fiskbestånd och annat liv i bäckarna negativt.

Flödesmätningarna utfördes främst för att kunna dokumentera hur tunnelbygget påverkade bäckflödena på Hallandsåsen. Mätresultaten utnyttjades även för att kunna förklara variationer i andra naturundersökningar, bland annat på fisk och bottenfauna. Flödesmätningen ingick även i beslutsunderlaget för när och om skyddsåtgärder skulle utföras. I några fall har även flödesmätningarna varit ett nödvändigt underlag vid skadereglering av till exempel effektförluster i kraftverk.

I ett antal dammar och vattendrag har det installerats peglar för att mäta vattennivån. Dessa är utformade med eller utan skala, men alltid med en väl definierad referenspunkt. Om skala saknats har mätningarna utförts med tumstock eller liknande.

2.2 Programområdets omfattning och genomförande

Vattenföringsmätningar startade i början av år 2000. Inledningsvis utfördes manuella mätningar i 14 mätstationer (Q01-Q14, se figur 2). Under mars månad 2001 tillkom ytterligare en station i mätprogrammet (Q15). Mätstationerna konstruerades antingen som triangulärt utskov (Thomsonöverfall), där naturliga fiskhinder finns, eller som rektangulära utskov för att möjliggöra fiskvandring. Bäckflödesmätningarna avslutades 2015 och samtliga resultat finns i det ekologiska kontrollprogrammets årsrapporter.



Figur 2. Lokalisering av bäckflödesstationer.

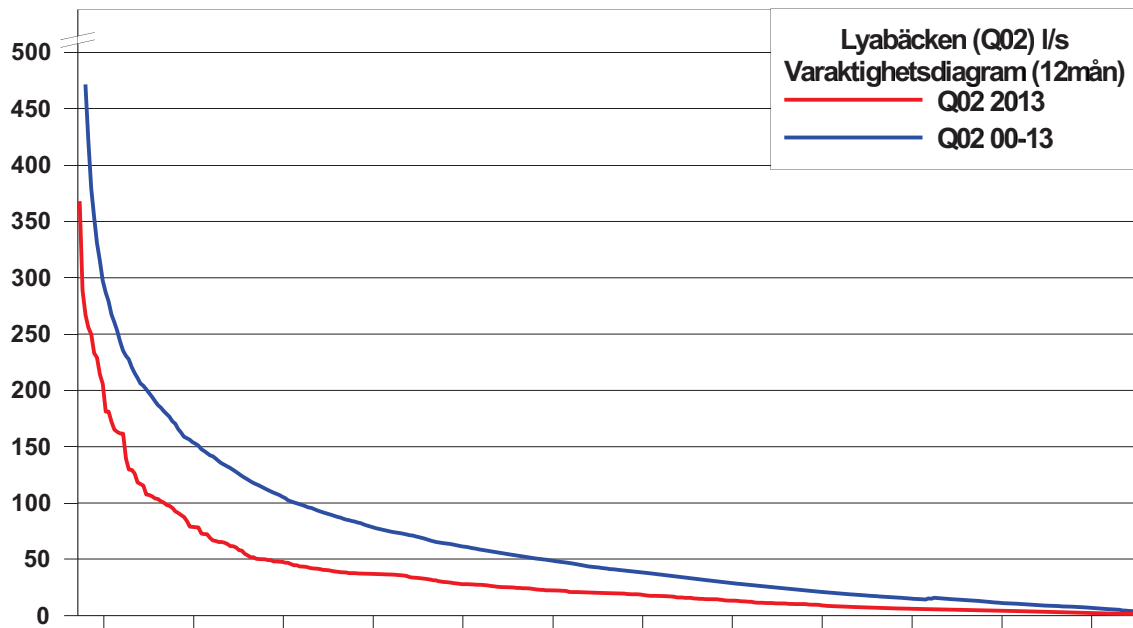
I sex av stationerna (Q01-Q06) utfördes parallellt även automatiska mätningar för att kunna fånga upp snabbare fluktuationer och pikar i bäckflödena.

De manuella mätningarna utfördes varannan vecka medan de automatiska flödena registrerades minst 12 gånger per dag. De manuella mätningarna utfördes genom att vattennivån mättes med tumstock från en inmätt fast punkt på mätstationen. De erhållna värdena omräknades därefter utifrån stationens konstruktion till ett flöde. De automatiska mätningarna utfördes med hjälp av en tryckgivare (diver). Tryckgivaren satt skyddad i ett perforerat stålrör som slagits ner i bäckbotten vid mätöverfallet. Mätvärdena korregerades sedan mot lufttrycket som mättes i en anpassad tryckgivare för ändamålet. Det korregerade mätvärdet omräknas till vattenföring genom en för varje station framtagna formel som bygger på överfallsgeometrin.

Att bygga mätstationer ute i naturen som skall fungera under lång tid är svårt. Mätstationerna kräver dessutom omvårdnad och ibland ombyggnad efter översvämningar i samband med kraftiga regn eller snösmältning. Grenar och stockar fastnar gärna i stationerna och riskerar att dämna upp vattnet. I vissa bäckar ansamlas även sten och grus som till slut omöjliggör en korrekt mätning. Vintertid fryser de mindre bäckarna vilket innebär att rensning av is måste utföras i god tid innan mätningstillfället för att få ett representativt värde.

Resultaten redovisades, uppdelade på avrinningsområde, månadsvis och årsvis i diagram men även i tabellform där lägsta, högst flöden och medelflöden redovisades (se bilaga D2). För att möjliggöra jämförelser mellan olika år presenterades även varaktighetsdiagram (se figur 3). Varaktighetsdiagrammen har tagits fram genom att samtliga mätningar för respektive år sorteras från det högsta till det lägsta värdet. Summeras alla år kan en karakteristisk medelvattenföring presenteras.

Kvalitetskontroll av mätstationerna utfördes vid varje manuellt mättillfälle och inkomna mätdata lagrades i Trafikverkets projektdatabas.



Figur 3. Exempel på varaktighetsdiagram för vattenföring. Blå kurva visar karakteristisk medelvattenföring under 2000-2013. Röd kurva visar medelvattenföring 2013. Vattenföringen anges i l/s.

2.3 Utvärdering av programområdet

Hallandsås är en urbergshorst med talrika sprickdalar där bäckarna slingrar sig fram. I kanterna av åsen återfinns oftast leromvandlade bergpartier som effektivt bromsar upp grundvattenflödena. Detta ger generellt grundvattennivåer nära eller över markytan så kallat artesiskt vatten.

Bäckflödena på Hallandsås försörjs av avrinning av den nederbörd som faller och talrika källflöden. På grund av topografin och det ovan beskrivna höga grundvattennivån och i flera områden framträngande grundvatten bildas omväxlande in- och utströmningsområden längs bäckfåran. Under perioder med lite eller ingen nederbörd består bäckflödet mestadels av utströmmande grundvatten vilket innebär att de flesta bäckarna på Hallandsås aldrig sinar.

Om grundvattennivåerna sänks av under perioder med torka riskerar utströmningsområdena att bli inströmningsområden. Detta medför att stora delar av vattenföringen infiltrerar ner i bäckbotten och bäcken riskerar att torka ut. Fenomenet uppstod när tunnelbyggnationen bland annat passerade Lyabäcken. Delar av bäcken nära tunnellen och uppströms torrlades. Axelstorpsbäcken, som är det största vattendraget inom influensområdet, klarade sig mycket bättre beroende på ett större avrinningsområde och ett högre medelflöde, vilket kompenserade för förlusterna i påverkansområdet så att ett flöde upprätthölls längs hela bäcksträckan.

Genom att mäta bäckarnas flöden och jämföra med normalflöden har tunnelbyggets inverkan på bäckarna kunnat verifieras. Bäckflödesmätningarna hjälpte även till vid utvärdering av andra delmoment inom det ekologiska kontrollprogrammet. Mätningarna och flödesobservationerna har ingått som ett viktigt underlag vid beslut om att vidta skyddsåtgärder i våtmarker och bäckar.

3. Grundvatten i jord och berg

3.1 Inledning/bakgrund

Byggandet av järnvägstunnlarna genom Hallandsås har påverkat grundvattennivåerna i omgivande grundvattenmagasin, när grundvatten läckt in till tunnlarna. Detta har varit den största direkta miljöpåverkan under den tid tunnlarna har byggts. När tunnlarna tätats har grundvattennivåerna stigit (återhämtats). För att mäta hur stor påverkan och återhämtningen varit på grundvattennivåerna har ett stort antal mätningar av nivåerna skett i brunnar på åsen. En del av dessa brunnar har varit privata, både grävda och bergborrade, medan andra anlagts av Trafikverket.

3.2 Programområdets omfattning och genomförande

Mätning av grundvattennivåer har pågått under lång tid, ända sedan projektet startade. Till största delen skedde mätningarna inledningsvis i privata brunnar samt i några brunnar som anlagts i samband med de geologiska förundersökningarna. Ett antal jordlagerrör etablerades dessutom längsmed tunnellen. Med tiden etablerades även jordlagerrör vid deponierna vid de södra och norra påslagen.

Ett stort antal brunnar har tillkommit under åren. De har anlagts som förundersökningsbrunnar (speciellt i Möllebackszonen och södra randzonen) eller kontrollbrunnar för akrylamidprovtagning och sedan använts som mätbrunnar under projektets gång.

Större delen av mätningarna har skett inom ramen för egenkontrollen. Endast ett fåtal brunnar angavs för mätning av dåvarande Vattendomstolen. Det gällde mätpunkter i jord och berg kring arbetstunneln vid Mellanpåslaget.

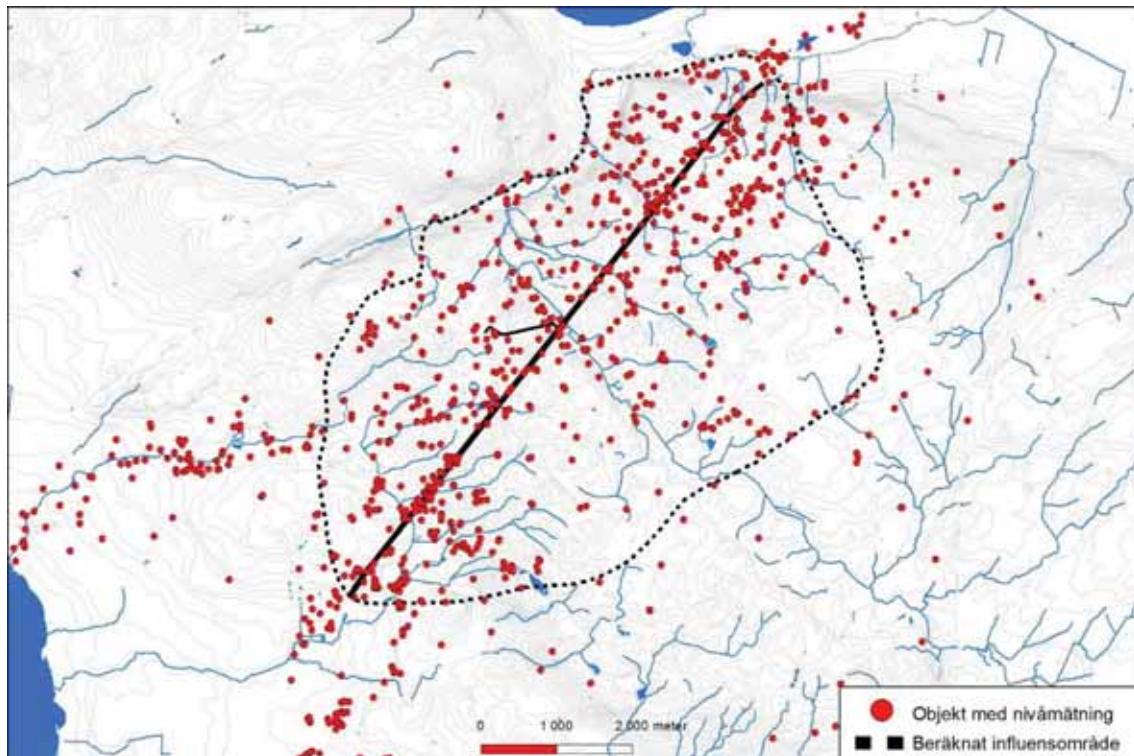
När det ekologiska kontrollprogrammet startade 1999 utökades antalet jordlagerrör för kontroll av grundvatten i jord betydligt. Dessa placerades i olika miljöer: Våtmarker, åkrar och skogsmark inom och utom det beräknade influensområdet. Mätningarna av jordgrundvatten kunde därmed användas för att tolka eventuell påverkan på skog, skördenivåer och ekologiska parametrar. Antalet jordlagerrör utökades successivt fram till 2005.

I samband med återstarten av projektet och miljöprovningen i Mark- och miljödomstolen 2003 anlades fler mätpunkter. Domstolen beslutade att Trafikverket skulle utföra bergborrade brunnar längs med den beräknade influenslinjen i berg för 0,3 meters trycksänkning. Dessutom skulle Trafikverket anlägga ett antal referensbrunnar utanför influensområdet. Trafikverket förtätade mätpunkterna under tiden 2003 till 2005 med brunnar inom influensområdet både i jord och berg. En del av dessa brunnar utformades så att de även kunde användas för grundvattenkemisk provtagning.

Mätpunkterna har hela tiden utökats efterhand som projektet fortskridit. Trafikverket har också haft som strategi att anlägga egna brunnar i berg som enbart använts för grundvattenmätning och inte varit påverkade av vattenuttag. Dessutom har man på det sättet haft full koll på brunnens utformning och funktion. Brunnborrningarna har även gett värdefull information om geologi och vattentillgång.

De totala antalet brunnar, i jord och berg, för mätning har som mest uppgått till mer än 800 stycken (se figur 4).

Grundvattennivåerna har mätts manuellt och med automatiska system. Manuella mätningar utfördes med ljuslod, ett måttband med en elektrisk krets som sluts när den når vatten och då ger ifrån sig en ljus- och ljudsignal. De automatiska mätningarna utfördes med tryckgivare (divers). Dessa sänktes ner i brunnen under vattennivån. Trycket mäts mot ett membran och ger ett mätvärde i centimeter. Mätaren mäter vattentrycket plus det överliggande lufttrycket. För att kompensera mäts lufttrycket på markytan med barometrar.



Figur 4. Övervakning av grund- och ytvattennivå.

3.3 Utvärdering av programområdet

Grundvattennivåmätningar är till sin natur helt avhängiga av hur mätpunkterna är utformade och också beroende av syftet med mätningarna. Inom projekt Hallandsås har syftet med mätningarna i första hand varit att kartlägga de naturliga grundvattennivåerna och deras variationer samt att mäta hur inläckaget av grundvatten till tunnlarna påverkade grundvattennivåerna både i jord och berg.

I första hand har redan befintliga brunnar mätts. Det har innefattat privata brunnar. Eftersom många av dessa används för vattenuttag kan det vara svårt att urskilja påverkan från inläckaget till tunnlarna och avsänkningens exakta storlek. Mätningarna har utförts med syfte att hålla koll på avsänkningen i fastigheternas brunnar för att kunna säkerställa att om vattnet försvinner, hålla fastigheten med annat vatten eller borra ny, djupare brunn. När fastigheter inom det beräknade influensområdet fick kommunalt vatten 2004, bortföll detta problem nästan helt.

På det sättet har områden där information om grundvattnet saknats kunnat mätas och ny information läggas till. Inför omstarten 2005 anlades en mängd nya mätpunkter i jord och berg. Strategin var bland annat att studera sambandet mellan grundvattennivåerna i berg och jord och hur dessa samspelar. Detta gjordes genom att anlägga jordlagerrör intill berggrundvattenbrunnar.

Resultatet av mätningarna har gett en bra bild av hur grundvattenavsänkningen har sett ut i berggrunden. Mätningarnas frekvens har också varit bra. De automatiska mätningarna har gett en bild av hur påverkan på grundvattnet i berg förändrats dagligen. För den större bilden av påverkansområdets utbredning har det räckt med mätningarna som utförts manuellt en gång per månad.

Mätningarna av grundvattnet i jord har gett en god bild av påverkan på de platser där rören stått. Tillsammans med annan information, som exempelvis okulära kontroller av källor, våtmarker och dammar, har en bild av påverkan i jordlagren kunnat sammanställas.

Det är viktigt att konstatera att jordlagermagasinen är små och uppsplittrade och att mätningarna i jordlagerrören måste kompletteras med okulär kontroll. Det är också viktigt att placera jordlagerrören på platser som man tror kan utgöra viktiga magasin och där det finns risk för påverkan som behöver övervakas.

