

# Ostlänken – Långsjön-Sillekrog

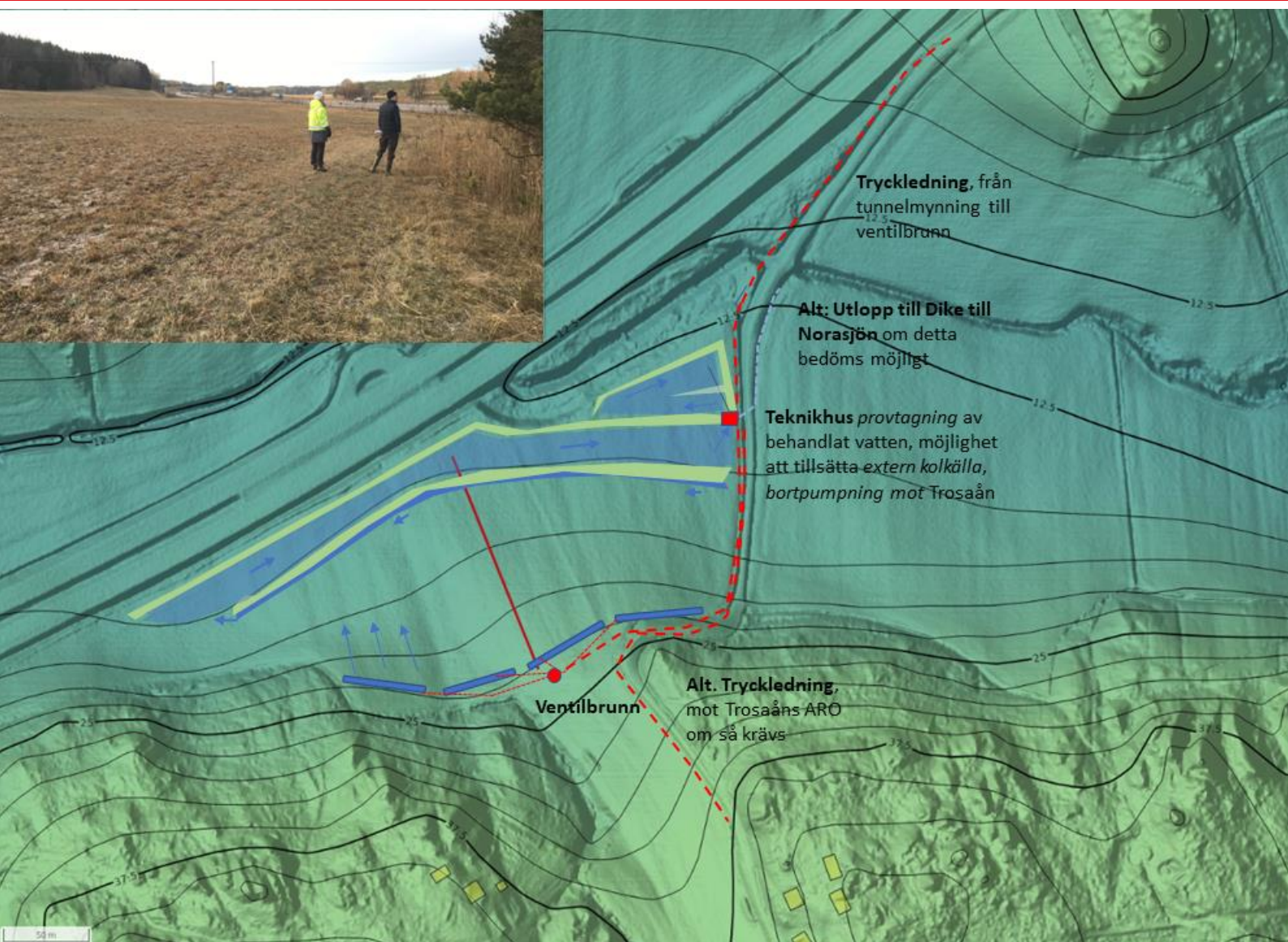
## Hantering av länshållningsvatten från Tullgarnstunneln

Södertälje kommun, Stockholms län

Trosa kommun, Nyköpings kommun, Södermanlands län

Bilaga D.5 till MKB för ansökan om tillstånd

2023-08-31



Dokumenttitel: Hantering av länshållningsvatten från Tullgarnstunneln

Skapat av: Peter Ridderstolpe och Daniel Stråe WRS AB

Dokumentdatum: 2023-08-31

Dokumenttyp: PM

DokumentID: OLP4-04-025-42000-0\_0-0060

Ärendenummer: TRV 2019/65712

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Anna Roxell, Linda Abrahamsson

Uppdragsansvarig: Linda Abrahamsson

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

# Innehåll

Sammanfattning .....	5
1 Inledning .....	7
1.1 Syfte .....	7
2 Metod.....	8
2.1 Metod för kostnadsuppskattning .....	8
3 Förutsättningar.....	9
3.1 Tullgarnstunneln inklusive Edebytunnlarna.....	9
3.2 Länshållningsvatten.....	10
3.3 Mängder och halter av kväve i länshållningsvattnet .....	11
3.4 Teknik för behandling av länshållningsvatten .....	13
3.4.1 Beskrivning av föreslagen teknik.....	13
3.5 Trafikverkets fastigheter.....	15
3.6 Ytvattenrecipenter .....	16
3.6.1 Trosaån och Trosafjärden .....	16
3.6.2 Norasjön, Norasjöbäcken och Gälöfjärden.....	16
3.6.3 Sörsjön, Lillsjön, Kyrksjön och Åbyån Stavbofjärden .....	17
4 Kravspecifikation.....	18
4.1 Kommentarer till valda kriterier och mål.....	19
5 Identifierade alternativ.....	22
5.1 Alternativ 1 och 2 – behandling av allt länshållningsvatten vid Risevid .....	23
5.1.1 Dimensionering och bedömd rening .....	24
5.1.2 Anläggande, skötsel och avveckling.....	25
5.1.3 Kostnadsuppskattning alternativ 1 och 2 .....	25
5.2 Alternativ 3 och 4 – uppdelad behandling av länshållningsvatten vid respektive tunnelmynning .....	25
5.2.1 Behandling på Lindefältet – del av alternativ 3 och 4.....	25
5.2.2 Behandling vid Risevid – del av alternativ 3 och 4.....	28
6 Recipientalternativ vid behandling vid Risevid .....	30
6.1 Utsläpp till Trosaån .....	30
6.1.1 Flöden och belastningar.....	31
6.2 Utsläpp till Norasjön.....	31
6.2.1 Flöden och belastningar.....	31

6.2.2	Natura 2000 – skyddsvärda strandängar .....	32
6.2.3	Akvatisk fauna .....	33
6.2.4	Miljö kvalitetsnormer .....	34
6.2.5	Sammanfattning .....	35
7	Separat behandling av länshållningsvattnet för Edebytunnlarna.....	36
8	Avfärdade alternativ .....	37
9	Värdering av alternativ .....	38
10	Slutsatser .....	40
11	Kvarvarande utredningsbehov .....	41
12	Referenser.....	42

## **Bilagor**

Bilaga D.5.1 Förslagsskisser (OLP4-04-025-42000-0\_0-0061)

# Sammanfattning

Ostlänken är en 16 mil lång dubbelspårig järnväg som planeras mellan Järna och Linköping. Ostlänken passerar genom fem kommuner. Inom Södertälje och Trosa kommuner planerar Trafikverket för flera järnvägstunnlar varav den längsta, Tullgarnstunneln, är 3,5 kilometer lång. Under byggskedet kommer kväverikt länshållningsvatten bildas och för Tullgarnstunnelns del behöver vattnet renas. Tullgarnsområdet utgörs delvis av ett Natura 2000-område och tunnelsträckningen omgärdas av recipienter som i tidigare skeden bedömts vara känsliga eller olämpliga för ytterligare kvävebelastning.