Det är inte alltid lätt att få etablerat brunnar på de platser som man i förväg har valt ut. Det kan visa sig att platserna är otillgängliga terrängmässigt, eller att marken är skyddad på något sätt (naturreservat, Natura 2000 etc). Marken kan även visa sig vara känslig för intrång med borrhägar för att området t.ex. har stora botaniska värden. Det kan också vara så att markägaren inte ger sitt tillstånd till att etablera en mätpunkt. Man måste göra en inventering av varje borrhägar och utifrån det göra en riskvärdering och ställa den i relation till nyttan med borrhägar.

Inom vissa områden har det varit svårt att reda ut sambandet mellan avsänkningen i berg och påverkan på jordgrundvattnet, exempelvis i Ledorpet. Det hade behövts en bergborrad brunn söder om den hydrauliska gränsen i Ledorpet för att på ett säkert sätt kunna korrelera påverkansmönstret.

Mätningarna har utgjort en god grund för att kunna beskriva och utvärdera påverkansområdet. Speciellt efter det att nya brunnar anlades 2003-2004.

4. Vattenkemi

4.1 Inledning/bakgrund

Under i stort sett hela den tid Projekt Hallandsås pågått har dess påverkan på vattnet i omgivningen varit ett faktum. Två händelser som påverkade vattenkvaliteten har varit i centrum för de mest dramatiska perioderna i hela projektets historia.

De misslyckade tätningsförsöken med Rhoca Gil 1997 resulterade bland annat i utsläppet av akrylamidhaltigt vatten till Vadbäcken. Det orsakade skada på fisk men också mycket oro hos de boende på åsen, eftersom farhåga om förgiftat grundvatten fanns. Efter omfattande sanering friskförklarades Hallandsås 2000.

Utsläppet av cement/bentonit till Lyabäcken 2003 i samband med en undersökningsborrning slog helt ut bottenfaunan på en lång sträcka av bäcken och skadade fisk i stor omfattning. Utsläppet sanerades direkt och idag är de vattenkemiska effekterna återställda sedan länge.

Inför sista tunnelentreprenaden fanns en tydlig bild av vad som kunde befaras ge effekt på vattenkemin och hur. De stora påverkansprocesserna är kontaminering och dränering. Innan tunnelarbetena påbörjades hade de flesta hushåll inom influensområdet sin dricksvattenförsörjning från egen brunn. Försämring av dricksvattenkvaliteten som följd av kontaminering och/eller kemiska dräneringseffekter var en påtaglig risk.

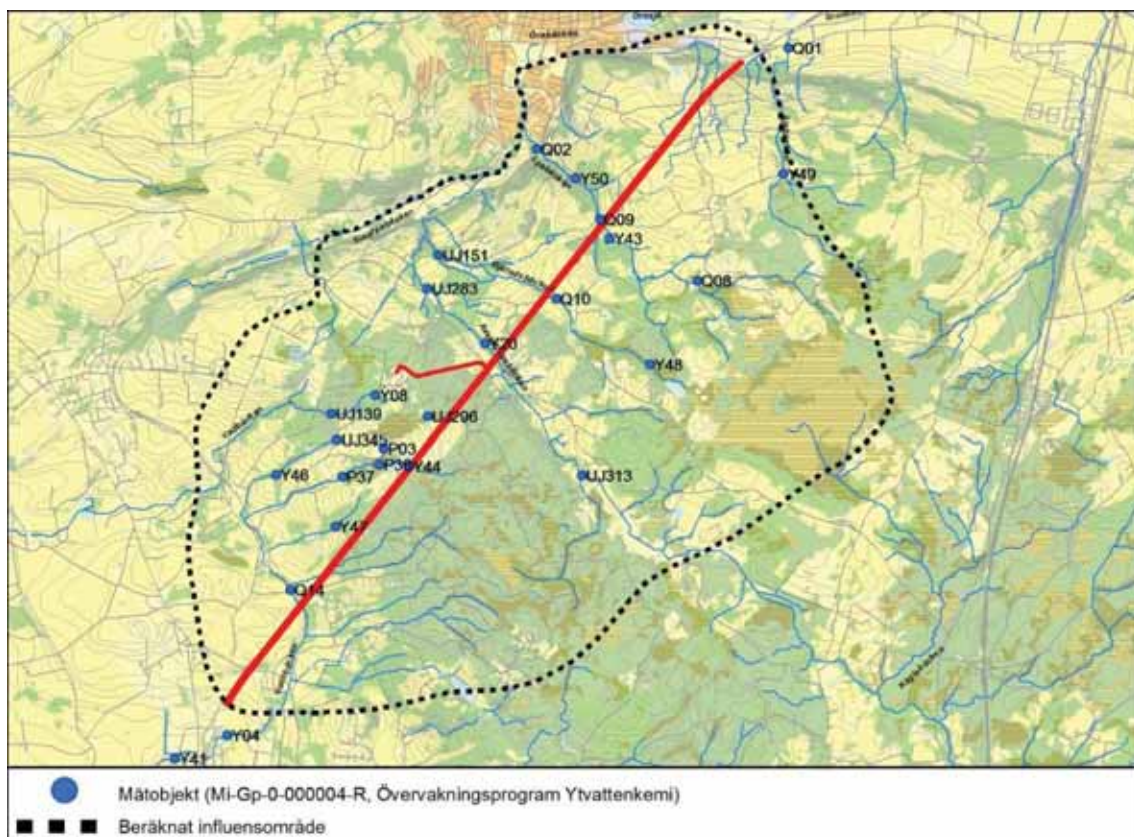
En annan risk var att det vatten som leddes bort via arbetsområdena skulle kunna vara kontaminerat och då ge negativ effekt på organismer i recipienten, särskilt om recipienten är ett litet vattendrag. I samband med att avsänkningen blev synlig på markytan uppfångades även risken för att dräneringspåverkan kan förändra den kemiska miljön i avrinningsområdet och därmed även i vattendraget. Både kontaminering och dräneringseffekter kan leda till att flora och fauna påverkas negativt under byggtiden, men även mer eller mindre permanent.

4.2 Programområdets omfattning och genomförande

4.2.1 Ytvatten

Ytvattenkemi övervakades i vattendrag som berörs av grundvattenavsänkningarna. Övervakningen påbörjades i mars 2007, när de första tydliga effekterna av grundvattensänkningarna syntes på markytan. Syftet var att följa och dokumentera vattenkemins variationer inom det område och över den tid som tunnelbygget påverkade genom grundvattenavsänkningar.

Utefter varje övervakat vattendrag fanns som regel minst två provpunkter. Programmet omfattade 26 punkter (se kartan, figur 5). Provtagningarna fördelades jämnt över året för att i möjligaste mån fånga upp de tidsmässiga variationer som orsakas av nederbörd, snösmältning, varmt väder, årstidsväxlingar, klimat, mänsklig påverkan etc. Provtagningen utfördes vanligtvis en gång per månad. Proverna analyserades med avseende på ett baspaket med parametrar enligt Livsmedelsverkets råd om enskild dricksvattenförsörjning, vilket ger en fysikalisk-kemisk karakterisering av vattnet (bilaga C1).



Figur 5. Kontrollpunkter i ytvatten inom det beräknade influensområdet.

4.2.2 Recipientvatten

Under hela den sista tunnelentreprenaden övervakades vattendrag som tog emot avloppsvatten från tunnelbygget. Syftet var att upptäcka eventuella negativa effekter från avloppsvattenutsläppet för att kunna vidta åtgärder för att begränsa dem. På så vis utgjorde de ett komplement till kontrollen av avloppsvattnet.

Under sista tunnelantreprenaden släpptes bortlett grundvatten från södra och norra påslagen till havet (Skälderviken respektive Laholmsbukten).

Vadebäcken tog emot dagvatten från arbetsområde och upplagsytor. Under en mycket kort period precis i början av sista tunnelentreprenaden 2006 (figur 6) släpptes även bortlett grundvatten från södra påslaget dit.

Två mindre vattendrag, Axelstorpsbäcken och Vadbäcken, tog emot dagvatten från arbetsområdet vid mellanpåslaget och bortlett grundvatten från arbetstunneln (figur 7).

I varje vattendrag finns som regel två kontrollpunkter, en uppströms och en nedströms utsläppspunkten. Vadbäcken saknade dock uppströmspunkt eftersom avloppsvattnet leddes till den våtmark där Vadbäcken rinner upp.



Figur 6. Kontrollpunkter för recipientvatten kring södra påslaget: Vadebäcken (Y04, Y41).



Figur 7. Kontrollpunkter för recipientvatten kring mellanpåslaget: Vadbäcken (Y08) och Axelstorpsbäcken (Y18, Y20).

I kontrollpunkterna genomfördes kontinuerlig och automatisk bevakning av pH, men också månatlig provtagning under de perioder då recipienten tog emot avloppsvatten.

Recipientvattnet analyserades med avseende på ett baspaket med parametrar enligt Livsmedelsverkets råd om enskild dricksvattenförsörjning, vilket ger en fysikalisk-kemisk karakterisering av vattnet. Till detta baspaket lades sedan parametrar till, dels sådana som är villkorsbelagda i miljödomen och dels sådana som angetts som relevanta i entreprenörens utsläppskontroll (bilaga C1).

Ett urval av de parametrar som analyserades i laboratorium redovisades i årsrapporterna för det ekologiska kontrollprogrammet. Dels redovisades samma parametrar som i övriga ytvatten, men dessutom redovisades andra ämnen som kan finnas i avloppsvattnet och samtidigt påverka vattendragets ekosystem. En tillståndsklassning gjordes efter Naturvårdsverkets bedömningsgrunder.

4.2.3 Berggrundvatten

Grundvattenkemin övervakades i tolv kontrollbrunnar och en referensbrunn (se kartan figur 8). Kontrollbrunnarna var placerade nedströms tunnellen i grundvattnets huvudströmningsriktning, medan referensbrunnen var placerad utanför det beräknade influensområdet, uppströms tunnellen i grundvattnets huvudströmningsriktning.

Syftet var i första hand att säkerställa att inga ämnen som används vid produktionen sprids från tunneln till grundvattnet. I andra hand används resultaten för att följa och dokumentera vattenkemins variationer inom det område och över den tid som tunnelbygget påverkar genom grundvattenavsänkningar.

Övervakningen pågick 2005-2015. Vid borrhning av första tunnelröret (2005-2010) provtogs brunnarna med tätare intervall då tunnelfronten låg nära. Under borrhning av andra tunnelröret (2011-2015) och fram till projektavslut provtogs varje brunn istället enligt ett fast schema två gånger om året

Grundvattnet analyserades med avseende på ett baspaket med parametrar enligt Livsmedelsverkets råd om enskild dricksvattenförsörjning, vilket ger en fysikalisk-kemisk karakterisering av vattnet. Till detta baspaket har sedan parametrar lagts till som angetts som relevanta i entreprenörens utsläppskontroll (bilaga C1).



Figur 8. Kontrollpunkter i grundvatten utmed tunnellen.

4.2.4 Kvalitetssäkring

Alla mätningar och provtagningar skedde i enlighet med rutiner i projektets verksamhetssystem. Prover skickades till ackrediterade laboratorier. Resultaten kontrollerades, kvalitetsgranskades och lagrades i projektdatabasen HASP. Mätinstrument kalibrerades och underhölls i enlighet med rutiner i projektets miljöledningssystem. Projektets verksamhetssystem var certifierat enligt ISO 14001. Rapporter granskades och godkändes enligt gällande rutiner.

4.3 Utvärdering av programområde

Vid byggstarten 2005 var grundvattensituationen utmed stora delar av tunnelsträckan redan påverkad av tidigare bergarbeten. En utredning från 2000 konstaterade att vattenkvaliteten (främst förhöjda järn-, mangan- och sulfathalter) var påverkad i området. Opåverkade utgångsvärden saknas därför för grundvatten, vilket utgör en svaghet vid utvärderingen.

Övervakning av dräneringens påverkan på berörda vattendrag påbörjades först när de första effekterna av grundvattensänkningen syntes på markytan. Opåverkade utgångsvärden saknas därför även i stora delar för ytvatten.

Även om övervakningen av vattenkvalitet vid Projekt Hallandsås varit relativt omfattande, har övervakningen i yt- och berggrundvatten grundat sig på stickprovtagning för att övervaka processer som sker över tid och inom stora markytor och bergvolymmer. Det bedöms dock som tillräckligt för att uppfylla respektive syfte.

En svårighet vid tolkningen är att de kemiska processerna i naturen är komplexa. Det gäller för berggrundvatten, men ännu mer för ytvatten. Ytvatten är blandvatten där berggrundvatten ingår som en del tillsammans med nederbörd och olika ytligare grundvatten. Alla dessa bidrag påverkas kemiskt av en stor mängd olika faktorer och processer i sin omgivning, varav långt ifrån alla har någon koppling till tunnelbygget. Detta gör det svårt att urskilja vilka egenskaper hos vattnet som är effekter av processer som orsakats av tunneln i byggskedet och därmed också att avgöra om dessa processer avstannat och att kemisk jämvikt inträtt.

5. Fisk i vattendrag

5.1 Inledning/bakgrund

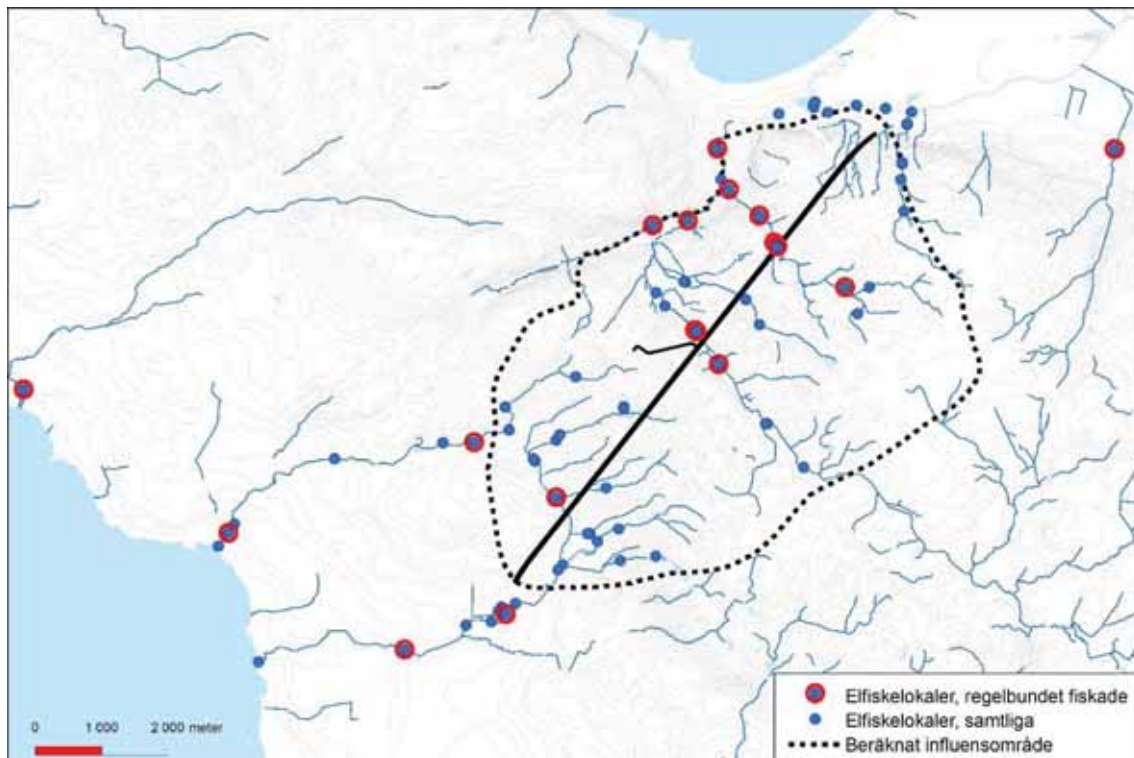
Fiskbestånden på Hallandsås har påverkats kraftigt i samband med tunnelbygget. År 1997 dog mängder av fisk i samband med utsläppen av opolymeriserad akrylamid (Rhoca Gil) i Vadbäcken. År 2003 ledde utsläpp av bentonitlera och cement till att fiskbestånden i stora delar av Lyabäcken och Örebäcken slogs ut i det närmaste fullständigt. År 2009 torrlades de övre delarna av Lyabäcken och knappt 1000 öringar fick evakueras till dess vattnet återkom ett drygt år senare. År 2011 torrlades de övre delarna av Böskestorpsbäcken, och fisken flyttades nedströms. År 2013 torkade återigen delar av Lyabäcken ut, denna gång dock med begränsad effekt på fiskbestånden. Fisk flyttades både uppströms och nedströms.

Undersökningar av fisk och annan biologisk mångfald skiljer sig till viss del från övervakning av kemiska och fysikaliska parametrar. Medan de senare ger en värdefull ögonblicksbild av tillståndet kan undersökningar av fisk och stationär bottenfauna visa huruvida kritiska gränsvärden har under- eller överstigits vid något tillfälle sedan den förra undersökningen. Till exempel kan kortvarig syrebrist eller snabbt övergående utsläpp av miljöfarliga ämnen vara mycket svåra att detektera vid tillfälliga besök, medan det ofta ger en tydlig effekt på livet i bäcken

Många människor har ett stort intresse för fisk och effekter på fiskbestånden uppmärksammas ofta av allmänheten och media. Av denna anledning är uppföljning och övervakning av fiskbestånden en mycket viktig del av arbetet med att skapa förtroende för projektet.

5.2 Programområdets omfattning och genomförande

Inventering av fisk har genomförts sedan starten av det ekologiska kontrollprogrammet. De första åren handlade det mycket om att skaffa en översiktlig bild av fiskfaunan inom influensområdet. År 2003 igångsattes en mera systematisk övervakning med fasta provstationer i de viktigaste vattendragen: Vadebäcken, Vadbäcken, Örebäcken inklusive Axelstorpsbäcken och Lyabäcken (figur 9). År 2004 kompletterades övervakningsprogrammet med undersökningar i några referensvattendrag utanför influensområdet (Myltebäck, Sinarpsbäcken och Östra Karupsbäcken). Huvudsyftet med detta var att få ett mått på i vilken utsträckning variationen i provfiskeresultat mellan olika år beror på skillnader i årsmån (nederbörd, vattenföring, temperatur etc) eller om variationerna är direkt eller indirekt orsakade av tunnelbygget.



Figur 9. Elfiskelokaler.

Grunden i övervakningsprogrammet utgörs av två lokaler per vattendrag, en inom influensområdet i de övre delarna av vattendraget och en, ofta kustnära lokal nedströms influensområdet. Detta gör det möjligt att urskilja direkta effekter från tunnelbygget samtidigt som man kan bedöma hur långt nedströms eventuella effekter sträcker sig.

Öring är den helt dominerande fiskarten i vattendragen på Hallandsås, och i många fall dessutom den enda arten. Eftersom vattendragen är relativt små och havsmynnande består fiskbestånden i många fall av en blandning av havsvandrande och stationär öring där havsvandrande fisk dominerar i de nedre delarna och stationär fisk dominerar i de övre delarna. Utformningen av övervakningsprogrammet gör att det är möjligt att både särskilja och jämföra utvecklingen på lokaler med olika typer av öringbestånd – något som visade sig vara mycket viktigt inte minst vid uppföljningen av utsläppet i Lyabäcken.

Övervakningsprogrammet är i grunden adaptivt och ytterligare lokaler har undersökts i samband med tillbud och när det kunnat konstateras lokal påverkan på fiskbestånden. Syftet har i dessa fall dels varit att mera noggrant kunna bedöma effekter och skador, dels att kunna följa utvecklingen över tid. Som en följd av detta har stationsnätet vuxit. Flera av de tillkommande lokalerna i Lyabäcken och Axelstorpsbäcken har därefter följts årligen.

5.2.1 Kvalitetssäkring

På varje lokal har utförts fullständiga standardiserade kvantitativa elfisken enligt metodiken för nationella tidsserieprogram i Naturvårdsverkets Handledning för Miljöövervakning (Naturvårdsverket 2010; Degerman & Sers 1999). För fisket har använts ett LUGAB L1000 likströmsaggregat.

På varje lokal har det genomförts tre på varandra följande utfisken. Hela den provfiskade sträckan har gått igenom noggrant med som minst 30 minuters intervall. All fångad fisk har artbestämts och längden har mätts till närmaste mm. Efter hantering och mätning har fisken förvarats sumpad tills dess att samtliga tre fiskeomgångar var klara. All fångad fisk har återutsatts levande.

Av olika skäl är det ytterst sällan som man lyckas fånga alla fiskar på en provfiskelokal. Metoden med upprepade utfiskningar gör att man har möjlighet att beräkna hur stor andel av fisken man fångat. Utifrån relationen mellan fångsterna i de olika fiskeomgångarna kan man beräkna en för undersökningstillfället unik fångsteffektivitet (p_3). Under exceptionella förhållanden är $p_3=1,0$ och då sätts antalet fångade fiskar lika med det totala antalet fiskar på lokalen. I de flesta fall ligger det erhållna p -värdet mellan 0,75 och 0,95. Det erhållna p -värdet används därefter för att beräkna det totala antalet fiskar på den avfiskade ytan. Genom att varje provfiske behandlas som en unik händelse ur beräkningssynpunkt är metoden robust och ger god säkerhet i antalsbestämningarna oavsett utförare och provfiskeförhållande.

Längden på de enskilda lokalerna är noggrant uppmätt, avgränsad och permanent utmärkt med färgmarkeringar i terrängen. Till följd av variationer i nederbörd och flöde varierar vattendragens storlek och bredd mellan olika år. Vid varje provfisketillfälle görs därför en noggrann beskrivning av lokalerna. Vattendragsbredden mäts var 5:e m (0,1 m noggrannhet). I samband med detta görs en djuptransekt (djupet mäts på 1/4, 1/2 och 3/4 av bredden) och vid varje provpunkt görs en beskrivning av det dominerande bottenmaterialet. Utöver detta beskrivs strömningsförhållanden, strandmiljön, graden av beskuggning med flera omgivningsparametrar. Med utgångspunkt från transektmätningarna beräknas vattendragets medelbredd och därefter den avfiskade ytan. Det totala antalet fångade fiskar har sedan räknats om till ett täthetsmått (antal fiskar/100 m²).

Rutinerna för elprovfiske är väl utprovade och de enskilda provfiskena genomförs med samma metodik och på samma ytor vid varje tillfälle.

5.3 Utvärdering av programområde

Undersökningar av fisk under perioden 2000–2015 har gett en god uppfattning om tillstånd och förändringar i fiskbestånden i vattendragen på Hallandsås. Repeterbarheten är god vilket gör att det finns underlag för att beräkna såväl långsiktiga trender per lokal eller vattendrag liksom skillnader mellan stationära och vandrande bestånd.

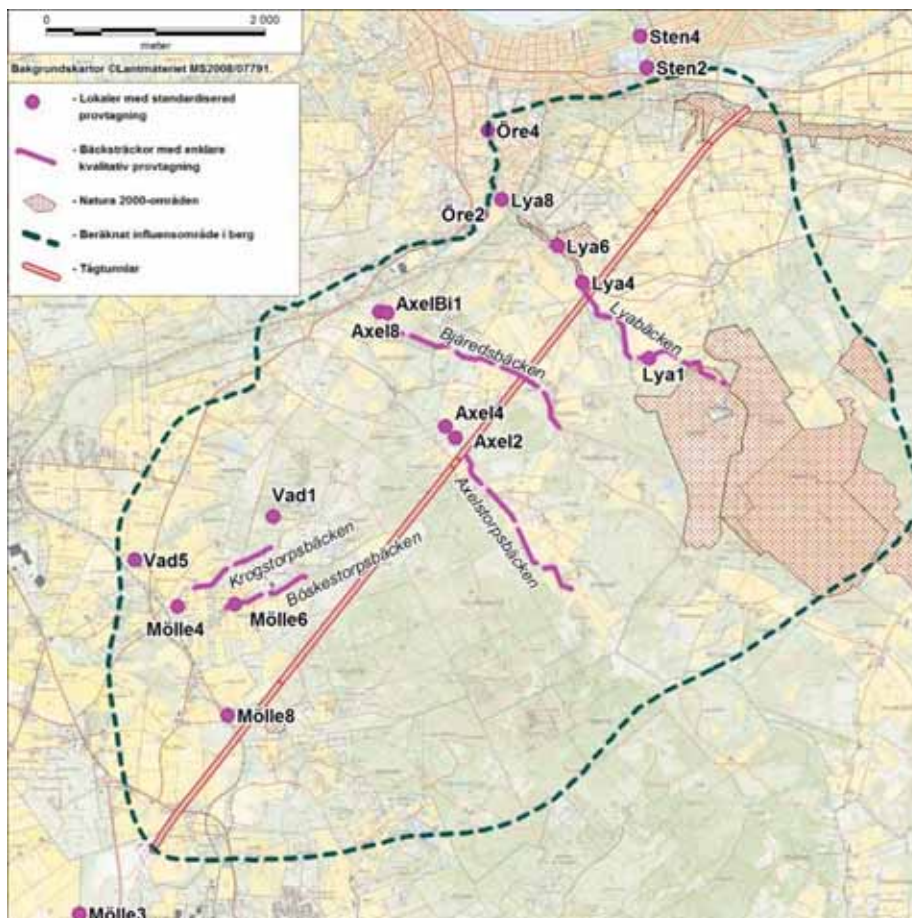
Generellt sett har fiskbestånden visat sig ha god resiliens (återhämningsförmåga). Vattendragssträckor med havsvandrande bestånd är i regel fullt besatta redan efter ett år, medan återhämtningen av de stationära bestånden är betydligt långsammare och full återhämtning kan ta åtskilliga år. Påverkan har minskat med tiden och genom god övervakning, hög beredskap och en adaptiv förvaltning har de negativa effekterna gradvis kommit att minska.

6. Bottenfauna i vattendrag

6.1 Inledning/bakgrund

Med bottenfauna i vattendrag menas de små djur som är knutna till vattendragens bottenmiljöer. Till bottenfaunan hör många insektgrupper som dagsländor, bäcksländor, nattsländor, trollsländor, tvåvingar och skalbaggar. Andra vanliga djurgrupper i vattendrag är iglar, kräftdjur, mollusker och maskar. Bottenfaunaundersökningar är idag en mycket allmänt förekommande undersökningsparameter för att studera effekter av föroreningsutsläpp och annan påverkan som leder till vattenkvalitetsförändringar. Inom den svenska vattenförvaltningen (Sveriges tillämpning av EU:s vattendirektiv) ingår bottenfauna som kvalitetsfaktor för klassning av ekologisk status. Precis som andra biologiska parametrar ger bottenfaunan en integrerad bild av påverkan från många olika faktorer under en lång tidsperiod. Metoderna för klassificering och bedömning av vattendrag baserat på bottenfaunan är allmänt använda. Bottenfaunan fungerar inte bara som indikator på miljöförändringar, utan speglar i sig ett naturvärde, då bottenfaunas djursamhälle utgör en stor del av den biologiska mångfalden i ett vattendrag. Bottenfaunan är också en viktig födoresurs för fisk och spelar en viktig roll i nedbrytningen av organiskt material.

Inom Projekt Hallandsås har bottenfaunaundersökningar använts med syfte att följa upp hydrologisk och vattenkemisk påverkan från tunnelbygget. Beträffande vattenkemisk påverkan har det dels handlat om uppföljning av utsläpp av förorenat vatten och dels om effekter av förändringar i kemin i utströmmande grundvatten som följd av nivåvariationer genom dräneringspåverkan.



Figur 10. Lokaler som undersökts med avseende på bottenfauna under åren 2003-2015 (vid minst två tillfällen). Lokaler markerade med lila prick har undersökts med standardiserad hävprovtagning, medan lilastreckade bäcksträckor undersökts med enkla kvalitativa hävprov.

6.2 Programområdets omfattning och genomförande

Bottenfauna i vattendrag har ingått som årligt undersökningsmoment inom det ekologiska kontrollprogrammet sedan 2003. Dessförinnan hade bottenfaunaundersökningar utförts i samband med särskilda händelser eller frågeställningar. Inom det ekologiska kontrollprogrammet har åtta lokaler ingått i basprogrammet. Under flera år har basprogrammet utökats med tilläggsundersökningar för att följa upp tidigare konstaterad påverkan eller prognosticerad hydrologisk påverkan kopplad till aktuell byggverksamhet. En sammanställning av genomförda bottenfaunaundersökningar ges i bilaga C5.

Information om provtagnings- och analysmetodik, detaljinformation om provdatum, provlokalernas läge och provtagningsförhållanden, resultatbehandling (indexberäkningar mm), referenser samt kvalitetssäkring finns redovisat i det ekologiska kontrollprogrammets årsrapporter. Undersökta lokaler framgår av kartan, figur 10.

Bottenfaunaundersökningar i vattendrag har genomförts med handhåv. Metodiken har följt Svensk Standard, senast SS-EN ISO 10870:2012, och Handledning för miljöövervakning – Sötvatten - Bottenfauna i sjöars litoral och i vattendrag – tidsserier, Naturvårdsverket/Hav, ver 1:1 2010-03-01. I vissa fall har enklare kvalitativ provtagning tillämpats. Ekologgruppen är ackrediterat för dessa metoder (ackred nr 1279). Ansvariga har varit Cecilia Holmström och Karl Holmström. I kvalitetssäkringsarbetet ingår bland annat regelbunden kalibrering av provtagare, provningsjämförelser avseende taxonomisk bestämning av djur, översyn av provtagningsutrustning, dubbelläsning av dataprotokoll efter inmatning i kalkylark, automatiserad beräkning av biologiska och matematiska index i databas. Alla delar i systemet är dokumenterade. I ackrediteringssystemet ingår regelbunden extern översyn och granskning av kvalitetssystemet av Swedac.

6.3 Utvärdering av programområde

Bottenfaunaundersökningar har använts för att studera eventuella biologiska effekter i vattendrag som kan kopplas till hydrologisk och vattenkemisk påverkan orsakad av förändrade grundvattennivåer och utsläpp av förorenat vatten.

Bottenfaunaundersökningarna har fungerat som ett bra uppföljningsinstrument för att följa biologisk påverkan i vattendrag. Då provtagning oftast enbart utförts en gång per år kan tillfälliga och mer kortvariga störningar i vissa fall passera då återhämtning kan gå relativt snabbt, vilket också visat sig i här aktuella undersökningar. Vid utvärderingar av till exempel uttorkningseffekter är det mycket väsentligt att studera förekomst och individantal av enskilda arter och organismgrupper. Det totala artantalet och särskilt det totala individantalet från en provlokal behöver inte avvika från det normala på något påtagligt sätt även om påverkan har varit omfattande.

Provresultaten har kunnat användas för att följa återhämtningen efter uttorkning av bäckfåror och efter utsläppet av cement och bentonitlera i Lyabäcken i juli 2003. Någon tydlig negativ försurningspåverkan till följd av grundvattenavsänkningen har inte noterats på undersökta lokaler. Vissa indikationer på det motsatta förhållandet, minskad försurningspåverkan, har iakttagits i främst Böskestorpsbäcken.