Målsättningen med arbetet är att ge Trafikverket underlag för att besluta om vilket alternativ för behandling av länshållningsvattnet från Tullgarnstunneln (inklusive Edebytunnlarna) som är mest lämpligt utifrån samtliga relevanta aspekter och som därför ska beskrivas i ansökan om tillstånd till vattenverksamhet för grundvattenbortledning från Tullgarnstunneln.

Tunneldrivningen kommer att pågå under fyra år. Hur mycket kväve som tillförs länshållningsvattnet är avhängigt flera faktorer och bedömningen är därför behäftad med osäkerheter. Det mest förväntade utfallet (scenario 50/50) är att cirka 30 ton kväve kommer att tillföras länshållningsvattnet under de år tunneldrivningen pågår.

För att kunna avskilja kväve krävs både nitrifikation och denitrifikation. Den teknik som valts för att driva dessa processer är våtmarksteknik med pulsvis översilning för nitrifikation i kombination med kärr för denitrifikation.

Som stöd i valet av lokalisering och reningsåtgärder har en kravspecifikation tagits fram. Den utgår från miljöbalkens krav och uttrycker de kriterier och ambitioner som varit vägledande för Trafikverket i sökandet efter lösningar för hantering av länshållningsvattnet.

Efter sällning av en mängd alternativ har två platser utkristalliserats som särskilt lämpliga för behandling av länshållningsvattnet, nämligen Risevid 2:4, nära den södra tunnelmynningen (*Risevid*) och på fastigheten Edeby 1:41 (*Linddefältet*) nära norra tunnelmynningen. Fastigheten *Risevid* ägs av Trafikverket och markägaren till fastigheten vid *Linddefältet* har vid inledande dialog ställt sig positiv till åtgärder som föreslagits.

Fyra identifierade alternativ för behandling av länshållningsvatten har värderats enligt den uppsatta kravspecifikationen. Sammantaget samtliga aspekter förordas *alternativ 1, behandling av allt länshållningsvatten vid Risevid med utsläpp till Trosaån*. Den främsta anledningen är att utsläpp till Trosaån, som är en stor recipient, inte medför konflikt med miljökvalitetsnormen god ekologisk status med avseende på ammoniak. I MKB:n för järnvägsplan fastslogs att utsläpp inte står i konflikt med miljökvalitetsnormerna, även utan rening av vattnet.

Utifrån övriga aspekter av kravspecifikationen utfaller värderingen till fördel för *alternativ 4, behandling på Lindefältet med utsläpp till Lillsjön/Kyrksjön och behandling vid Risevid med utsläpp till Norasjön.*

# 1 Inledning

Ostlänken är en 16 mil dubbelspårig järnväg för snabba persontåg mellan Järna och Linköping. Delsträckan Långsjön–Sillekrog ansluter till Ostlänkens nordligaste del Gerstabergr–Långsjön strax söder om Kyrksjön.

På aktuell delsträcka planerar Trafikverket för en järnvägstunnel i Tullgarnsområdet. Under byggskedet kommer kväverikt länshållningsvatten hanteras och kvävemängderna i utsläppt vatten behöver begränsas. Tullgarnsområdet utgörs delvis av ett Natura 2000-område och tunnelsträckningen passerar avrinningsområden till flera mindre recipienter som i tidigare skeden bedömts vara känsliga eller olämpliga för ytterligare kvävebelastning. Detta eftersom de delvis omges av låglänta jordbruksområden och har höga kvävehalter.

WRS har av Trafikverket som underkonsult till AFRY/Tyréns fått i uppdrag att arbeta fram och värdera för- och nackdelar med lokala behandlings- och recipientalternativ och därefter ge förslag på platser och utformning av anläggningar för att begränsa kvävebelastningen från länshållningsvattnet från Tullgarnstunneln. Som en del i detta arbete har ingått att tillsammans med AFRY/Tyréns och inblandade underkonsulter i projektgruppen gå igenom antaganden och osäkerheter bakom de sedan tidigare framtagna planeringsförutsättningarna med avseende på vattenflöden och kvävemängder.

## 1.1 Syfte

Målsättningen med arbetet är att ge Trafikverket underlag för att besluta om vilket alternativ för behandling av länshållningsvattnet från Tullgarnstunneln (inklusive Edebytunnlarna) som är mest lämpligt utifrån samtliga relevanta aspekter och som därför ska beskrivas i ansökan om tillstånd till vattenverksamhet för grundvattenbortledning från Tullgarnstunneln.

## 2 Metod

Bedömningar av möjliga platser och teknik för hantering av länshållnings vatten har erhållits från redan framarbetat material av Trafikverket, kompletterat med information framtagen ur Scalgo Live samt andra tematiska uppgifter hämtade ur flygbilder, SGU m.fl. källor.

Två större arbetsmöten har genomförts. Det första mötet ägnades åt att gå igenom grundläggande förutsättningar, såsom underlagen för beräkning av länshållningsvattnets flöden och innehåll av kväve, beräkningar av utsläppsutrymme avseende bedömningsgrund för god ekologisk status avseende ammoniak mm. Vid det andra arbetsmötet diskuterades kriterier och ambitioner för val av lokalisering, behandling och bortledning samt en upprättad bruttolista på möjliga platser för hantering av länshållningsvattnet. Vid detta möte gjordes en sällning av alternativ. Kvarvarande alternativ har vidarebearbetats i syfte att säkerställa teknikens genomförbarhet och möjliggöra bedömning av reningseffekter och kostnader.

Förslagen har presenterats på ett formellt samrådsmöte den 2023-02-14, med representanter för berörda länsstyrelser och kommuner (länsstyrelserna i Stockholm och Sörmland samt kommunerna Södertälje och Trosa). Detta formella möte har följts upp med avstämningsmöten med bland annat ansvarig tjänsteman för Södertälje kommuns vattenstrategi och representanter för Trosa kommun. Utöver dessa möten har WRS även deltagit på möten med markägare.

### 2.1 Metod för kostnadsuppskattning

Alternativen har framarbetats med tillräcklig noggrannhet för att säkerställa genomförbarhet och grov uppskattning av kostnader. Följande schablonpriser har använts vid bedömning av investeringskostnader:

- Ledningar = 2000 kr/m (förutsätter ytlig schakt)
- Pumpstation/ventilhus med tillhörande styr- och regler = 500 000 kr
- Schakt/fyllning för anläggande av diken och vallar på lermark, 100 kr/m<sup>3</sup>
- Avveckling 150 000 kr

Till investeringskostnader har lagts byggherreomkostnader om 35 % och oförutsett om 20 %.

Årskostnader har beräknats som summan av löpande drift (energiförbrukning pumpar, tillsyn och skötsel) och avskrivning av kapital på 6 år med en räntesats om 4 %.