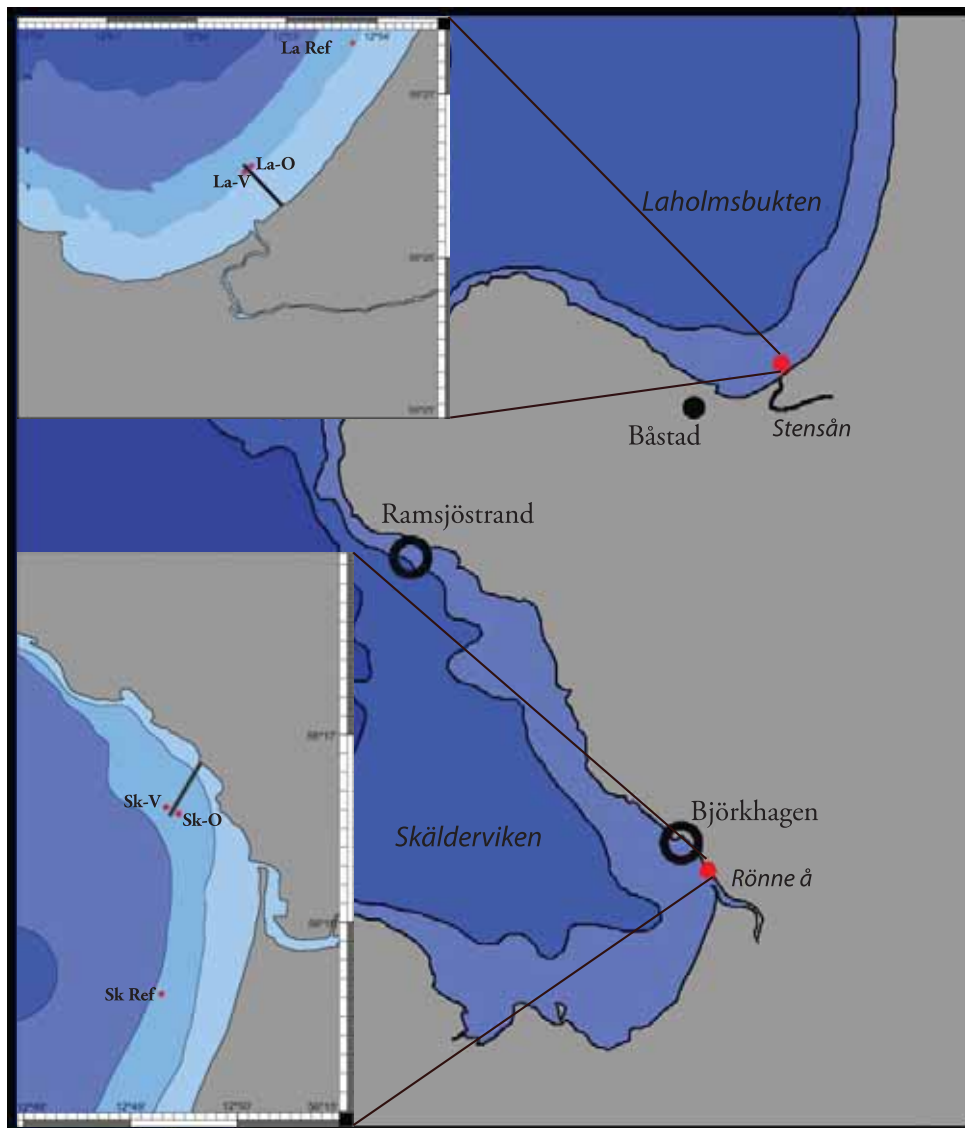
7. Bottenundersökningar i hav

7.1 Inledning/bakgrund

Tunnelbygget har under hela byggperioden genererat vatten som läckt ur berggrunden innan tunnelväggarna tätats mot omgivningen. Detta vatten har pumpats ut ur tunneln norrut och söderut i två rörledningar som mynnat i Laholmsbukten och i Skälderviken (se kartan, figur 11). Avloppsvattnets påverkan på den marina miljön i rörledningarnas mynningsområden har undersökts en gång årligen genom undersökningar av bottenfauna Laholmsbukten och i Skälderviken där även makroalger (tång och fintrådiga alger) undersöktes. I Laholmsbukten saknas makroalger helt i området kring rörledningen och därför kunde vegetationsundersökningar ej genomföras i Laholmsbukten.

7.2 Programområdets omfattning och genomförande

Undersökningar i hav utfördes första gången 2002, men påbörjades i sin nuvarande utformning år 2004, vilket utgör baslinjeåret för undersökningarna. Sedan 2004 har de årliga undersökningarna genererat 880 bottenfaunaprov och 110 undersökta makroalgrutor, vilka ligger till grund för bedömning av eventuell påverkan av avloppsvatten från tunnelbygget.



Figur 11. Bottenfaunastationernas ungefärliga placering i anslutning till rörledningarna i Laholmsbukten och Skälderviken (röda prickar) samt makroalgstationerna (ringar) i Skälderviken.

Faunaundersökningarna utformades så att varje rörledning undersöktes i en effektstation vid rörledningens mynning i havet och i en referensstation som förlades nära rörledningen men på ett sådant avstånd, 1 sjömil (1852 meter), att påverkan från avloppsvattnet bedömdes vara försumbar.

Bottenfaunan har undersökts genom att en rörprovtagare med en yta på 83 kubikcentimeter förts ner i bottenstratet ca 2 dm. Provtagningen har skett med hjälp av dykare som tagit 20 prover vid varje station. Detta genererade årligen totalt 80 bottenfaunaprover.

Proverna sällades försiktigt på provtagningsbåten i havsvatten med 1 mm såll och sållresterna konserverades därefter i 90 % etanol. Proverna sorterades, artbestämdes och individräknades under stereomikroskop i laboratorium. Våtvikten bestämdes efter att djuren fått ligga en kort stund på absorberande papper. Vidare beräknades grundläggande information som medelvärden av biomassa, abundans (individental) och artantal med tillhörande standardavvikelse och variationskoefficienter. Skillnader mellan effektstationerna och respektive referensstation analyserades med variansanalys (ANOVA) för åren 2004-2015. Variansanalys fastlägger om skillnader mellan två grupper (två olika provtagningar till exempel) är statistiskt styrkta (signifikanta). En så kallad BACI-analys (Before After Control Impact) gjordes mellan effekt- och referensstationer för baslinjeåret 2004 och aktuellt undersökningsår, med en 2-vägs ANOVA, som visar vilken av två faktorer (tid eller plats) som styr skillnader samt om faktorerna interagerar. Då faktorerna visade på signifikant interaktion bedömdes detta som "påverkan".

Makrovegetationen undersöktes i en effektstation vid Björkhagen och i en referensstation vid Rammsjöstrand. Station Björkhagen ligger drygt 1 sjömil från rörledningen i Skälderviken, men är närmsta lämpliga punkt för vegetationsundersökningar. Båda stationerna undersöktes genom dykning på 0,7-1,7 m djup. På varje station lades fem 5x5 m rutor ut inom tydliga och representativa algbälten. Inom varje ruta bestämdes den absoluta täckningen av vegetation (i %) varefter dominerande arters täckningsandel av vegetationen bestämdes (i %). Eftersom både över- och undervegetation bedömdes, kan %-värdena i en enstaka storruta klart överstiga 100%. Vissa arter är svårbestämda under vattnet, varför prover på vissa arter togs för artbestämning på laboratoriet. All information vid dykningen noterades direkt under vattnet på vattenfasta dykprotokoll och informationen överfördes senare till dator, varefter dykprotokollen arkiverades.

År 2011 observerades att ett område närmast öster om rörledningen i Skälderviken uppvisade ett avvikande, grövre bottenstrat jämfört med omgivande områden. Här sågs en tydlig hydrologisk påverkan i form av förändrade ström- och vågförhållande närmast öster om röret, vilket gav en ökad erosion på det sandiga sedimentet. Detta område undersöktes framöver årligen till yta och mäktighet.

7.3 Utvärdering av programområde

Undersökningarna i hav under perioden 2004-2015 har gett en god uppfattning om tillstånd och förändringar i den marina miljön i anslutning till rörledningarna från tunnelbygget. Resultaten har visat på en hel del variation mellan åren, men väldigt få tecken på förändringar med koppling till avloppsvatten från rörledningarna. Även en betydande variation mellan olika delprov från samma station har gjort att statistiska samband/skillnader försvagats och försämrat möjligheter till tolkningar och slutsatser.

Naturligtvis är havsmiljön väldigt komplex med många faktorer som påverkar miljön parallellt. Att säga att de undersökta parametrarna kan visa påverkan direkt från avloppsvatten från tunnelbygget vore en grov förenkling, men med facit i hand bör undersökningarna ändå ha kunnat påvisa om en tydlig och stark påverkan från avloppsvattnet skett. Vad som säkert kunde konstateras var direkt fysisk påverkan på botten från rörledningen i Skälderviken.

8. Natur

8.1 Inledning/bakgrund

Programområdet Natur i det ekologiska kontrollprogrammet består av tre huvudmoment:

- kärlväxter
- mossor
- mollusker (snäckor och sniglar).

Undersökningarna är förlagda till fuktiga till blöta naturmiljöer som bedömts vara känsliga för påverkan av förändrade grundvattennivåer. Undersökningslokalerna har delvis utgjorts av permanenta fodermarker (marker som hävdas med betesdjur eller slåtter) med överlag höga naturvärden. Programområdet Natur har även innefattat dokumentation av skötsel (t ex antal betesdjur och skogliga åtgärder) och fotografering från marken från fasta fotopunkter.

De organismgrupper som ingår i programområdet har alla valts för att:

- de bedömts fungera som indikatorer för förändrad hydrologi
- de är relativt stationära
- de ger underlag för naturvärdesbedömningar
- det har funnits beprövade uppföljningsmetoder.

8.2 Programområdets omfattning och genomförande

Provytor, så kallade storrutor, har sedan 1999 lagts ut på 13 lokaler (se tabell 1 och figur 12). Tio av dessa har sedan aktivt använts i inventeringsarbetet (se tabell 1). Fem lokaler är lövskogar och fem utgör mer eller mindre öppna områden som hävdas, eller i sen tid har hävdats, med bete eller slåtter. Två av lokalerna, varav en är skog, är referensytor och ligger utanför det beräknade influensområdet för tunnelbygget.

Inom varje lokal utförs detaljerad inventering i fast markerade provytor enligt särskild metodik. Kärlväxterna inventeras normalt i månadsskiftet juni/juli och skogslokalerna även i maj. Mossor och mollusker inventeras normalt på hösten i oktober.

Kärlväxterna inventeras i tio fasta 1 x 1 meters provytor per lokal. Provrutorna är markerade i fält med nedslagna järnrör och bambukäppar. Mossor inventeras i samma fasta provrutor men här avgränsas inventeringsytan till 0,5 x 0,5 meter. Den exakta placeringen av provytorna finns beskriven i årsrapporterna för det ekologiska kontrollprogrammet gällande åren 1999, 2000 och 2002. Inventeringen har följt särskilda metodiker för uppskattning av täckningsgrad och frekvens. För vanligt förekommande kärlväxtarter, så kallade karaktäristiska arter, har ett fuktindex beräknats.

I takt med byggnationen av tunnelrören tillfördes kontrollprogrammet extra kontrolltytor, vilka inventerades mer översiktligt med avseende på kärlväxter och mossor. I huvudsak har åtta sådana tilläggslokaler inventerats under perioden 2007-2015. Inom dessa lokaler har strövinventering tillämpats. Samtliga arter noterades och frekvensen bedömdes i en tregradig skala där 1=enstaka exemplar, 2=tämligen vanlig-vanlig, 3=mycket vanlig (dominerande på platsen). Torkskador på vegetationen bedömdes också.

Bilaga B

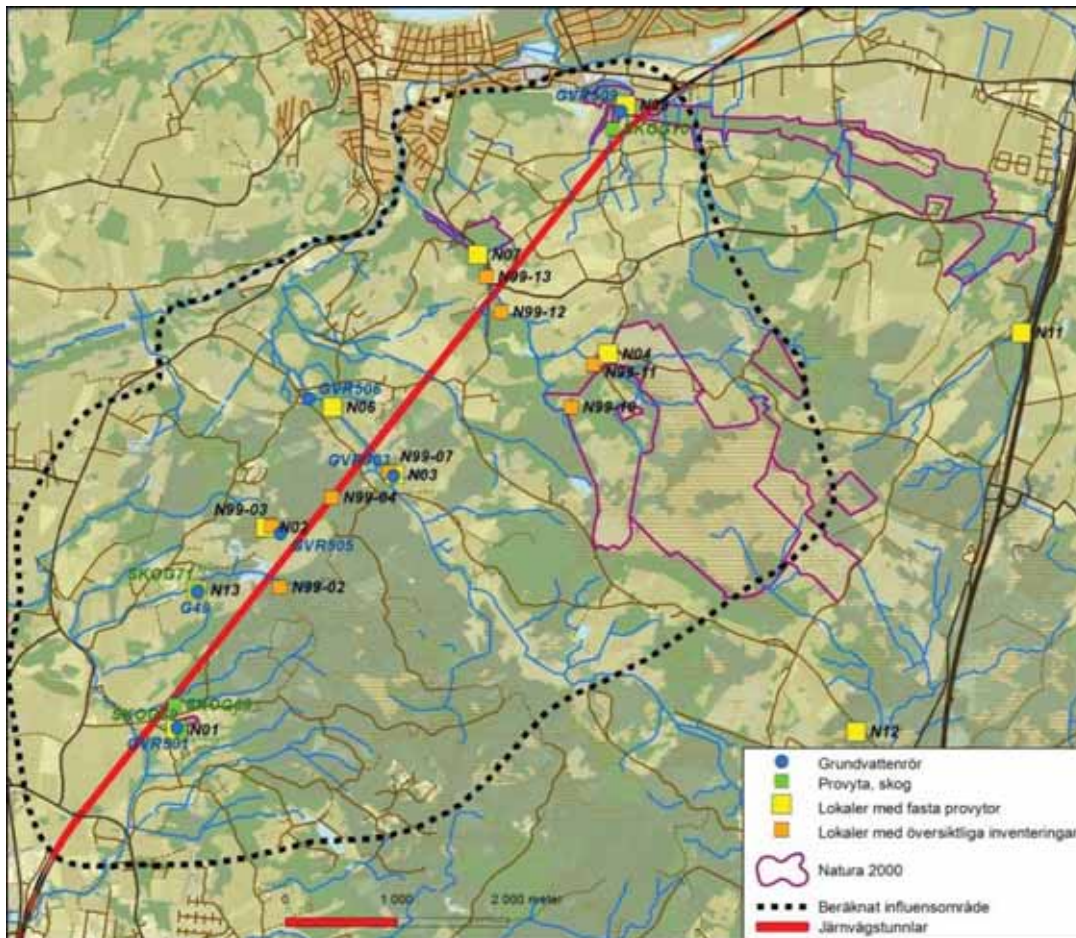
Mollusker har inventerats inom samma storrutor som kärlväxter och mossor. Som insamlingsmetod har under projektet genomgående använts semikvantitativ sällprovstagnning med sällning av 20 liter markförna från varje lokal. Metoden ger en god kvalitativ bild av förekommande arter och också en bild av arternas relativa abundansförhållanden (förekomst).

Detaljerade beskrivning om inventeringsmetodik, resultatbehandling etc har redovisats i ekologiska kontrollprogrammets årsrapporter.

Inventeringslokaler med fasta provrutor redovisas i tabell 1. På kartan i figur 12 visas både lokaler med fasta provrutor och lokaler som inventerats översiktligt. En sammanställning av genomförda naturinventeringar ges i bilaga C3.

Tabell 1. Fasta lokaler som inventerats med avseende på kärlväxter, mossor och mollusker. Koordinater anges i RT90.

Lokalnamn	Lokalbeteckning	x-koordinat	y-koordinat
Äng vid Slottet	N01	6253362	1315704
Kärr S Severtorp	N02	6255190	1316508
Kärr SV Bjäred	N03	6255659	1317666
Äng vid Ledtorpet	N04	6256754	1319595
Alkärr vid Axelstorp	N06	6256272	1317113
Blandlövs-kog i Lyadalen	N07	6257650	1318423
Alm- askskog vid Hemmeslöv	N08	6258998	1319755
Blandlövs-kog vid Dalahuset	N11	6256942	1323314
Kärr vid Hulrugerød	N12	6253345	1321829
Alkärr i Böskestorp	N13	6254623	1315891



Figur 12. Läget för samtliga inventeringslokaler inom undersökningsområdet Natur. Lokaler för översiktliga inventeringar av kärlväxter och mossor benämns i texten tilläggslokaler.

Kvalitetssäkringsarbetet inom undersökningsområdet Natur är delvis annorlunda jämfört med andra undersökningsmoment, eftersom certifierings- eller ackrediteringssystem ej finns utvecklat inom detta verksamhetsområde. I området Natur ingår delaktiviteterna kärlväxter, mossor och mollusker. Kvalitetssäkringsarbetet inom undersökningsområdet Natur är uppbyggt kring följande delar:

- **Metodik.** De undersökningsmetoder (och parametrar) som tillämpas har valts för att de har prövats i stor omfattning tidigare och att erfarenheterna är positiva. Inventeringsmetodiken finns beskriven i Biologiska inventeringsnormer Vegetation (Naturvårdsverket 1987).
- **Genomförande.** Arbetet utförs av experter inom respektive område. Under flertalet år har kärlväxterna inventerats av Birgitta Nilsson, mossor av Per Darell och mollusker av Ted von Proschwitz.
- **Granskning av data.** Granskning och rimlighetsbedömning av data sker från varje delundersökning. Därtill utförs jämförelser med tidigare års resultat samt från referenslokaler vissa år.
- **Granskning av rapporter** i manusform sker i flera led där författaren själv svarar för det första granskningssteget och som sedan följs av granskning av samordnaren för programområdet Natur, granskning av författaren till ekologiska kontrollprogrammets sammanfattning och granskning av ansvariga för programmet inom Projekt Hallandsås på Trafikverket.

8.3 Utvärdering av programområde

Uppföljning av kärlväxter, mossor och mollusker har använts för att studera eventuella biologiska effekter i naturområden där de ytliga grundvattennivåerna ligger nära markytan, vilket gör områdena känsliga för hydrologiska förändringar.