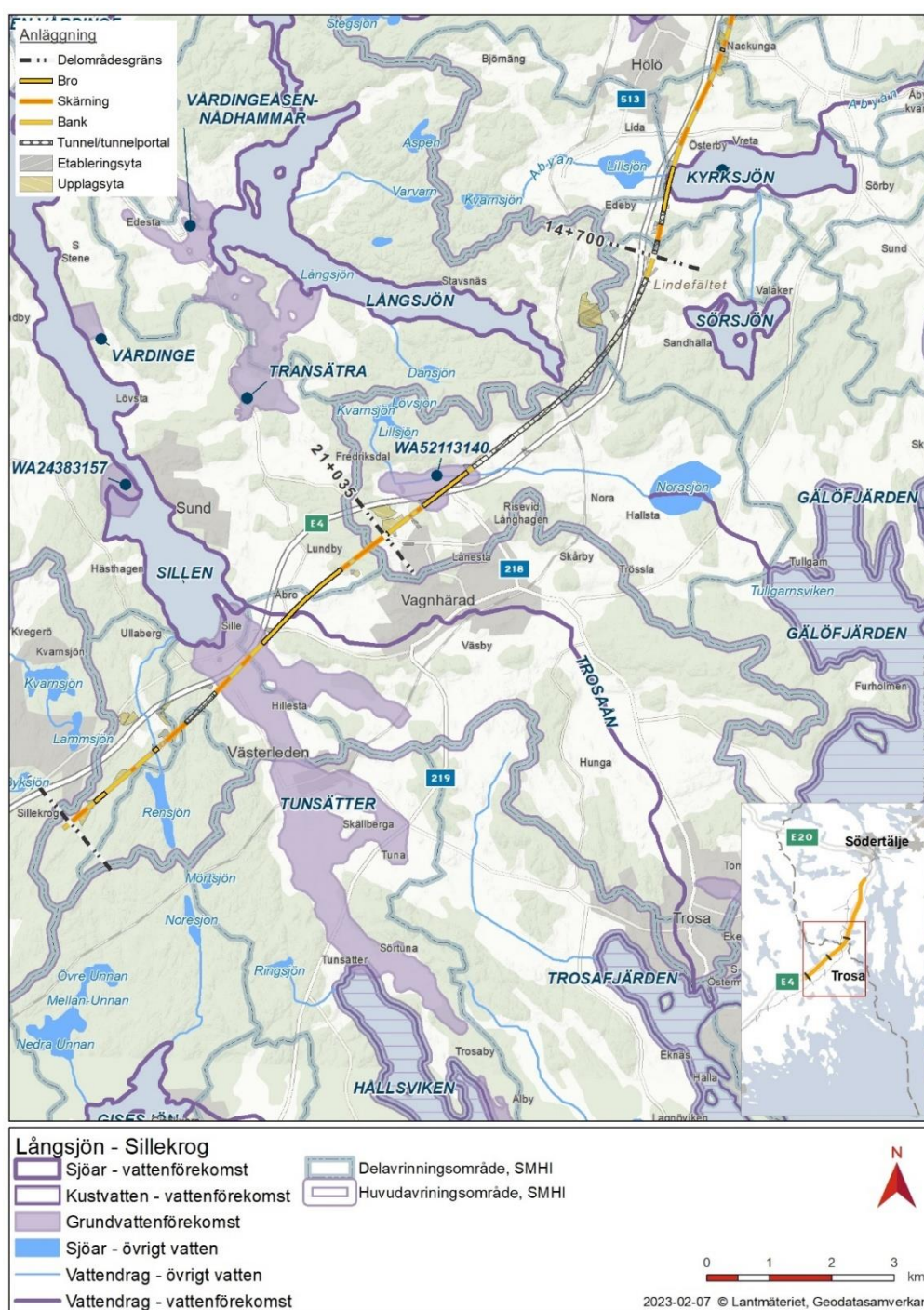
Kostnaden för kvävereduktion (kr/kg) beräknas genom att årskostnaden divideras med bedömd årlig avskiljning av kväve.



## 3 Förutsättningar

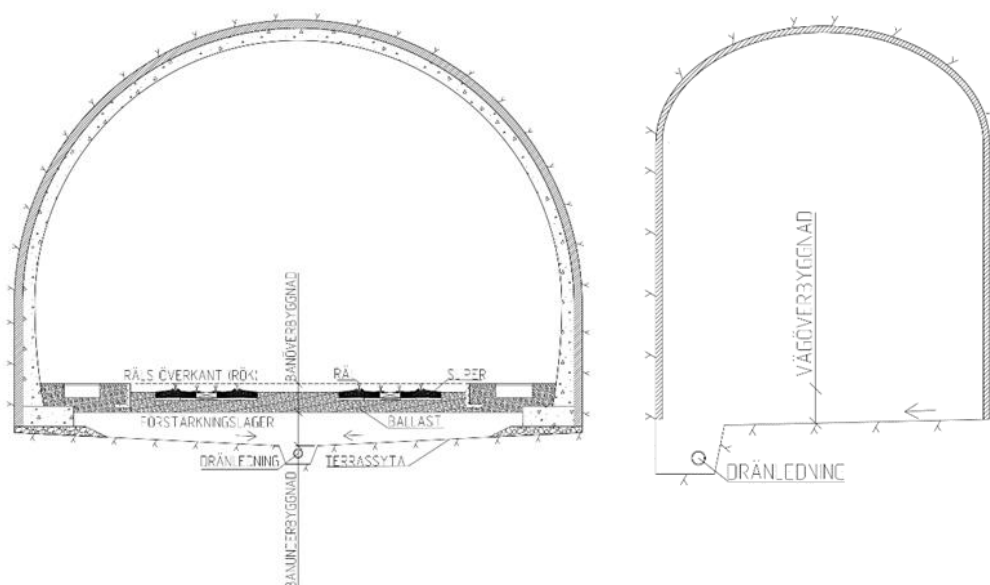
### 3.1 Tullgarnstunneln inklusive Edebytunnlarna

Tullgarnstunneln är 3,5 kilometer lång. Vid den norra delen av tunneln ligger också de korta Edebytunnlarna vars läns hållningsvatten också beaktas i denna rapport. Tunneln passerar flera vattendelare och administrativa gränser. I norr berör tunneln Södertälje kommun och Stockholms län och i söder i Trosa kommun och Sörmlands län, se Figur 1.



Figur 1. Tullgarnstunneln är en 3,5 kilometer lång tunnel som passerar en kommungräns och flera vattendelare.