Naturinventeringarna bedöms generellt ha fungerat som bra uppföljningsinstrument för den dräneringspåverkan som orsakats av tunnelbygget. Störst genomslag har dräneringen haft på moss- och kärlväxtfloran. Effekterna på molluskfaunan har varit otydliga. Resultaten har kunnat användas både till att följa effekterna av dräneringspåverkan och efterföljande återhämtning.

Inom vissa områden, främst på nordslutningen, fanns en påverkan av tunnelbygget redan innan det ekologiska kontrollprogrammet började. Detta har inneburit att status och förändringar över tid har varit svåra tolka då inga referensresultat från perioden före tunnelbygget har funnits för jämförelse.

Resultaten av naturinventeringarna har också fångat upp andra förändringar orsakade av skiftande hävd (betestryck och slåtter), igenväxning, näringstillförsel och i skog även trädjukdomar och stormar.

9. Skog

9.1 Inledning/bakgrund

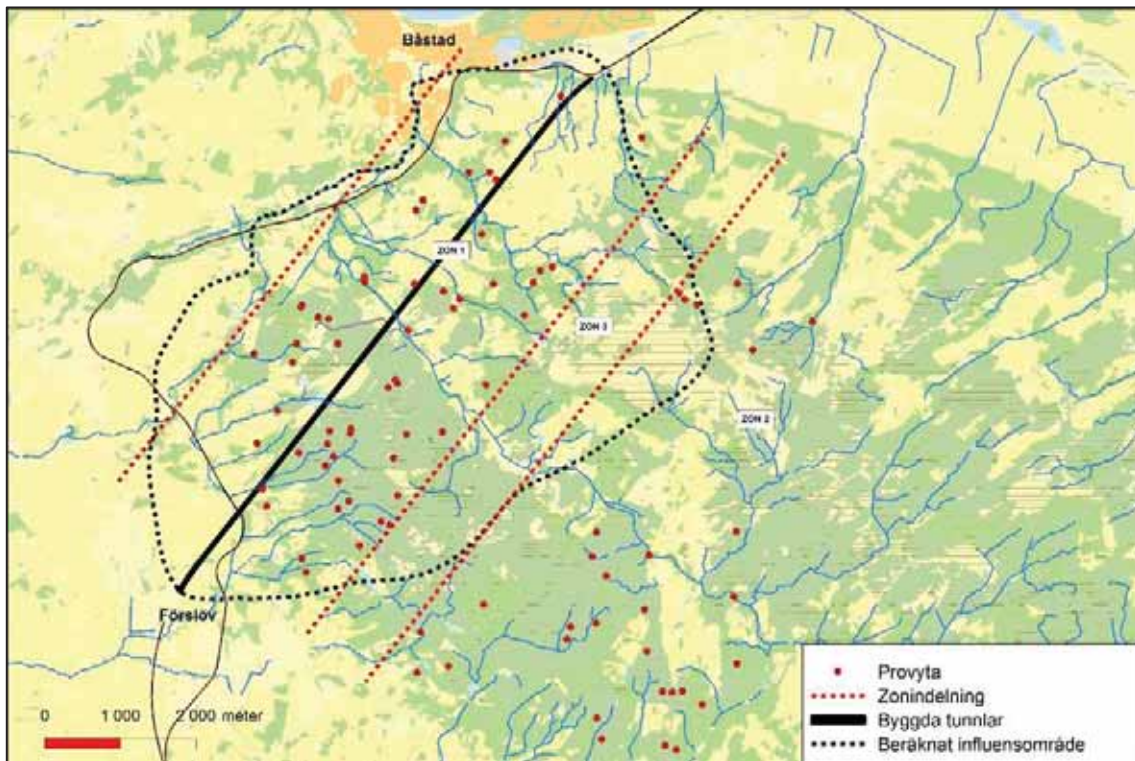
Under 1999 uppmärksammades skador på skog ovanför hallandsåstunnlarnas norra påslag. Det var framförallt klibbal och björk som visade på skadesymptom som till exempel ökad utglesning, döda toppar och i enstaka fall döda träd. Med anledning av detta beslutade Banverket att hallandsåstunnlarnas eventuella effekter på växande skog och skogsmark skulle undersökas. Skogsvårdsstyrelsen Södra Götaland fick år 1999 i uppdrag att ta fram och utföra ett kontrollprogram för skog. Från 2006 ansvarar Skogsstyrelsen för programmet.

Programmet utarbetades i samverkan med Sveriges lantbruksuniversitet och Naturgeografiska institutionen vid Stockholms Universitet, vilka också fortsättningsvis har deltagit i utförandet av kontrollprogrammet. Inledningsvis omfattade programmet granskog men kompletterades med kontrollprogram för lövskog (bok och al) 2001.

Kontrollprogrammet för skog avgränsades geografiskt så att det även sträcker sig utanför den zon där tunneldrivningen antogs kunna påverka grundvattnets nivå. Detta för att få resultat från mer eller mindre opåverkade referensområden. Zonindelningen utformades ursprungligen med ledning av resultat från de hydrologiska studier som tidigare presenterats. Sedan nya modellberäkningar utfördes har påverkansområdet ändrats och zonindelningen omarbetats. Följande zonindelning av undersökningsområdet tillämpas:

- Zon 1, området 0 – 1700 m väster och öster om tunnelsträckningen (påverkansområde).
- Zon 2, området som ligger mer än 2700 m öster om tunnelsträckningen och väster om E6:an (referensområde). Området angränsar visserligen mot motorvägen, men skogen bedöms endast i marginell omfattning vara påverkad av trafiken.
- Zon 3, området 1700 - 2700 m öster om tunnelsträckningen (mellanzon).

Huvuddelen av skogsarealen inom området finns öster om den planerade tunnelsträckningen. Därför anlades merparten av kontrollprogrammet för skog till denna del. Zonernas läge illustreras också på kartan, figur 13.



Figur 13. Skogsprogrammets zonindelning och provytor

9.2 Programområdets omfattning och genomförande

9.2.1 Ordinarie kontrollprogram

Kontrollprogram skog begränsades till mer eller mindre trädslagsrena granskogar från och med 1999 (anläggning av ytor och tillväxtmätning, övriga mätningarna startade 2000) samt bok- och klubbaskogar från och med 2001 (anläggning av ytor och tillväxtmätning, övriga mätningarna startade 2002). Detta dels för att dessa beståndstyper är dominerande inom området, dels för att metodiken för tillväxtskattning och vitalitetsbedömning är bäst utvecklad för just dessa typer av skog.

För att få ett tillräckligt stickprov anlades 50 provytor i granskog, 20 i bokskog och 12 ytor i klubbalskog (se figur 13 och tabell 2). För gran och bok anlades ytor dels inom det modellberäknade området med trolig grundvattensänkning (zon 1), påverkansområde och dels inom ett referensområde (zon 2). Samtliga klubbalsytor anlades inom påverkansområdet. Som referens för klubbalsytorna dokumenterades klubbalsbestånd med infraröda flygfoton inom referensområdet.

Granytorna anlades som cirkelytor och har 10 meters radie, med viss flexibilitet för att nå ett antal på ca 30 träd per yta. Bok- och klubbalsprovytorna är rektangulära med varierande storlek för att nå ett tillräckligt stort antal träd per yta som totalt ger ett tillräckligt stort stickprov för statistiskt säkerställda tillväxtberäkningar.

Tabell 2. År när mätningar och bedömningar har genomförts inom kontrollprogram skog.

År	Tillväxt gran	Tillväxt bok	Tillväxt klibbal	Årsrings mätning	Träd vitalitet gran	Träd vitalitet bok	Träd vitalitet klibbal	Barrkemi gran	Bladkemi bok	Flygbilds invent. gran	Flygbilds invent. Bok	Dokume ntations- fotogra- fering
1999	X											
2000					X			X		X		X
2001		X	X									
2002						X	X		X			
2003		X	X			X	X		X			
2004											X	
2005	X				X		X	X		X		
2006		X	X			X	X		X			
2007						X	X					
2008						X	X		X			
2009						X	X					
2010	X				X		X	X				
2011		X	X			X	X		X			
2012						X	X					
2013						X	X		X			
2014						X	X					
2015	X	X	X	X	X	X	X	X	X			

För att studera om skogen påverkas av en grundvattensänkning startades tre undersökningsmoment:

- tillväxt
- vitalitet
- fjärranalys – dokumentation.

9.2.1.1 Tillväxt

Syftet med tillväxtmomentet var att studera om tunneldrivningen gav signifikanta effekter på skogsbeståndens tillväxt inom påverkansområdet. Tillväxten beräknades genom att beståndens volym uppskattades vid fyra tillfällen. Mätningarna genomfördes som diamettermätning av samtliga träd på provytorna och höjdmätning av systematiskt utvalda provträd. Den periodiska tillväxten erhålls då som skillnaden mellan de olika volymuppskattningarna. Tillväxtmönstret jämförs mellan provytorna inom påverkansområdet och referensområdet. Mätningarna genomfördes under november-december.

9.2.1.2 Årsringsmätningar

Årsringsmätning är en del av tillväxtmomentet. Det innebär att provträdens stammar borrar på samma nivå som vid diamettermätningen (1,3 meters höjd) och en borrhärna tas ut från stamveden. På borrhärnorna mäts årsringarnas bredd och därefter kan årlig diameter- och grundytetillväxt i perioden före tunnelbygget jämföras med perioden efter. Borrhärnorna genomfördes under november 2015.

9.2.1.3 Vitalitet

Trädvitalitetsmomentets syfte var att studera och registrera förändringar i barr/bladmassan, missfärgning av barr och blad samt bedömning av abiotiska och biotiska skadefaktorer. Målsättningen var att utröna om grundvattensänkningen påverkar dessa parametrar.

Inom vitalitetsmomentet bedömdes kronutglesning i enprocentsklasser, andel missfärgade barr/blad, förekomst av kådflöden på gran, morfologiska förändringar på bok, andel dött grenverk på klibbal samt abiotiska och biotiska skadefaktorer. Träd för vitalitetsbedömning har valts systematiskt bland härskande och medhärskande träd på provytorna.

Bedömningarna genomfördes mellan augusti och oktober.

9.2.1.4 Barr och bladkemi

Barr- och bladkemi ingår i vitalitetsmomentet. Syftet med delmomentet var att samla in data om näringstillståndet hos träd i det område som kan komma att påverkas av tunneldrivningen, för att därigenom studera om eventuella förändringar i trädens livsmiljö påverkar deras näringsstatus. Data om näringstillståndet insamlades från fasta provträd av gran och bok som används i tillväxtundersökningen. Målet var att samla in data på sådant sätt att det i första hand var möjligt att under observationsperioden spåra signifikanta förändringar av halterna av makronäringsämnen.

Provtagning av bokblad genomfördes under augusti och för granbarr november – december.

9.2.1.5 Fjärranalys

Fjärranalysmomentet genomfördes som en flygbildsbaserad inventering av skogsskador på gran och bok. Flygprovpunkterna utgick från de fasta provytorna i fält. Vid skadeanalys bedömdes ett stort antal träd och man fick därigenom ett mycket större stickprov jämfört med fältprovytorna. Tanken var att inventeringen skulle komplettera vitalitetsstudierna på de fasta provytorna. Förutom ett större trädstickprov ger inventeringen också en bättre rumslik täckning. Tekniskt bygger inventeringen på flygbildstolkning med ett stickprov i storskaliga, 1:2000, infraröda flygbilder. Resultatet av en eventuell förändring i vitalitet fås från analys av flygbilder från två flygningar med ca 5 års mellanrum.

Flygbildsfotograferingen genomfördes under juli-augusti. IR-bilderna tolkades under hösten.

9.2.1.6 Dokumentation

Genom dokumentationsfotografering med IR-färgfilm i stereo i skala 1:5000 över tunnelsträckningen, möjliggjordes en analys av eventuellt vitalitetsförändringar eller uppkomst av skador på skogen. Genom att denna fotografering gjordes yttäckande kunde eventuella kraftigare förändringar i skogsvitalitet, också hos andra trädslag än gran, bok och klibbal, följas upp så väl inom som relativt långt utanför tunnelzonen.

Bildmaterialet bildtolkades och fältdokumenterades i begränsad omfattning. Bilderna var tänkta att ligga till grund för eventuellt framtida jämförelser om en mer omfattande vitalitetspåverkan på skogen skulle konstateras. Dokumentationen omfattar fältkontroll av trädslag, vitalitetsbedömning och fotodokumentation av utvalda bestånd/träd.

Dokumentationsfotograferingen genomfördes under juli-augusti. IR-bilderna tolkades under hösten.

9.2.1.7 Resultat

De fortlöpande utvärderingar av undersökningsmomenten som genomförts till och med 2014 har inte uppvisat någon påverkan på tillväxt, vitalitet och näringstillstånd hos gran- och bokskog inom påverkansområdet jämfört med motsvarande skog i referensområdet. Mätningar som genomförs 2015 ingår inte i denna bedömning.

Det enda undantaget i det ekologiska kontrollprogrammet för skog är en klibbalsyta vid norra påslaget (yta 70) som uppvisar skador, se figur 14 (foto av ytan). I denna yta har 40 % av klibbalarna dött eller förlorat för stor del av stammen sen undersökningarna inleddes 2002. Det kan konstateras att här har grundvattensänkningen orsakat stor skada. Även i omgivande skogar har skador uppmärksamats. Genomförda undersökningar och inventeringar vid sidan om det ekologiska kontrollprogrammet visar på att det förekommit skadade träd i en avtagande gradient från Båstads bergtäkt. I detta område har bergtäktens och tunnelns grundvattensänkande påverkan samverkat och orsakat skador på träd i både skog och trädgårdar.



Figur 14. Klibbalsyta nr. 70 vid norra påslaget.

9.2.1.8 Kvalitetssäkring

Skogsstyrelsens verksamhet är miljöcertifierad enligt ISO 14001.

Tillväxt. Metodik för fältmätningar och rutiner för primärbearbetning ansluter till den standard som används för skogliga långtidsförsök vid SLU (Anon., 2003; Karlsson 1994, 1999).

Trädvitalitet. Metodik för bedömningar av trädvitalitet ansluter till den standard som används i hela Europa enligt, ICP-forest, 2006 "Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis for crown condition". Årliga svenska och europeiska kalibreringar sker enligt denna manual. Även kontrolltaxeringar utförs inom parallella program, som använder samma metodik. Detta sker bland annat inom Skogsstyrelsens nationella skogsskadeövervakning.

Blad- och barrkemi. Metodik för provtagning i fält och kemiska analyser ansluter till den standard som används i gödslingsförsök vid SLU (Linder 1995) och ICP-forest, 1994 (Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of air pollution on forests, chapter 4, Sampling and analysis of needles and leaves).

Delmoment 3. Fjärranalys. Metodik för fjärranalysmomentet ansluter till metodik som är framtagen vid Lunds Universitet. Metodiken är noggrant utvärderad och kontrollerad (Schlyter, P. & Anderson S, 1997 Skogsstyrelsen, rapport nr. 3). Kontrolltaxeringar har genomförts inom parallella nationella inventeringar.

9.2.2 Kompletterande undersökningar

Det ekologiska kontrollprogrammet för skog har under observationsperioden haft beredskap för extra studier om tunneldrivningen skulle orsaka påverkan som inte kunde registreras av det ordinarie kontrollprogrammet.

Under våren 2007 orsakade tunneldrivningen en ökad grundvattenavsänkning vid Flintalycke, Böskestorp och Skeadal. Samtidigt var det en kraftig torrperiod med inget regn under den inledande vegetationsperioden april-juni. Vid fältbesök kunde konstateras att både björk och gran började visa tecken på torkstress genom gulfärgning och blad/barr fällning. För att

undersöka om grundvattensänkning påverkade trädens tillväxt, beslöt Banverket på försommaren 2007 om en extra tillväxtstudie. Banverket beslöt också att genomföra flygfotografering med IR-film över hela det berörda området för att ha möjlighet att kunna konstatera eventuella skador på all skog och annan vegetation.

I den extra tillväxtstudien valdes 5 granytor ut inom det påverkade området (vid Böskestorp och Flintalycke) och 5 granytor inom det opåverkade referensområdet. För att mäta trädens diametertillväxt monterades dendrometerband på 4 slumpmässigt utvalda härskande och medhärskande träd på varje provyta.



Figur 15. Granstam med dendrometerband.

Totalt omfattade studien 40 träd. Dendrometerband är fjäderanspända tunna metallband som omsluter trädstammarna (se figur 15). Genom mätning i fasta punkter kan trädstammarnas diameter registreras fortlöpande under vegetationsperioden. Dendrometerbanden installerades i juni 2007 och mättes därefter med ca 2 veckors intervall under perioden juni-oktober 2007.