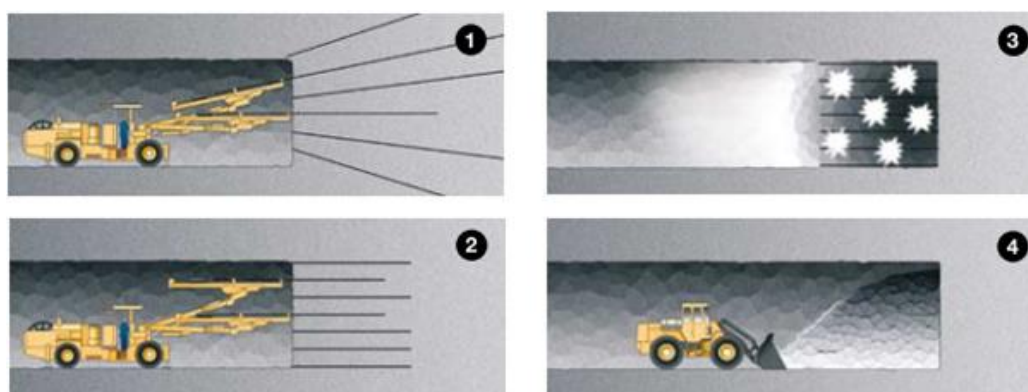
Ostlänken byggs för dubbelspårig järnväg och blir cirka 11 meter bred och cirka 8 meter hög. Parallellt med spår tunneln byggs en servicetunnel, se Figur 2.



Figur 2. Illustration, typsektion bergtunnel (t.v.) och servicetunnel (t.h.). Ostlänken byggs med dubbelspår. För tunnlar som liksom Tullgarnstunneln är längre än 1000 m byggs även en parallell längsgående servicetunnel (Bilaga C Teknisk beskrivning vattenverksamhet Långsjön–Sillekrog, Trafikverket).

### 3.2 Länshållningsvatten

Bergtunnlar kommer att drivas enligt traditionell borr- och sprängteknik. Denna metod är den i Sverige vanligast förekommande och omfattar följande arbetscykel (som framgår av Figur 3 nedan): (1) förinjektering (vid behov), (2) salvbörning, laddning och (3) sprängning, (4) ventilering spränggas, utlastning, skrotning samt förstärkning. Slutligen utförs kontinuerlig betonginklädnad i tunneln och installationer, bankropp och spår färdigställs.



Figur 3. Länshållningsvattnet tillförs kväve från odetonerat sprängmedel och består av spolvatten och inläckande grundvatten.

Länshållningsvatten uppstår när tunnlar byggs och utgörs av processvatten och inläckande grundvatten. Det man brukar kalla spolvatten vid tunneldrivning är det vatten som används av borrhjulet för kylning och bortspolning av borrhjulet vid bergborrningen, både för injekterings- och salvbörning. Det står för den största processvattenåtgången i tunneln. Men processvatten används också för tvätt av berg och bergmassor, dammbekämpning m.m.

Länshållningsvatten innehåller kväve i form av ammonium och nitrat eftersom en viss rest av kvävehaltigt sprängmedel blir kvar efter sprängning. Tullgarnstunneln kommer drivas från två håll, vilket innebär att länshållningsvatten leds ut huvudsakligen via två olika mynningar, en arbetstunnel i norr och en tillfartstunnel i söder.

Det länshållningsvatten som bildas under byggfasen innehåller även stoft från berg och kan också bära med sig rester från byggmaterial, hydraulolja mm. I samband med tätning och sprutbetongförstärkning av bergväggarna används cement, vilket ger vattnet ett högt pH och en hög alkalinitet. För att avskilja partiklar ur länshållningsvattnet kommer sedimenteringsbassänger med oljeavskiljare att byggas vid tunnelmynningarna. Här kan också pH-justering göras vid behov.

Efter det att tunneln byggts klar beräknas halterna av kväve (och andra föroreningar) avklinga på några månader (Rindeskog 2009). Under driftfasen som följer kommer ett näringsfattigt grundvatten pumpas ut ur tunnlar.

### 3.3 Mängder och halter av kväve i länshållningsvattnet

Drivningen av Tullgarnstunneln beräknas pågå i fyra år (mellan 3,5–5 år) och anläggandet av Edebytunnlar cirka 1,5 år. I de beräkningar som utförts för att räkna fram kvävemängder har antagits att 15 % av applicerat sprängmedel blir spill. Denna siffra baseras på erfarenheter från tunneldrivning i andra projekt (Nitro Consult 2013, Trafikverket 2016). En ambition från Trafikverkets sida är att få ned spillet från denna nivå. Vid upphandling av entreprenörer kommer bland annat särskilda krav ställas på en effektiv förbränning av sprängmedel.

För spillets fördelning mellan länshållningsvatten och bergmassor har gjorts två ytterlighetsscenarioer och ett medelscenario (Tabell 1). Ytterlighetsscenarioerna baseras på erfarenheter från tidigare tunnelprojekt (Olsson m fl 2019) och gruvverksamhet (Herbert & Nordström 2016), samt erfarenheter från pågående infrastrukturprojekt som Förbifart Stockholm.

I scenario I antas 60 % av kvävet hamna i länshållningsvattnet och 40 % transporteras ut med bergmassorna. I scenario II är förhållandet att 27 % av spillet tillförs länshållningsvattnet och resten blir kvar i bergmassorna. Ett medelscenario, som nedan beskrivs som troligt alternativ, innebär en lika fördelning mellan länshållningsvattnet och utkörda bergmassor. Det finns anledning att understryka att beräkningarna av såväl mängden spill som fördelningen av kväve mellan länshållningsvatten och bergmassor, och mellan ammoniumkväve och nitratkväve i länshållningsvattnet, är behäftade med många osäkerheter. Egenkontroll vid behandling av länshållningsvattnet kommer således vara viktigt för att möjliggöra driftanpassningar av reningen utifrån varierande belastningar, samt för att beräkna verkliga reningseffekter och utsläpp.

Tabell 1. Årlig kvävemängd (ton/år) i länshållningsvatten i medeltal vid tre olika scenarier. Scenario I innebär att 60 % av kvävet tillförs länshållningsvattnet och resten förs ut via bergmassor. Scenario II innebär att 27 % av kvävet hamnar i länshållningsvattnet och resten i bergmassorna som förs ut ur tunneln. I det tredje scenariot (50/50) antas att fördelningen mellan länshållningsvatten och lakvatten är lika stort. Detta scenario har använts för dimensionering och bedömning av reningseffekter för de föreslagna lösningarna i denna rapport (bearbetat från internt underlag i projektet, AFRY/Tyréns mars 2023)

Tunnel	Scenario		
	I	II	50/50
	ton N/år	ton N/år	ton N/år
Tullgarnstunneln (4 år)	8,4	3,8	6,9
Edebytunnlarna (2 år)	1,0	0,5	0,8
Tullgarnstunneln + Edebytunnlarna (4 år)	<b>8,8</b>	<b>4,0</b>	<b>7,4</b>

För dimensionering av anläggningar och bedömning av miljöpåverkan är även variationer av flöden, mängder och halter över tid av stor betydelse. I Tabell 2 redovisas beräknade årliga vattenflöden samt årliga mängder och halter av totalkväve under de dryga tre år som Tullgarnstunneln kommer att drivas. Observera att siffrorna för år fyra alltså endast avser tiden fram till dess att framdrift avslutas. Tabellen avser scenario 50/50 och att länshållningsvattnet från Edebytunnlarna tillförs Tullgarnstunneln. Som framgår av tabellen bedöms den samlade kvävemängden i länshållningsvattnet uppgå till knappt 30 ton under de fyra år tunneldrivningen pågår. Förklaringen till att mängden kväve i länshållningsvattnet inte minskar mellan år 2 och år 3, trots att drivningen av Edebytunnlarna upphör under år 2, är att antalet fronter antas förbli desamma och därmed mängden kväve per år. Man förväntas alltså flytta borrhigg mellan tunnlar. Flödesberäkningarna och tiden för tunneldrivning förutsätter en processvattenmängd om 50 m<sup>3</sup>/d och borrhigg framdriften per borrhigg är satt till 18 m/v.