Studien visade att diametertillväxtens förlopp under 2007 var likartat hos träden på de påverkade ytorna och på referensytorna. Någon statistiskt säkerställd skillnad i diametertillväxt kunde inte påvisas mellan träd på ytor inom området med temporärt ökad grundvattenavsänkning och träd på ytor inom referensområdet. Sommaren och hösten 2007 var mycket nederbördsrik i sydvästra Sverige.

Flygfotograferingen genomfördes den 6 och 7 augusti, 2007. Hela det grundvattenavsänkta området fotograferades med sammanlagt 350 IR-flygbilder med mycket bra stereotäckning.

Efter den torra våren och försommaren 2007 kom rekordartad nederbördsmängd under resten av sommaren samt en stor del av hösten. Detta fick till följd att de befarade skadorna på skog och vegetation, som kunde registreras i IR-bilderna, uteblev. Med anledning av detta beslöts det att IR-bilderna inte skulle skadetolkas.

9.3 Utvärdering av programområde

Kontrollprogrammet för skog omfattade 2014 observationer av träd på 33 provytor i granskog (ursprungligen 50), 20 provytor i bokskog och 11 provytor i klibbalskog (ursprungligen 12). Målsättningen för programmet var att på ett tillförlitligt sätt utröna om grundvattensänkningen får effekter på skogsproduktion och trädvitalitet inom det beräknade påverkansområdet. Kontrollprogrammet planerades ursprungligen för en 10-årsperiod, men reviderades därefter med hänsyn till tunnelbyggets förändrade förutsättningar. Samtliga delmoment som ingått i kontrollprogrammet för skog bedöms vara relevanta.

10. Jordbruk

10.1 Inledning/bakgrund

I området i anslutning till tunnelbygget genom Hallandsås bedrivs jordbruk i relativt stor omfattning. Inriktningen är i huvudsak produktion av vall och foderspannmål till gårdarnas djur. Dock finns det inslag av andra avsalugrödor som raps, höstvetete och konservertor.

För optimal utveckling av jordbruksgrödor krävs dränerad jord och god tillgång på vatten. Bristande vattentillgång kan bland annat bero på nederbördsmängden, jordartsförhållanden, dräneringsförhållanden och avsänkning av grundvattennivån. Växterna hämtar sitt vatten från den del av markvattenförrådet som betecknas växttillgängligt vatten. Mängden växttillgängligt vatten är beroende av rotdjupet, jordartssammansättningen i rotzonen samt grundvattenytans läge. Om grundvattenytan sänks, ökar det vattenavförande trycket med påföljd att en del av det växttillgängliga vattnet dräneras bort. Om nederbörden är otillräcklig för att kompensera denna förlust uppstår en bristsituation av vatten för växterna, som resulterar i nedsatt biologisk produktion.

Grundvattenytans läge i jordlagren före grundvattensänkningen har central betydelse för om skada kan uppstå eller inte. I vissa fall kan grundvattensänkningen innebära en positiv dräneringseffekt, som gynnar grödan. Risken för skada är störst under torra år på fält där grundvattenytan legat på optimal nivå före avsänkningen.

Inom ramen för det ekologiska kontrollprogrammet har Jordbruksverket på uppdrag av Trafikverket utfört årliga kontroller av tunneldrivningens eventuella påverkan på jordbruksproduktionen som underlag för eventuell skadereglering. Skördenivån har bestämts genom provtagning på utlagda provytor, dels inom påverkat område och dels inom opåverkat referensområde. Vidare har flygfotografering skett med IR-film för dokumentation och eventuell framtida utvärdering. Undersökningarna för att utreda effekten på jordbruksproduktionen har begränsats till den kvantitativa påverkan. Det har således inte utförts några kvalitativa analyser på grödorna för att se hur de påverkas av grundvattensänkning.

10.2 Programområdets omfattning och genomförande

Undersökningarna genomfördes i tre delområden, vilka har redovisats var för sig. Norra området, Mellanpåslaget och södra området. Den huvudsakliga jordbruksproduktionen sker i det norra området med inriktning på vallproduktion. Mellanpåslaget domineras av småbrutet landskap och mindre produktiv jordbruksmark. Det södra området har ett större inslag av spannmålsproduktion än de övriga två områdena. Provtagningen utfördes på de vanligaste grödorna inom det bedömda påverkansområdet för grundvattensänkning samt i ett referensområde utanför påverkansområdet.

Kontroll av skördar inom ekologiska kontrollprogrammet skedde 1999-2014. Skördarna under åren 1996-1998 värderades inom en särskild utredning som underlag för skadereglering. Ersättning för skördeskador erbjöds/utbetalades åren 1996, 1997, 2001, 2005, 2006, 2009, 2010, 2011, 2012 och 2013. För området längst i söder i anslutning till tunnelpåslaget gjordes slutreglering av skada 2004, varefter detta område inte längre ingick i undersökningen.

Under åren 1999-2001 och 2005-2014 utfördes flygfotografering med infraröd film. Bilderna har inte tolkats utan sparats som dokumentation för framtiden. Färgnyanser i bilderna indikerar bl.a. växternas biologiska aktivitet och mängden klorofyll. Mängden klorofyll i växten härrör från flera olika faktorer som bristande tillgång på vatten, näringsstatus, insekts- och svampangrepp samt strukturskador i jorden. Dokumentation genom flygfotografering kan därför vara ytterligare ett hjälpmedel för att bedöma om tunnelbygget påverkat jordbruksgrödorna samt vilka arealer som påverkats.

För varje gård som ingått i undersökningen har minst två fält med de vanligaste grödorna undersökts. I varje fält har fem provytor provtagits. Om det endast fanns ett fält togs tio provytor ut på detta. Provytemetoden har på detta sätt i anpassad form tillämpats för vall och spannmål. Provytorna inom påverkansområdet respektive referensområdet har inte varit fasta lokaler utan flyttats från år till år med hänsyn tagen till lantbrukarens växtföljd, det för året bedömda påverkansområdet och vilka grödor som odlas inom området. Arealuppgifter för varje fält har inhämtats från skiftesredovisning i SAM-blanketten (EU:s stöd).

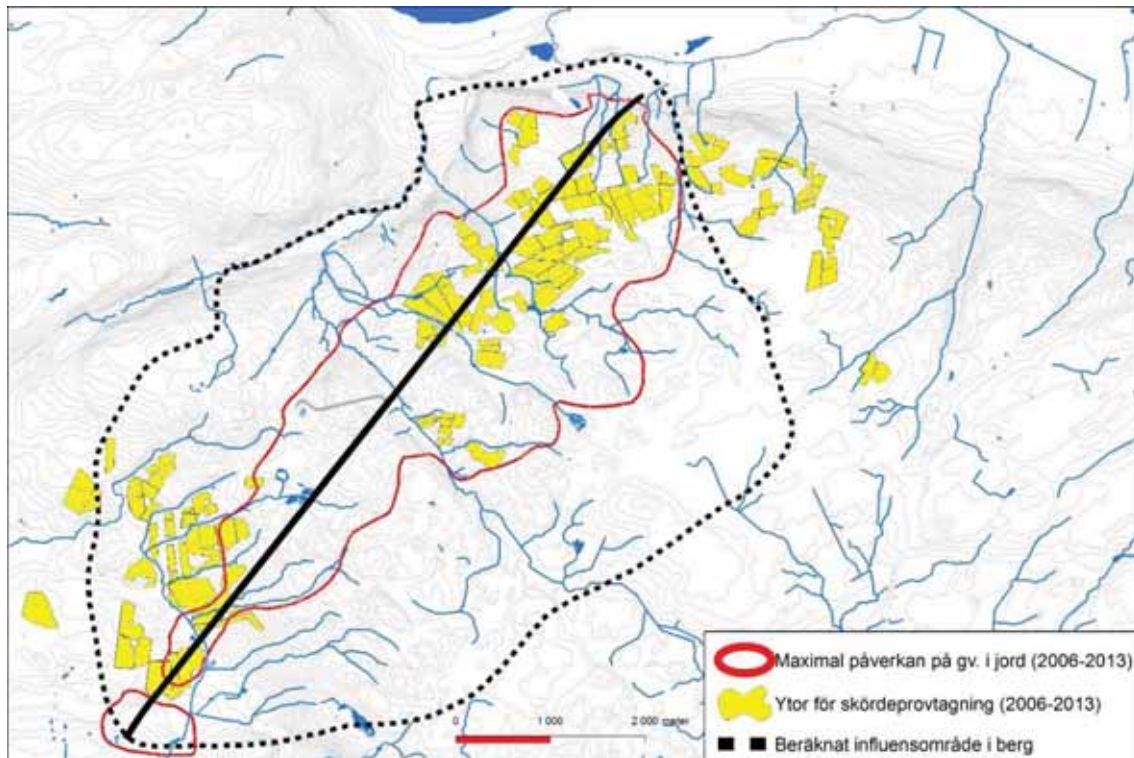
Den valda undersökningsmetodiken med provytor bygger på en statistisk jämförelse av skördeutfallet inom det område som konstaterats vara påverkat av grundvattensänkning och ett opåverkat referensområde. För att en sådan jämförelse ska ge tillförlitligt resultat krävs att vissa statistiska kriterier uppfylls. Det gäller främst att urvalet skett slumpmässigt och att ett tillräckligt stort antal fält ska finnas i de båda jämförda grupperna. Undersökningsprogrammet får anses uppfylla kravet ifråga om slumpmässighet, eftersom SCB:s provtagningsmetodik ligger till grund för fältarbetet. Däremot har det funnits svårigheter med att få med tillräckligt många fält i undersökningen, helt enkelt för att det inte finns så många fält inom de påverkade respektive referensområdena. Det gäller speciellt vid Mellanpåslaget och i södra området, där påverkansområdena är begränsade i omfattning.

Skörden av provytorna har skett i nära anslutning till brukarens skördetidpunkt. Slätter- och betesvallar har i normalfallet skördats tre gånger per år. Några brukare, företrädesvis mjölkbönder, har skördat 4 gånger. Provtagning av vall gjordes högst sju dagar före skördetillfället. Om skördetillfället blev senare gjordes provet om innan skörd. Vid betesdrift skyddades provytorna med nätburar.

Skördegodset torkades till enhetlig vattenhalt och vägdes. Vallskörden redovisades i kg torrs substans per hektar och spannmålsskörden i kg per hektar korregerat till 14 % vattenhalt. Mätning av skördenivån skedde enligt en metod utarbetad i samarbete med Statistiska Centralbyrån för den objektiva skördeuppskattningen (1960-1990).

Provytan avgränsas med en passare. Stubbhöjden måste vara lika, åtminstone i vallskörd, och bestäms av en fot monterad på saxen. Provet samlas ihop på dukar och stoppas i säckar som i förväg märkts med nummer och namn. Skördematerialet torkas. Alla åtgärder dokumenteras med tidpunkt, åtgärd och signatur så att arbetet kan följas. Arbetet granskades enligt Jordbruksverkets rutiner.

Cirka 60 fält har normalt ingått i undersökningen (figur 16).



Figur 16. Provytor för skördeprovtagning 2006-2014.

10.3 Utvärdering av programområde

Kontrollen av skördarna har skett i samråd med berörda brukare. De flesta berörda har medverkat i undersökningarna och accepterat arbetssätt och resultat.

Då antalet fält som provtagits är relativt litet bör resultaten av skördeundersökningarna tolkas försiktigt. De bedöms dock ge en bild av skördenivån inom området för de berörda brukningsenheterna. I det norra området är underlaget förhållandevis bättre ifråga om antalet provtagna fält.

I slutet av varje år har grundvattensänkningens påverkan på jordbruksproduktionen utvärderats. Påverkan har skilt sig åt från år till år, både gällande påverkansområdets storlek, men även omfattningen av påverkan. Då referens och påverkansområdena har skiljt sig åt från år till år har det ej varit möjligt att följa hur påverkan har sett ut årsvis på en specifik plats. Däremot har det tydligt framgått att ett område som varit påverkat av grundvattensänkningen ett år nästa år kan vara tillbaka i full produktion. Det som bedöms långsiktigt påverka jordbruksproduktionen är vattenförhållandena i marken. En sänkning av grundvattennivån kan i många fall kompenseras av nederbörd.

Objektiv skördeuppskattning genom provyteundersökningar i vall och spannmålsgrödor är väl beprövad metodik och statistiskt väl underbyggd. Genom att tio slumpvis utvalda ytor läggs ut på två provyfefält per gård blir resultatet representativt. Antalet referensgårdar utökades efter hand. Det förbättrade underlaget för bedömning av påverkan under det enskilda året. En viss styrning vid utlottningen av provyfefält tillämpades för att få bästa möjliga täckning inom grundvattensänkta områden och därmed bättre statistiskt underlag

11. Skyddsåtgärder

11.1 Inledning/bakgrund

I Miljööverdomstolens dom 2003-10-17 (Mål nr M 1894-03) ställdes villkoret att Banverket skulle lämna en övergripande utförandeplan som delade in tunnelsträckningen i delområden. För varje delområde skulle Banverket redovisa vilka markområden som kunde komma att påverkas av grundvattenavsänkningen, dess storlek och tid för avsänkningen.

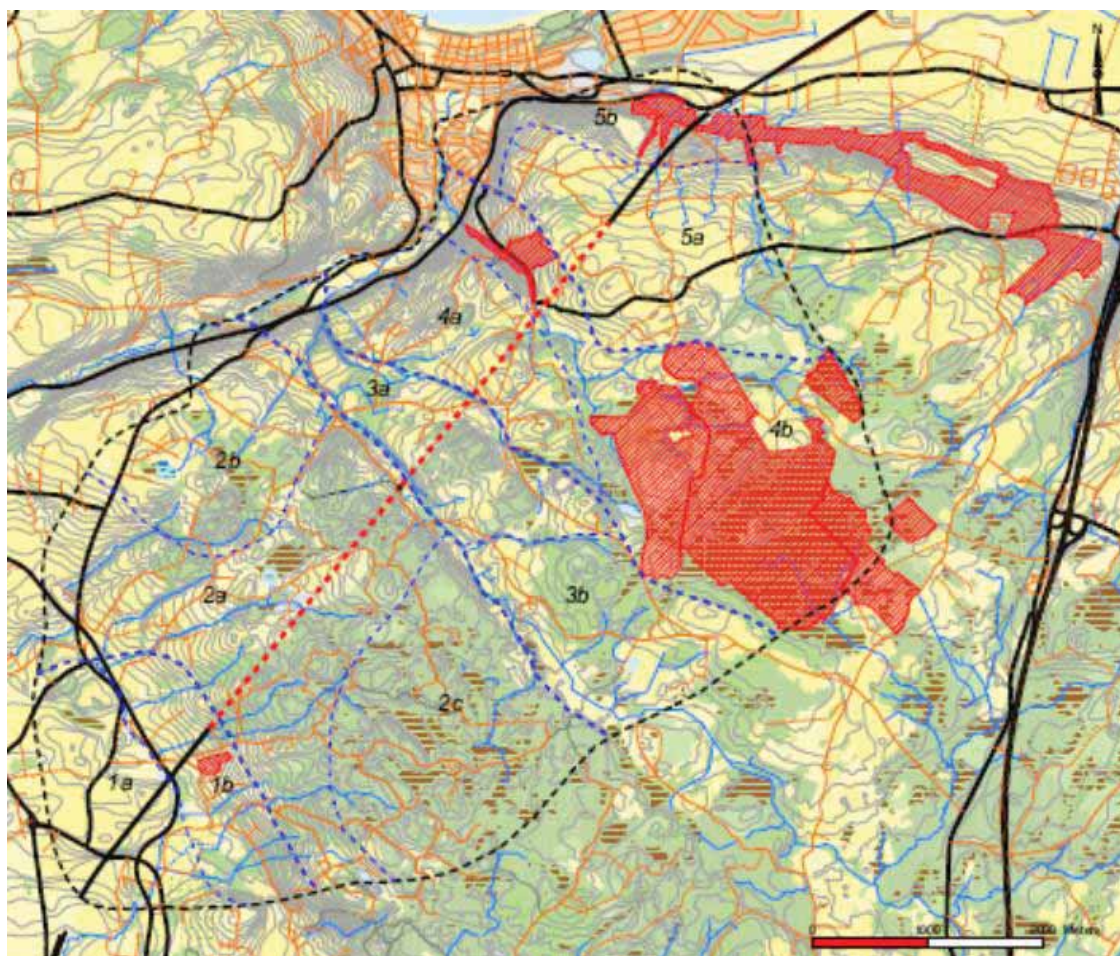
Sedan tunneldrivningens omstart 2005 har Trafikverket (före detta Banverket) årligen lämnat in en rapport till Länsstyrelsen med prognos för grundvattenavsänkning och en handlingsplan för skyddsåtgärder i uttorkningskänsliga biotoper. Rapporterna har till stor del tagits fram av Ekologgruppen i Landskrona AB och Trafikverket.

Trafikverket har i det praktiska arbetet fått hjälp av lokala entreprenörer och konsulter. Det är viktigt att ha engagerade lokala företag som snabbt kan rycka in när olika problem uppstår.

11.2 Programområdets omfattning och genomförande

Utförandeplanen som sändes till Länsstyrelsen 2005 låg som grund för hur grundvattenpåverkan och planerade skyddsåtgärder skulle hanteras och redovisas. En karta togs fram som visar hur influensområdet delades in i olika delområden (figur 17). Delområdena valdes utifrån kunskaper och erfarenheter som fanns om områdets geografi, geologi, hydrologi och naturvärden. I kartan var dessutom Natura 2000-områden markerade. Varje delområde beskrevs med avseende på vilka skyddsvärda naturområden som fanns och när i tiden grundvattnet i området riskerade att påverkas.

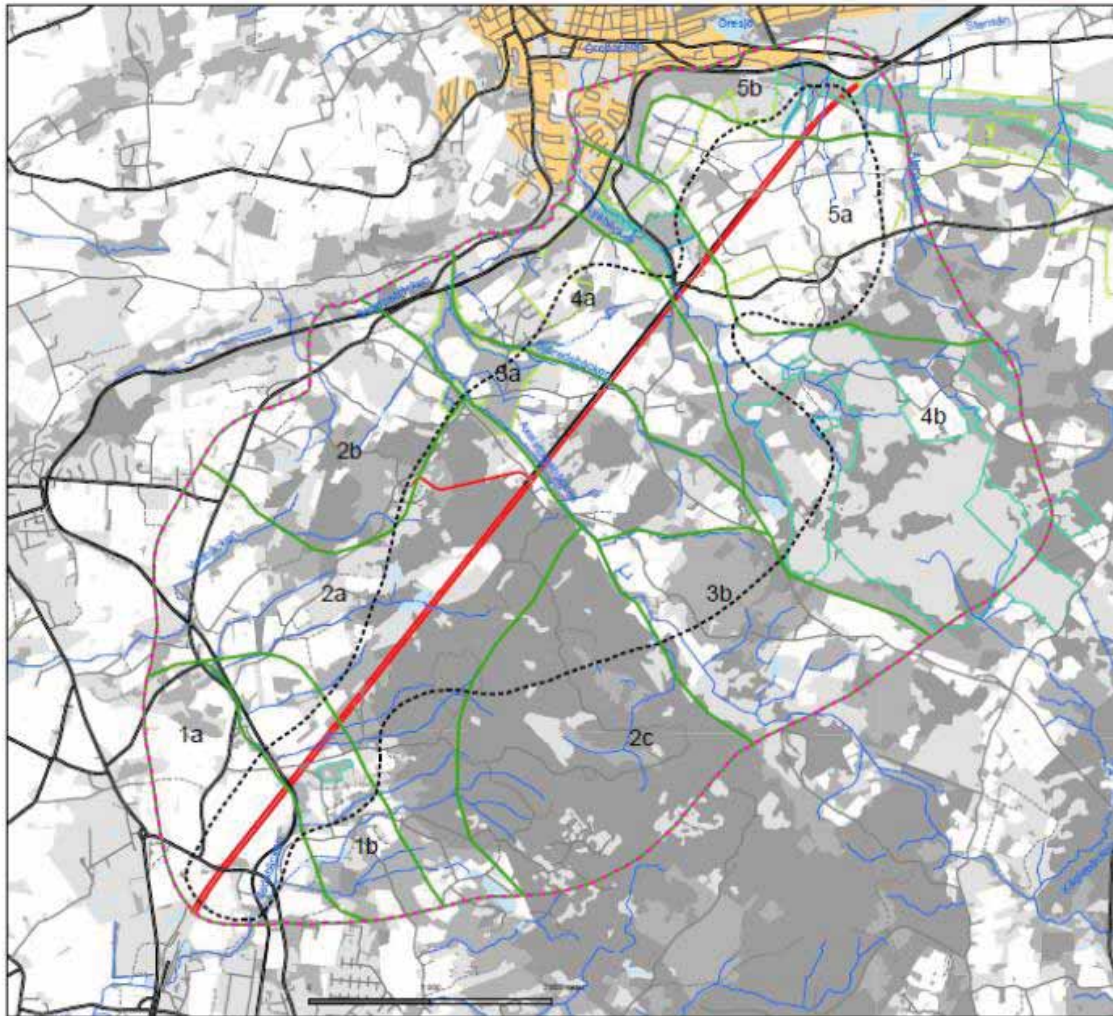
Inför varje växtsäsong gjordes en prognos för vilka delområden som riskerade att beröras av tunneldrivningen och andra verksamheter som kunde påverka grundvattennivåerna. Grundvattenprognosen (se exempel i figur 18) låg sedan till grund för vilka skyddsvärda objekt som skulle ingå i den årliga handlingsplanen. Grundvattenprognosen byggde på tidigare erfarenheter och kontinuerliga grundvattenmätningar som utförts i området. Vid behov utfördes även kompletterande kontroller.



Figur 17. Indelning av delområden, blåstreckade linjer. Natura 2000-områden rödfärgade.

I god tid innan växtsäsongen inleddes påbörjades framtagningen av handlingsplanen. Utifrån framtagna prognoser för delområden som riskerade att påverkas, gjordes ett urval av skyddsvärda objekt. Till hjälp fanns framtagna bedömningsunderlag, uppställda urvalskriterier och tidigare identifierade vegetationstyper inom området som var känsliga för en grundvattensänkning.

Varje enskilt objekt som valdes ut beskrevs utförligt och risken för påverkan bedömdes. Därefter beskrevs lämplig skyddsåtgärd för objektet. Om bevattningsåtgärder förbereddes var det viktigt att hitta en lämplig källa för vattenuttaget. Vattenkvaliteten måste vara anpassad till bevattningsobjektet och tillräcklig mängd måste finnas tillgänglig.



Figur 18. Exempel på prognos för grundvattenavsänkning i berg, 2011, svart prickad linje.

Ett värdefullt underlag för identifiering av uttorkningskänsliga områden var den kartering av vegetationstyper som utfördes av Lars-Erik Williams m fl (slutrapport 1998). Denna kartering har sedermera kompletterats av Stefan Andersson, Skogsstyrelsen. Resultaten av vegetationskarteringarna har digitaliserats av Trafikverket.

Utöver de karterade vegetationstyperna, har som underlag använts Trafikverkets digitaliserade information om ytvatten (vattendrag och dammar) för Hallandsås, vilket jämfört med Lantmäteriverkets kartor har en högre detaljeringsnivå. Även Trafikverkets inventerade källobjekt (ca 350 stycken källsprång, mindre bäckflöden, mindre våtmarker och lokala utströmningsområden) har ingått i bedömningsunderlaget.

Natura 2000-områden, områden med naturvårdsförordnanden samt områden som klassats som nyckelbiotoper av Skogsstyrelsen har också ingått i kartunderlaget. Uppgifter om jordarter och jorddjup (SGU och Banverket) har vägts in vid bedömning av påverkansrisk för enskilda objekt.

I händelse av att från naturvårdssynpunkt värdefulla och uttorkningskänsliga områden skulle påverkas av sänkt grundvattennivå stod det klart att det inte var möjligt att kompensera för detta annat än i begränsad omfattning i vissa utvalda områden. Problemet var att det i normalfallet ej var rimligt att tillföra så pass mycket vatten att grundvattennivån kunde upprätthållas. Eftersom det i hög grad handlade om att skydda områden med särskilda naturvårdsvärden fanns också risker med att tillföra stora vattenmängder, eftersom det var svårt att säkerställa att vattenkvaliteten blev den rätta.

Med beaktande av redovisad problematik bedömdes att återföring av vatten och andra skyddsåtgärder endast skulle vara aktuellt i områden med särskilda värden och naturförhållanden.

Urval av objekt gjordes med beaktande av ett antal faktorer och uppgifter. Motiven och angelägenhetsgraden för skyddsåtgärder i form av vattentillförsel bedömdes öka när ett uttorkningskänsligt område/objekt

- har dokumenterat höga naturvärden
- omfattas av naturvårdsförordnanden, skydd
- har hög påverkansrisk (påverkan under vegetationsperioden, tydlig hydrologisk kommunikation mellan grundvattnet i berg och ytvattnet)
- tidigare ej dokumenterats vara uttorkat
- utgörs av en öppenmarksbiotop, där uttorkningskänsligheten generellt bedöms vara större än i skogsbiotoper.

Baserat på befintligt vegetationskarteringsmaterial gjordes ett urval av vegetationstyper som förekommer inom berörda områden och som bedöms vara känsliga för sänkning av grundvattennivån. De vegetationstyper som sorterades ut var:

- tuvtåteläng
- gräs-lågstarräng
- fastmatte-fattigkärr
- mjukmatte-fattigkärr
- sumpgranskog
- sumpbjörkskog
- askskog
- sumpalskog.

11.3 Utvärdering av programområde

Framtagna prognoser och handlingsplaner bedöms ha fungerat väl som underlag för beredskap och genomförande. Länsstyrelsen har fortlöpande informerats om grundvattensituationen och tillståndet i utvalda skyddsobjekt. Utförda skyddsåtgärder bedöms överlag ha varit lyckosamma och skadlig påverkan på de utvalda skyddsobjekten har kunnat begränsas eller undvikas. Insatserna har varit koncentrerade till de allra uttorkningskänsliga och mest skyddsvärda platserna. Denna prioritering visade sig vara helt rätt nivå på insatserna.

Bilaga C

Kompletterande beskrivningar

C1 VATTENKEMI: ANALYSERADE PARAMETRAR

C2 NATUR: GENOMFÖRDA INVENTERINGAR

C3 FISK I VATTENDRAG: GENOMFÖRDA ELFISKEUNDERSÖKNINGAR

C4 BOTTENFAUNA I VATTENDRAG: GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

Vattenkemi

Analyserade parametrar

Parameter	Metod	Rapporteringsgräns			
			Ytvatten (R2)	Recipientvatten (R1)	Grundvatten (G1)
Turbiditet	SS-EN 7027 utg 3	0,1 FNU	X	X	X
Susp. ämnen	SS-EN 872 mod	5,0 mg/l		X	
Färg	SS-EN ISO 7887:2014C mod	5 mg/l Pt	X	X	X
Konduktivitet	SS-EN 27888-1	1 ms/m	X	X	X
pH	SS-EN 10523:2012	2-11	X	X	X
HCO ₃ (alkalinitet)	SS-EN 9963-2 utg 1	1 mg/l	X	X	X
NH ₄ -N	SS-EN ISO 11732 mod	0,01 mg/l	X	X	X
NO ₂ -N	SS-EN ISO 13395 mod	0,001 mg/l	X	X	X
PO ₄ -P	SS-EN ISO 6878:2005 mod	0,002 mg/l	X	X	X
NO ₃ -N	SS-EN ISO 13395 mod	0,1 mg/l	X	X	X
Fluorid	SS-EN ISO 10304-1:2009	0,1 mg/l	X	X	X
Klorid	SS-EN ISO 10304-1:2009	2 mg/l	X	X	X
Sulfat	SS-EN ISO 10304-1:2009	2 mg/l	X	X	X
Ca	SS-EN ISO 11885-2: 2009	0,05 mg/l	X	X	X
Mg	SS-EN ISO 11885-2: 2009	0,1 mg/l	X	X	X
Na	SS-EN ISO 11885-2: 2009	0,1 mg/l	X	X	X
K	SS-EN ISO 11885-2: 2009	2 mg/l	X	X	X
Cu	SS-EN ISO 11885-2: 2009	0,02 mg/l	X	X	X
Fe	SS-EN ISO 11885-2: 2009	0,05 mg/l	X	X	X
Mn	SS-EN ISO 11885-2: 2009	0,02 mg/l	X	X	X
Al	SS-EN ISO 17294-2:2005	5 µg/l		X	X
As	SS-EN ISO 17294-2:2005	0,1 µg/l		X	X
Pb	SS-EN ISO 17294-2:2005	0,1 µg/l		X	X
Cd	SS-EN ISO 17294-2:2005	0,05 µg/l		X	X
Cr	SS-EN ISO 17294-2:2005	0,2 µg/l		X	X
Ni	SS-EN ISO 17294-2:2005	0,1 µg/l		X	X
Zn	SS-EN ISO 17294-2:2005	5 µg/l		X	X
TOC	SS-EN 1484 utg 1	1 mg/l	X	X	X
COD-Mn	f.d. SS 028118-1	1 mg/l	X	X	X
Opolära alifater	SS 028145 mod (perklor)	1 mg/l		X	X
Hg	SS-EN 1483:2007	0,1 mg/l		X	X
P	SS-EN ISO 15681-2:2005	0,005 mg/l	X	X	
N	SS-EN ISO 12260:2004	0,1 mg/l	X	X	
Hårdhet (beräknat)	beräknad		X	X	X
Microtox					X
Natriumpyrition					X

	Delprov för metallanalys filtreras i fält.
	Villkorsbelagd parameter.
	Rapporterade i årsrapportför det ekologiska kontrollprogrammet

Natur

Genomförda inventeringar

K = kärlväxter, M = Mossor, B = mollusker (Blötdjur)

Lokaler med fasta provtytor

Lokal	Beteckn	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Slottet*	N01	K, M, B	-	-	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	-	-	K, M, B	K, M, B	K, M, B	-	K, M, B	K, M, B	K, M, B
Severtorp	N02	K, M, B	K, M, B	-	K, M, B	-	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B
Bjared	N03	K, M, B	K, M, B	-	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B
Ledtorpet**	N04	K, M,	K, M, B	-	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B
Killeröd	N05	K, M, B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Axelstorp	N06	K, M, B	K,	B	-	-	K, M, B	-	-	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M,	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B
Lyadalen	N07	K, M, B	K, M, B	-	K, M, B	K, M, B	-	K, M, B	-	-	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B
Hemmeslöv	N08	K, M, B	K,	B	K,	B	K,	B	K,	B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B
Älbacken	N09	K, M, B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tvehöga	N10	K, M, B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dalhuset	N11	-	K, M, B	-	K, M, B	-	K, M, B	-	K, M, B	-	K, M, B	-	K, M, B	-	K, M, B	-	K, M, B	K, M, B
Hulrugerød	N12	-	K, M, B	-	K, M, B	-	K, M, B	-	K, M, B	-	K, M, B	-	K, M, B	-	K, M, B	-	K, M, B	K, M, B
Bösketorp	N13	-	-	-	K, M, B	-	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B	K, M, B

* K och B även 1998, ** B även 1998

Tilläggslokaler, översiktligt inventerade, endast kärlväxter (K) och mossor (M). Start 2007

Lokal	Beteckn	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Fältans kors	1									K, M	K, M	-	-	-	-	-	-	-
Ö tunneln	2									K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M
Severtorp	3									K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M
Alskog	3b									K	K	-	-	-	-	-	-	-
Kärr under f d kraftledn	4									K	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M
Kärr V tunneln	5									-	M	-	-	-	-	-	-	-
Bjared-Atteköp	7									-	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M
Kärr över tunnel	8									-	K, M	-	-	-	-	-	-	-
Bjaredsmosse	9									-	K, M	-	-	-	-	-	-	-
Korup	10									-	-	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M
Ledtorpet	11									-	-	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M
Rörnaden	12									-	-	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M
Lyadalen	13									-	-	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M	K, M