Tabell 2. Beräknade årliga vattenflöden, kvävemängder och kvävehalter, samt medelvärden, i länshållningsvattnet från Tullgarnstunneln och Edebytunnlarna vid scenario 50/50 (bearbetat från internt underlag från projektet, AFRY/Tyréns 202303)

Tullgarnstunneln och Edebytunnlarna				
	Vatten med förhöjd kvävehalt		Kväve till länshållningsvattnet, scenario 50/50	
	m <sup>3</sup>	l/s	ton	mg/l
År1	222 000	7,0	9,1	41
År2	586 000	19	9,1	15
År3	702 000	22	9,1	13
År4*	177 000	22	2,3	13
Medel**	519 000 m <sup>3</sup> /år	16 l/s	9,1 ton/år	17 mg/l

\*) Siffrorna för år fyra avser endast tiden fram till dess att framdrift avslutas. Därefter kommer halten av kväve att klinga av medan flödet från Tullgarnstunneln lägger sig på en konstant nivå om ca 673 000 m<sup>3</sup>/år.

\*\*) Medelvärde under de 3,25 år som framdrift beräknas pågå

### 3.4 Teknik för behandling av länshållningsvatten

Länshållningsvatten består av processvatten och grundvatten som är förorenat av rester av sprängmedel (ammoniumnitrat) som ej detonerat. Det sprängmedel som hamnar i vattnet bildar lösta joner av ammonium (cirka 40 %) och nitrat (cirka 60 %). Processen för att avskilja det lösta kvävet sker i flera steg där det första steget innebär att ammoniumkvävet omvandlas till nitrat, så kallad nitrifikation. Detta steg katalyseras av kemoautotrofa bakterier som nyttjar energin i ammoniumjonen för sin ämnesomsättning. I de följande stegen omvandlas nitratkväve av heterotrofa bakterier som med nitratkvävet bryter ned organiskt material, som då omvandlas till kvävgas och avgår till luften, så kallad denitrifikation.

För att nitrifikationen ska kunna fungera krävs mycket syre, men också näring för att bakterierna ska kunna leva. Eftersom länshållningsvattnets näringsinnehåll är mycket obalanserat (mycket kväve men ingen fosfor) krävs att fosfor tillförs processen om tekniska applikationer används (reningsverk), till exempel i form av fosforsyra. I reningsverk krävs också att syre tillförs vattnet vilket är en mycket energikrävande process. I reningsverk är nitrifikation känd som en känslig process som hämmas eller till och med upphör vid låga temperaturer, och där förändringar i vattnet lätt kan slå ut bakteriekulturen.

Denitrifikation som drivs av bakterier som använder nitrat istället för syre för nedbrytning av organiskt material gynnas av syrebrist. I tekniska applikationer för behandling av länshållningsvatten måste kol i form av till exempel metanol eller stärkelse tillföras processen.

I markväxsystem kan dessa problem undvikas. Bakterierna lever här i sin naturliga miljö där de är anpassade för att klara sin överlevnad och ämnesomsättning även vid låga temperaturer. De nitrifierande bakterierna kan i markekosystemet utveckla sig i de miljöer som passar dem och kan tack vare att de är så rörliga undvika fiender och platser med ogynnsam miljö. En intressant anpassning hos dessa bakterier är också att de kan mobilisera näring ur marken, vilket gör att brist på fosfor inte uppstår vid rening av näringsobalanserat vatten.

Både nitrifikation och denitrifikation fungerar bäst inom intervallet pH 7,5–8,5 (Metcalf & Eddy 1991). Eftersom cement, som innehåller brändkalk, används för tätning och putsning av tunnelväggarna, kan pH värdet i länshållningsvattnet påverkas. Vid pH värden högre än 8,5 kommer pH justeras ned.

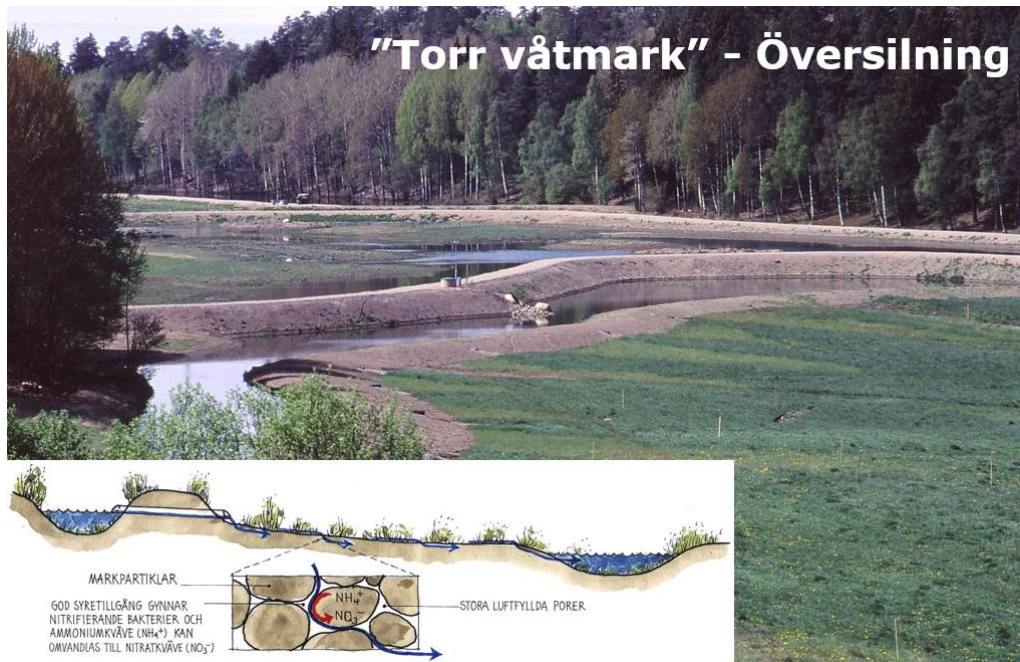
#### 3.4.1 Beskrivning av föreslagen teknik

I den processlösning som Trafikverket studerat drivs kvävereningen i anlagda våtmarker där en inledande översilningsyta svarar för nitrifikationen och en avslutande nedre del svarar för merparten av denitrifikationen. Denna teknik finns bland annat i närliggande Trosa och Vagnhärads våtmarker. Dessa byggdes 2003 respektive 2004 efter erfarenheter bland annat från våtmarken Alhagen i Nynäshamn.

Översilningsytan byggs upp på en plan och något sluttande lermark beväxande med fuktolerant gräs (rörflen). Vattnet pulsas ut i överkanten på fältet för att sedan röra sig



nedför sluttningen i en tunn vattenfilm. Vid kontakt med förnan och jordpartiklar binds de positiva ammoniumjonerna temporärt till markpartiklarnas negativt laddade ytor. Mellan beskickningspulserna får fältet dräneras ur och "andas" vilket möjliggör för de nitrifierande bakterierna att omvandla ammoniumjonerna till nitrat, se Figur 4.



Figur 4. Översilningsängen "Skålpussen" i våtmark Alhagen, Nynäshamns kommun. Vattnet pulsas via ut i överkant av en svagt sluttande ängsmark. Foto/Teckning WRS



Figur 5. Denitrifikation innebär att nitratkväve omvandlas till luftkväve. Miljöer som gynnar denna process är vegetationsrika kärr med rik under och övervattensvegetation. Foto/Teckning WRS

Den sista delen i kväveomsättningen där nitrat ska omvandlas till luftkväve (denitrifikation) gynnas av syrebrist och rikligt med organiskt material. Sådana miljöer skapas i de nedre vattendränkta miljöerna (kärr) där kaveldun och undervattensväxter etableras (Figur 5). Denna vegetation skapar mikrohabitat och kolkälla för de denitrifierande bakterierna. Kolkällan i dessa denitrifikationskärr skapas alltså lokalt med solen som drivkraft.

Som beskrivits ovan innebär de föreslagna teknikerna med kvävereduktion i anlagda våtmarker att varken fosfor eller extern kolkälla ska behöva tillföras processen. I det fall man anser att ytterligare kvävereduktion behövs, utöver den denitrifikation som uppnås i våtmarken, medger förslagen att extern kolkälla tillförs. Eftersom extern kolkälla är kostsam tillförs bara mängder som förbrukas av bakterierna i anläggningen. Sålunda finns med de föreslagna tekniklösningarna ingen risk att recipienter påverkas av gödande fosfor eller syreförbrukande ämnen.

Erfarenheter vad gäller utformning, dimensionering, reningseffekter, skötselbehov och kostnader som beskrivs i denna rapport, har erhållits från ett flertal anlagda våtmarker för spillvatten- och lakvattenrening i Sverige, varav många varit i drift i flera decennier. En del av erfarenheterna har sammanställts i vetenskapliga publikationer, andra finns endast som så kallad grå litteratur, det vill säga i form av uppföljningar som gjorts av verksamhetsutövaren själv, där ambitionen primärt varit att förstå anläggningarnas funktion, men också att redovisa resultat för myndigheter. En bra kunskaps-sammanställning av erfarenheter av svenska spillvattenvåtmarker finns genomförd av Linda Flyckt (2010).

De bedömningar av reningspotential i översilning och kärr som gjorts i denna studie bygger framförallt på data från uppföljning av reningsanläggningar för lakvatten. Lakvatten från deponier liknar i många avseenden länshållningsvatten från tunneldrivning. Likheterna består i att vattnet ofta är kallt och innehåller höga halter kväve, men låga halter av fosfor och BOD. I lakvatten liksom i länshållningsvatten uppträder merparten av kvävet som ammonium varför nitrifikation är helt nödvändigt för att uppnå kvävereduktion. En av de anläggningar som följts upp allra bäst ligger i Vagnhärad och behandlar lakvatten från Kortslöts avfallsanläggning. Här finns relativt omfattande uppföljning genomförd under sex år (2003 till och med 2008) med provtagningar mellan fyra och åtta gånger per år. Sammanställningar visar att anläggningen belastades med en lakvattengiva som varierade mellan ca 20–40 mm/dygn med inkommande kvävehalt på mellan 100–200 mg/l (>90 % ammoniumkväve). Den genomsnittliga nitrifikationen uppgick till drygt 70 % på helårsbasis och ca 60 % under vinterhalvåret, vilket motsvarade en nitrifikation om 11 ton per hektar och år. Resultat från det första årets provtagningar finns sammanställda av WRS i en rapport framtagen för Trosa kommun (Stråe 2004).

### 3.5 Trafikverkets fastigheter

I samband med att Trafikverket tidigare planerade en annan sträckning än den nu bestämda köptes det in en fastighet i Trosa kommun. Trafikverkets fastighet heter Risevid 2:4 och ligger vid Långhagen strax öster om trafikplats Vagnhärad. I denna handling benämns fastigheten i fortsättningen *Risevid*. Fastigheten ligger nära den södra tillfartstunneln till Tullgarntunneln och inom Norasjön avrinningsområde, se Figur 7, där ytan markerats med texten "Yta för kvävereduktion".

Det faktum att Trafikverket har rådighet över marken samt att den ligger nära tunnelmynningen gör den intressant som plats för behandling av länshållningsvattnet. Fastigheten har också naturliga förutsättningar som gör den möjlig att använda för kvävereduktion i en anlagd våtmark (en form av mark-växsystem).

## 3.6 Ytvattenrecipienter

Som beskrivits inledningsvis sträcker sig Tullgarnstunneln och Edebyttunnlarna över många kilometer av det sörmäländska landskapet och passerar på vägen flera vattendelare med tillhörande sjöar och kustvatten, Figur 1. Samtliga dessa ytvatten inklusive Trosaån i söder är tänkbara för utsläpp av länshållningsvattnet och har i arbetet med järnvägsplan studerats noga avseende naturskydd (till exempel påverkan på Natura 2000-värden och miljö kvalitetsnormer).

Nedan ges en kort sammanfattning av de sjöar, bäckar, åar och kustvatten som har studerats som recipienter för utsläpp av behandlat länshållningsvatten.

### 3.6.1 Trosaån och Trosafjärden

Trosaån ligger i ett 570 km<sup>2</sup> stort avrinningsområde dominerat av skog, uppodlad mark och många sjöar. På sin väg ut mot havet passerar ån flera tätorter ibland annat Strängnäs, Gnesta, Nyköping, Södertälje och Trosa kommuner. Då vattenföringen är hög (MQ är 3,8 m<sup>3</sup>/s) kommer länshållningsvattnets flöde och innehåll av kväve inte nämnvärt påverka Trosaåns vattenkvalitet. Utsläppsutrymmet för ammonium är stort i Trosaån och eftersom primärproduktionen i ån inte regleras av kväve påverkas ån inte i sig av kväveutsläpp. Däremot finns ett beting för minskad kvävebelastning till Trosaån uppsatt av vattenmyndigheten. Betinget syftar till att minska den nuvarande övergödningen av kustvattnet.

Trosaån rinner ut i Västra Stadsfjärden (Tureholmsviken) som är en relativt avsnörd havsvik. Tureholmsviken kommunicerar österut via en vägbank med öppningar till Östra Stadsfjärden. Även söderut begränsas vattenutbytet, i detta fall av ett sund väster om Öbolandet.

Trosaån som recipient för utsläpp av behandlat länshållningsvatten beskrivs vidare i avsnitt 6.1.

### 3.6.2 Norasjön, Norasjöbäcken och Gälöfjärden

Norasjön som ligger i Trosa kommun är en mycket grund och näringsrik slättsjö omgiven av åkermark och skog. Sjöns yta är 0,65 km<sup>2</sup> och dess tillrinningsområde cirka 15 km<sup>2</sup> (SMHI Vattenweb). Det begränsade tillrinningsområdet medför att Dike till Norasjön och Norasjöbäcken tidvis går torra.

Genomförda provtagningar och beräkningar inom arbetet med järnvägsplanens MKB visar att bedömningsgrunden för god ekologisk status avseende ammoniak (NH<sub>3</sub>-N) överskrids redan idag under sommaren (baserat på provtagningar olika årstider 2016–2021). Detta kan sannolikt förklaras av att algblomningar driver upp pH så att ammoniumjoner i vattnet övergår till ammoniak. Sjöns känslighet för utsläpp av kväve diskuteras i avsnitt 6.2.