Fisk i vattendrag

Genomförda elfiskeundersökningar

Vattendrag	Lokalnamn	Lokal, beteckning	Datum									
Möllebäcken	Ranarpsmölle	EF_1-24	2006-10-10	2007-10-05	2008-10-07	2009-10-10	2010-10-11	2011-10-21	2012-10-08	2013-10-03	2014-09-29	
Vadebäcken	Vistorp	EF_1-06	1995-11-29	1997-09-21	2000-09-26	2001-11-14	2002-10-15	2003-09-16	2004-09-16	2005-10-14	2006-10-10	
Vadebäcken	Killeröd	EF_1-09	2007-10-10	2008-10-14	2009-10-13	2010-10-12	2011-10-21	2012-10-08	2013-10-03	2014-09-29	2015-09-23	
Vadbäcken			2000-09-26	2001-11-14	2002-10-15	2003-09-16	2004-09-16	2005-10-13	2006-10-09	2007-10-05	2008-10-07	
Vadbäcken	Ängelbäcksstrand	EF_2-02	2009-10-08	2010-10-12	2011-10-15	2012-10-08	2013-10-01	2014-09-29	2015-09-24			
Vadbäcken			1994-09-07	1997-10-13	2002-10-15	2003-09-16	2004-09-16	2005-10-13	2006-10-10	2007-10-05	2008-10-07	
Vadbäcken	Kvinnaböske	EF_2-09	2009-10-10	2010-10-11	2011-10-21	2012-10-02	2013-10-01	2014-09-29	2015-09-21			
Vadbäcken			2005-10-13	2006-10-10	2007-10-05	2008-10-07	2009-10-13	2010-10-11	2011-10-21	2012-10-02	2013-10-04	
Vadbäcken	Lilla Lund	EF_2-07	2014-09-29	2015-09-23								
Mytebäck	O Ramnsjöstrand	EF_4-01	1999-10-14	2000-11-11	2001-11-14	2002-10-15	2003-09-16	2004-09-16				
Stensån	Hemmeslöv	EF_3-01	1995-09-18	2004-09-28	2007-10-02	2010-10-11	2013-10-01	2015-09-21				
Örebäcken	Malen	EF_3-29	1992-10-19	1995-09-02	1997-08-17	2000-09-26	2002-10-07	2003-09-18	2004-10-15			
Örebäcken	Öleborg	EF_3-25	2003-07-23	2003-08-03	2003-11-04	2004-09-22	2007-10-02	2008-10-14				
Örebäcken			2001-11-17	2002-10-07	2003-07-23	2003-08-13	2003-09-18	2004-09-22	2005-10-17	2006-10-11	2007-10-02	
Örebäcken	Dala, ned bron	EF_3-06	2008-10-10	2009-10-11	2010-10-12	2011-10-16	2012-10-08	2013-10-03	2014-10-05	2015-09-22		
Åxelstorpsbäcken	Åxelstorpskorset	EF_3-35	2000-10-10	2002-10-07	2004-09-22	2005-10-17	2006-10-11	2008-10-11	2010-10-12	2012-09-28	2014-10-05	
Åxelstorpsbäcken	Salomonhög nedre	EF_3-33	2004-10-12	2005-10-16								
			2003-09-18	2004-09-17	2005-08-18	2005-10-17	2006-10-11	2007-10-10	2008-10-14	2009-10-13	2010-10-15	
Åxelstorpsbäcken			2011-10-16	2012-10-07	2013-10-04	2014-10-04	2015-09-25					
Åxelstorpsbäcken	Upp överledning	EF_3-39	2005-08-18	2005-10-17	2006-10-11	2007-10-10	2008-10-14	2009-10-13	2010-10-15	2011-10-16	2012-10-07	
Åxelstorpsbäcken			2013-10-04	2014-10-04	2015-09-25							
Åxelstorpsbäcken	Salomonhög övre	EF_3-08	2000-10-10	2002-10-07	2003-09-18	2004-09-17	2005-10-16	2006-10-09	2007-10-10	2008-10-11	2009-10-11	
Åxelstorpsbäcken			2010-10-13	2011-10-16	2012-10-07	2013-10-04	2014-10-04	2015-09-25				
Åxelstorpsbäcken	Salomonhög övre, upp bron	EF_3-38	2005-08-18									
Åxelstorpsbäcken	SV Bränneslätt	EF_3-40	2008-10-19									
Åxelstorpsbäcken	Bjåredsäcken	EF_3-16	2000-11-05	2004-10-12	2008-10-19							
Lyabäcken	Ned järnvägsbron	EF_3-30	2003-07-23	2003-08-13	2003-11-04	2004-09-21	2005-10-14	2010-10-13	2013-10-04	2014-10-05	2015-09-24	
Lyabäcken	Varegårdsbron	EF_3-31	2003-07-23	2003-08-13	2003-11-04	2004-09-21	2005-10-14	2006-10-09	2007-10-03	2008-10-07	2009-10-10	
			2010-10-13	2011-10-15	2012-09-28	2013-09-29	2015-09-22					
Lyabäcken	Lya nedre	EF_3-11	2000-10-10	2001-11-17	2002-10-07	2003-07-23	2003-08-13	2003-09-18	2004-09-17	2005-10-14	2006-10-09	
			2007-10-03	2008-10-10	2009-10-10	2010-10-13	2011-10-15	2012-09-28	2013-09-29	2014-09-30	2015-09-22	
Lyabäcken	Upp Böskebron	EF_3-37	2003-07-23	2003-08-13	2003-11-04	2004-09-21	2005-10-16	2006-10-09	2007-10-03	2008-10-10	2009-10-10	
			2010-10-13	2011-10-15	2012-09-28	2013-09-20	2014-09-30	2015-09-22				
Lyabäcken	Ledtorpet	EF_3-12	2000-11-15	2008-10-19	2009-10-10	2010-10-13	2011-10-15	2012-10-08	2013-09-29	2014-09-30	2015-09-22	
Sinärpsbäcken	Sinarp, Dala	EF_3-36	2004-10-12	2005-10-16	2007-10-03	2009-10-11	2011-10-21	2013-10-01	2015-09-23			
Östra Karupsbäcken	Östra Karup	EF_3-34	2004-09-28	2007-10-02	2010-10-11	2013-10-01	2015-09-24					

Bottenfauna i vattendrag

Genomförda undersökningar

Lokaler, standardiserad semikvantitativ provtagning

Vattendrag	Beteckn	RT 90		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
		Koord X	Koord Y													
Vadebäcken	Mölle1	6253512	1315220	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vadebäcken	Mölle2	6251680	1314440	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vadebäcken	Mölle3	6251642	1313929	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	x
Krogstorsbäcken	Mölle4	6254465	1314818	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
Böskestorsbäcken*	Mölle6	6254487	1315340	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	x
Killerödsbäcken	Mölle8	6253467	1315277	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	x
Vadbäcken	Vad1	6255288	1315695	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-
Vadbäcken	Vad2*	6254115	1311890	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vadbäcken	Vad5**	6254892	1314425	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	x
Axelstorsbäcken	Axel2	6256013	1317367	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	x
Axelstorsbäcken	Axel4	6256118	1317272	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-
Axelstorsbäcken	Axel8	6257178	1316692	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	x
Axelstorsbäcken	Axel10	6257253	1316697	+ (sep)												
Bjäredsäcken	AxelBi1	6257178	1316712	+ (sep)												
Bjäredsäcken	Bjäred2D	6256671	1317774	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Lyabäcken	Lya1	6256737	1319138	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-
Lyabäcken	Lya2	6257344	1318560	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lyabäcken	Lya4	6257402	1318515	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	x
Lyabäcken	Lya6	6257774	1318300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	x
Lyabäcken	Lya8	6258200	1317790	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
Örebäcken	Öre2	6258066	1317601													
Örebäcken	Öre4	6258834	1317660	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	x
Stensån	Sten1***	6259210	1320260													
Stensån	Sten2B****	6259355	1319330													
Stensån	Sten2	6259414	1319120	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	x
Stensån	Sten4	6259554	1319140	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Vad2, uppströms fiskodling vid Ängelsbäck, undersöktes 1997 och 1998, ** även 1997 och 1998

*** 1997 samt av VBB översiktligt 1992 (lokalnamn Stensån 2), **** 1997, 1998 (översiktligt), samt av VBB översiktligt 1992 (lokalnamn Stensån 4)

Samtliga undersökningar utom Stensån 1992 (VBB) har utförts av Ekologgruppen i Landskrona AB

Bilaga C4

Lokaler, standardiserad semikvantitativ provtagning

RT 90																
Vattendrag	Beteckn	Koord X	Koord Y	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Vadebäcken	Mölle1	6253512	1315220	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vadebäcken	Mölle2	6251680	1314440	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vadebäcken	Mölle3	6251642	1313929	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	x
Krogstorpsbäcken	Mölle4	6254465	1314818	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
Böskestorpsbäcken*	Mölle6	6254487	1315340	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	x
Killerödsbäcken	Mölle8	6253467	1315277	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	x
Vadbäcken	Vad1	6255288	1315695	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-
Vadbäcken	Vad2*	6254115	1311890	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vadbäcken	Vad5**	6254892	1314425	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	x
Axelstorpsbäcken	Axel2	6256013	1317367	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	x
Axelstorpsbäcken	Axel4	6256118	1317272	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-
Axelstorpsbäcken	Axel8	6257178	1316692	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	x
Axelstorpsbäcken	Axel10	6257253	1316697	+ (sep)												
Bjäredsäcken	AxelBi1	6257178	1316712	+ (sep)												
Bjäredsäcken	Bjäred2D	6256671	1317774	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Lyabäcken	Lya1	6256737	1319138	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-
Lyabäcken	Lya2	6257344	1318560	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lyabäcken	Lya4	6257402	1318515	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	x
Lyabäcken	Lya6	6257774	1318300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	x
Lyabäcken	Lya8	6258200	1317790	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
Örebäcken	Öre2	6258066	1317601													
Örebäcken	Öre4	6258834	1317660	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	x
Stensån	Sten1***	6259210	1320260													
Stensån	Sten2B****	6259355	1319330													
Stensån	Sten2	6259414	1319120	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	x
Stensån	Sten4	6259554	1319140	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Vad2, uppströms fiskodling vid Ängelsbäck, undersöktes 1997 och 1998, ** även 1997 och 1998

*** 1997 samt av VBB översiktligt 1992 (lokalnamn Stensån 2), **** 1997, 1998 (översiktligt), samt av VBB översiktligt 1992 (lokalnamn Stensån 4)

Samtliga undersökningar utom Stensån 1992 (VBB) har utförts av Ekologgruppen i Landskrona AB

Bilaga D

Hydrologiska förhållanden och resultat

D1 NEDERBÖRD

D2 VATTENFÖRING

Nederbörd

Årsvisa nederbördsmätningar. Nederbördsmängden anges i mm.

År	Norrlycke SMHI 5	Severtorp SMHI 4	Bjäred SMHI 3	Lya SMHI 2	Baramossa SMHI 1	Normal Baramossa
2000	778	838	932	931	1172	972
2001	708	762	878	864	1120	972
2002	962	1081	1159	1198	1547	972
2003	762	847	909	834	1211	972
2004	941	1008	1057	980	1440	972
2005	652	729	832	843	1209	972
2006	874	899	1033	997	1329	972
2007	1047	1121	1305	1361	1725	972
2008	930	922	1130	1142	1419	972
2009	765	721	864	874	1006	972
2010	812	795	937	924	1098	972
2011		863		836	1327	972
2012		868		1080	1453	972
2013		760		885	1078	972
2014		1004		1023	1280	972
2015		1037			1347	972

Bäckflöden

Årsvisa vattenföringsparametrar från manuella mätningar. Vattenföringen anges i l/s.

	Qo1			Qo6			Qo7		
	LLq	HHq	Mq	LLq	HHq	Mq	LLq	HHq	Mq
2001	0,0	110	26	0,0	35	11	0,0	5,0	0,3
2002	1,0	185	52	1,0	73	18	0,0	19	2,7
2003	1,0	163	27	1,0	52	11	0,0	12	0,7
2004	1,0	509	62	1,0	107	19	0,0	30	2,2
2005	0,3	238	32	1,0	70	10	0,0	12	0,8
2006	0,5	280	33	0,1	193	17	0,0	112	5,2
2007	5,3	390	65	0,8	105	21	0,0	33	4,7
2008	0,6	205	52	0,3	61	18	0,0	60	5,6
2009	0,3	88	19	0,3	33	7,9	0,0	51	2,8
2010	1,0	137	32	0,4	47	12	0,0	9,2	1,4
2011	3,1	222	43	0,8	98	15	0,0	25	2,7
2012	3,5	129	40	1,0	49	14	0,0	16	3,3
2013	1,5	162	34	0,7	34	8,8	0,0	12	1,7
2014	1,4	176	39	0,2	54	12	0,0	25	3,9
2015	5,0	234	48	1,4	41	10	0,6	16	5,2

	Qo2			Qo9			Qo8		
	LLq	HHq	Mq	LLq	HHq	Mq	LLq	HHq	Mq
2001	4,0	204	56	3,0	171	45	2,0	209	40
2002	8,0	344	110	4,0	272	87	2,0	270	72
2003	6,0	292	57	3,0	218	50	2,0	237	41
2004	8,0	902	128	3,0	730	91	2,0	~600	75
2005	3,0	445	58	0,3	316	46	0,2	261	40
2006	2,7	728	70	0,5	466	53	0,2	~300	35
2007	12	660	119	2,9	660	111	5,0	400	83
2008	4,6	363	89	0,6	371	84	0,7	332	78
2009	1,0	212	18	0,1	150	16	0,2	148	16
2010	2,9	152	35	2,0	178	33	0,3	206	36
2011	8,0	628	83	6,3	308	62	3,3	223	44
2012	4,8	212	61	3,8	170	52	2,9	219	50
2013	1,6	341	51	0,6	246	40	0,1	273	47
2014	5,1	379	82	3,6	258	57	0,4	274	54
2015	8,2	480	92	5,1	397	76	1,9	300	62

Bilaga D2

	Q03			Q10			Q12			Q15		
	LLq	HHq	Mq	LLq	HHq	Mq	LLq	HHq	Mq	LLq	HHq	Mq
2001	23	501	151	3,0	72	21	24	486	127	0,0	7,0	2,2
2002	28	773	269	1,0	104	31	3,0	753	212	0,0	15	3,4
2003	25	552	141	0,2	91	19	14	521	132	0,002	9,0	2,1
2004	20	1500	246	0,0	380	45	20	1200	213	0,0	30	4,6
2005	23	599	137	0,2	95	17	8,0	472	115	0,0	8,0	1,7
2006	14	863	167	0,01	83	19	6,0	566	130	0,0	9,5	2,4
2007	40	1060	266	3,3	161	36	28	960	240	0,2	25	4,2
2008	8,5	773	197	0,0	96	24	7,5	803	152	0,0	11	3,2
2009	13	348	95	0,0	38	8,6	12	339	95	0,0	5,3	1,1
2010	17	496	145	0,0	83	16	9,2	492	125	0,0	18	2,4
2011	31	803	223	0,9	95	25	26	781	191	0,08	14	2,8
2012	16	586	186	0,0	77	17	16	530	160	0,0	7,3	2,3
2013	31	727	190	0,0	188	20	12	682	165	0,0	8,8	2,1
2014	20	770	196	0,04	91	17	13	658	148	0,0	9,7	2,1
2015	-	-	-	0,79	87	24	16	1000	229	0,01	4,0	1,6

	Q04			Q14			Q13			Q05		
	LLq	HHq	Mq	LLq	HHq	Mq	LLq	HHq	Mq	LLq	HHq	Mq
2001	1,0	198	68	1,0	32	16	2,0	165	51	5,0	128	38
2002	9,0	354	117	1,0	100	13	6,0	357	107	7,0	520	88
2003	9,0	256	63	0,01	60	14	7,0	279	58	8,0	130	39
2004	1,0	858	141	0,0	140	19	6,0	712	132	10	400	77
2005	3,0	325	62	0,1	32	8,5	4,0	282	50	6,0	159	37
2006	1,1	588	76	0,1	35	9,8	0,05	422	56	4,0	211	43
2007	11	492	104	0,5	160	14	3,3	466	68	11	263	69
2008	5,5	292	96	1,0	41	17	3,4	206	62	7,0	188	60
2009	4,5	262	52	0,5	40	11	3,6	182	42	6,0	96	32
2010	4,5	267	71	1,0	32	15	2,5	277	57	5,2	183	40
2011	6,2	457	83	1,0	90	13	8,3	451	57	10	400	63
2012	9,9	285	85	2,6	60	18	13	237	66	7,3	158	51
2013	6,9	331	74	1,7	60	16	3,7	278	56	6,2	400	56
2014	3,6	348	70	1,0	40	16	4,3	326	65	6,0	186	42
2015	2,7	961	145	2,9	130	26	4,9	670	101	8,4	350	66

	Q11		
	LLq	HHq	Mq
2001	34	96	58
2002	21	146	75
2003	~12	~82	~60
2004	10	170	61
2005	0,1	92	29
2006	2,7	150	32
2007	3,1	73	20
2008	1,8	36	14
2009	3,7	21	9,5
2010	6,0	47	17
2011	6,9	56	22



Trafikverket, Box 366, 201 23 Malmö. Besöksadress: Gibraltargatan 7, 211 18 Malmö.

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 99 97