Ammoniak är ett så kallat Särskilt förorenande ämne (SFÄ). Gällande bedömningsgrund för god ekologisk status avseende ammoniak är 6,8 µg/l (maximal halt) och 1,1 µg/l (medelhalt).

### 3.6.3 Sörsjön, Lillsjön, Kyrksjön och Åbyån Stavbofjärden

**Sörsjön** ligger i södra delen av Åbyåns avrinningsområde och i sin helhet i Södertälje kommun. Den södra delen av sjön ingår i Natura 2000. Sjön är drygt 1 km<sup>2</sup> stor och tämligen grund med ett maxdjup på 7,5 m. Tillrinningsområdet domineras av skog. Alkalinitet och pH är högt på grund av kalkrika jordar. I samband med Södertörnsekologernas inventering hittades i sjön en divers flora med flera olika kransalger (Södertälje kommun 2004). I den senare genomförda makrofytinventering i fem sjöar i Stockholms län var floran mer trivial och inga kransalger noterades (Naturvatten 2011). Fosforhalterna är måttligt höga (runt 30 µg/l) och klassas därför som en tämligen eutrof sjö. Utmed stränderna finns kraftiga vassbälten (Södertälje kommun 2004).

**Lillsjön** är en grund lerslättsjö i västra delen av Åbyåns avrinningsområde och i sin helhet i Södertälje kommun. Sjön som är 350 hektar stor, omges till stor del av uppodlad åkermark och är mycket näringsrik. Kraftiga algblomningar uppkommer ofta sommartid. Längs stränderna växer täta vassar.

Genomförda provtagningar och beräkningar inom arbetet med järnvägsplanens MKB visar att bedömningsgrunden för god ekologisk status avseende ammoniak (NH<sub>3</sub>-N) överskrids redan idag under sommaren (baserat på 6 provtagningar olika årstider 2020–2021). Detta kan sannolikt förklaras av att algblomningar driver upp pH så att ammoniumjoner i vattnet övergår till ammoniak.

**Kyrksjön** ligger strax nedströms Lillsjön och förbinds med Lillsjön av en grävd kanal under E4. Sjöns vattenekologi liknar Lillsjöns, och anses tillsammans med Lillsjön vara kommunens mest näringsrika sjö. Fiskfaunan domineras av karpfisk vilket missgynnar undervattensväxter och ger sjön ett mycket grumligt vatten (Klara Vatten 2022) Tillrinningsområdet är 32 km<sup>2</sup> (varav Lillsjöns avrinningsområde utgör 8 km<sup>2</sup>). Sjöytan är 2,2 km<sup>2</sup> och maxdjupet endast 3,9 m. Sommartid uppträder kraftiga algblomningar. Sjön avvattnas mot nordost via Åbyån till Stavbofjärden. Vid Åby kvarn ligger ett dämme som reglerar vattennivån i Kyrksjön och Lillsjön.

Genomförda provtagningar och beräkningar inom projektet visar att bedömningsgrunden för god ekologisk status avseende ammoniak (NH<sub>3</sub>-N) överskrids sommartid redan idag (baserat på 14 augustimätningar 2016–2021). Detta är en konsekvens av att algblomningar driver upp pH så att ammoniumjoner i vattnet övergår till ammoniak, se vidare avsnitt 7.

**Stavbofjärden** förbinder Järnafjärden i norr med Mörköfjärden i söder. Den räknas av vattenmyndigheten som en egen kustvattenförekomst.

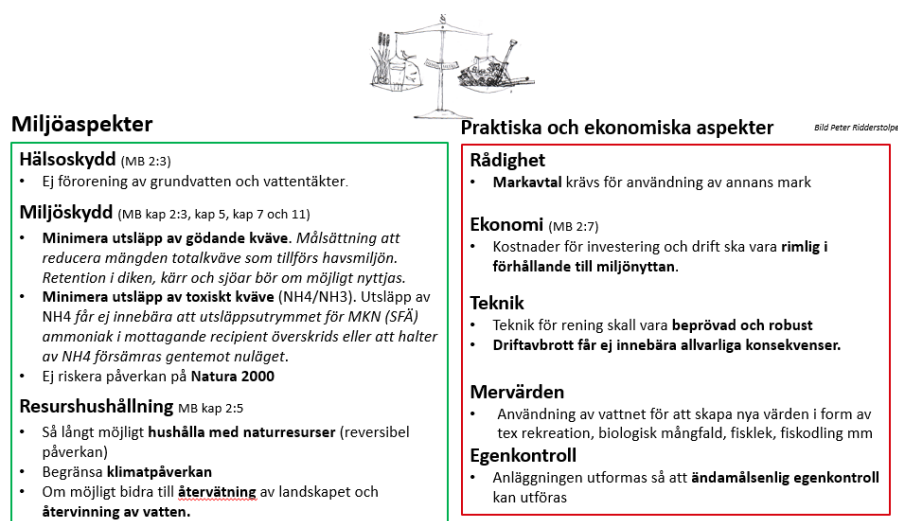
## 4 Kravspecifikation

Utgångspunkten för hantering av all miljöfarlig verksamhet, inklusive hantering av kväverikt länshållningsvatten som uppstår vid sprängning av tunnlar, är att de grundläggande hänsynskraven om hälsoskydd, miljöskydd och resurshushållning, enligt miljöbalken följs. Den omvända bevisbördan gäller vilket innebär att verksamhetsutövaren har rätt och skyldighet att bedöma skyddsbehoven i det enskilda fallet, samt att vidta skyddsåtgärder så långt som kan anses rimligt (2 kap.7 § MB). Vid prövning av ny verksamhet eller ny utsläppspunkt skall särskild hänsyn tas till vattenmyndighetens miljökvalitetsnormer och statusklassningar enligt 5 kap. MB. Här stipuleras till exempel att ny verksamhet eller ny utsläppspunkt ej får försvåra möjligheten att nå den fastställda miljökvalitetsnormen.

Ett bra sätt att göra en behovsanalys enligt miljöbalkens krav i syfte att hitta det för den aktuella verksamheten lämpligaste sättet att skydda miljön och hushålla med naturresurser, är att beskriva mål med hanteringen i form av en kravspecifikation. Utifrån kravspecifikationen söks sedan olika alternativ till lösningar. Kravspecifikationen ställs upp efter miljöbalkens kriterier och väger miljönytta mot praktiska och ekonomiska aspekter. Denna metod, ”Öppen VA-planering”, skapar helhetssyn och förståelse för vad verksamhet och skyddsåtgärder syftar till. Genom att värdera olika alternativ till skyddsåtgärder mot kravspecifikationen erhålls möjlighet att bestämma den för det enskilda fallet bäst lämpade lösningen.

Metoden öppen VA-planering är internationellt uppmärksammad i forskning och utveckling och benämns där som ”OPSS, Open Planning of Sanitation Systems” (EAWAG 2022) eller ”OWP Open Wastewater Planning” (GWP 2007). Den föreslogs också som underlag för kravställande och tillsyn i förarbeten till ny föreskrift för små avlopp som Havs- och vattenmyndigheten arbetade med 2013. Metoden är egentligen tillämpbar för all typ av miljöfarlig verksamhet.

Kravspecifikationen i Figur 6 uttrycker de kriterier och ambitioner som varit vägledande för Trafikverket i sökande av lösningar för hantering av länshållningsvattnet.



Figur 6. Den uppsatta kravspecifikationen uttrycker kriterier och ambitioner som varit vägledande för Trafikverket i sökande av lösningar för hantering av länshållningsvattnet.

## 4.1 Kommentarer till valda kriterier och mål

Hälsoskydd (MB 2:3): Länshållningsvattnet innehåller höga halter nitratkväve som om det kontaminerar dricksvatten potentiellt kan ge förgiftningssymptom. Kravet som ställts är att vattentäkter inte får påverkas negativt av nitratrikt vatten. För att undvika dessa risker har ytor för behandling och bortledning enbart föreslagits på mark uppbyggda av tät lera. I övrigt bedöms inga hälsofarliga ämnen följa med länshållningsvattnet från tunnelbygget eller upplagsområdena. I det kontrollprogram som föreslås kommer vattenkvalitet följas upp i byggskedet.

Miljöskydd (MB 2:3 och kap 5): Kväve reglerar, tillsammans med fosfor, primärproduktionen i havet. Under senare år har kväve blivit det näringsämne som alltmer reglerar produktionen längs Svealandskusten, även långt in i skärgårdshavet. En förklaring till detta är att fosforrikt djupvatten från egentliga Östersjön pressats upp mot kusten under senare år (Walve, J, Rolff, C, 2022). Ett mål för hanteringen av länshållningsvattnet bör därför vara att reducera mängden kväve som tillförs havsmiljön. Då alger kan tillgodogöra sig både nitrat och ammonium är det den sammanlagda mängden kväve som är av betydelse.

För att reducera påverkan på kustvattnet är det således önskvärt att avskilja kväve från länshållningsvattnet, vilket sker genom att driva nitrifikation och denitrifikation i behandlingsytor. Men även möjligheter att avskilja kväve vid efterföljande bortledning bör tillvaratas. Denna så kallade retention innebär att nitratkväve omvandlas till luftkväve, vilket sker framförallt i diken, kärr och grunda, växtrika sjöar. I storleksordningen denitrifieras knappt 1000 kg kväve per hektar dike/våtmark och motsvarande siffra för sjöar i södra Sverige är mellan 30–40 kg per hektar (Eviem 2013 och SMHI 2007).

Primärproduktionen i insjövattnet regleras huvudsakligen av fosfor, men kan i vissa fall under säsongen också regleras av kväve. Exempel på där detta möjligen kan inträffa är de näringsrika sjöarna i norr, Lillsjön och Kyrksjön. Vid valet av recipienter har dessa lokala skillnader beaktats.

Ett annat kriterium som varit vägledande för val av hantering och recipient har varit ambitionen att minimera utsläpp av kväve som kan vara toxiskt för vattenlevande djur. Bland de olika formerna av kväve är det framförallt ammoniak som kan skapa förgiftningseffekter på akvatiska organismer. Halten ammoniak står i jämvikt med ammoniumhalten i vatten, där jämvikten mellan de två formerna framförallt styrs av pH, men även av temperatur. Jämvikt mellan de två formerna inträffar vid pH 9,25; en situation som i sjöar kan uppstå i ytvatten vid algblooming. Vid lägre pH sjunker snabbt andelen ammoniak, men även vid normala pH (7,5–8) kan ammoniak uppträda i halter som kan vara toxiska.

Ammoniak är unik bland föroreningar i vatten, då den både är en endogen produkt som vissa organismer avger vid sin utsöndring (giftig restprodukt från nedbrytning av aminosyror) men som samtidigt förekommer som ett miljöfarligt ämne. Vid höga externa NH<sub>3</sub>-koncentrationer reduceras utsöndringen från organismen eller så sker en reversibel diffusion, vilket orsakar ackumulering av ammoniak i organismens blod och gälar (IVL 2002).

Vattenmyndighetens beslutade miljö kvalitetsnormer och befintliga ammoniumhalter (samt utifrån pH och temperatur framräknade ammoniakhalter) i tänkbara recipienter har varit utgångspunkt för beräkning av utsläppsutrymme och reningskrav och val av recipient. Kravet som ställts i matrisen är att inte överskrida årsmedelvärde eller högsta tillåtna koncentration, och i de fall de redan överskrids idag, inte bidra till en uppenbar ökning gentemot nuläget med hänsyn taget till naturliga fluktuationer. En aspekt som bör vägas in vid denna riskbedömning är att utsläppen av det aktuella länshållningsvattnet är en tillfällig störning (pågår under fyra till sex år) och att eventuell negativ påverkan som kan uppstå på biota därför kan förväntas vara övergående. En annan aspekt som bör beaktas är vilken reell påverkan som ett tillfälligt överskridande av bedömningsgrunden för god ekologisk status avseende ammoniak kan innebära. Risker för och konsekvensen av att påverka rekrytering av öring i en bäck bör till exempel ses som mer allvarlig än risken för och konsekvensen av att påverka djurplankton under några sommardagar i en näringsrik sjö.

Ett tredje punkt som ställts upp under kriteriet miljöskydd är att minimera negativ påverkan på naturvärden. Eftersom flera platser för behandling och recipienter är tänkbara varav en del berörs av Natura 2000 har risker för påverkan på naturvärden inom dessa områden särskilt noga beaktats.

Resurshushållning (MB 2:5): För att kunna framleda och behandla och leda bort länshållningsvattnet behövs anläggningar i form av ledningar, pumpstationer, dammar mm. En viktig målsättning vid lokalisering och utformning av dessa anläggningar är att hushålla med naturresurser och att ingrepp på miljön (till exempel åkermark) som krävs för anläggningar kan återställas. Trafikverkets ambition är att minska sin klimatpåverkan i hela sin verksamhet. Vid val av behandlingsmetod för länshållningsvattnet eftersträvas därför soldrivna processer snarare än metoder som förbrukar el och kemikalier.

Då grundvatten läcker in i tunnlarna finns risk att vissa kärrmarker i terrängen ovanför tunnlarna kan påverkas negativt. Trafikverket har utrett möjligheterna att använda länshållningsvattnet (och lakvatten från upplag av sprängsten) för återvätning av landskapet, men då kvävet bedöms kunna missgynna de naturvärden som finns där har man valt att inte gå vidare med sådana alternativ. Även de argument som framförs under hälsoskydd har beaktats.

Rådighet: Trafikverket söker i första hand plats för ledningsdragning och behandling på egna fastigheter. I det fall annans mark skulle behöva nyttjas har inledande kontakter tagits med fastighetsägare för att säkerställa att rådighet kan erhållas genom avtal. Dialog har även förts om kommunal mark i området kring Vagnhärad samt med Statens Fastighetsverk.

Ekonomi: Trafikverket följer miljöbalkens krav om att så långt möjligt skydda människors hälsa, miljön och hushålla med naturresurser så länge kostnaderna inte blir orimliga. Var gränsen för rimlighet inträffar när det gäller kväverening av det aktuella vattnet kan diskuteras. Som utgångspunkt för målformulering eller kravställande kan jämförelsetal med annan kväverening användas, till exempel vad det kostar att avskilja ett kilogram kväve i avloppsreningsverk, spillvattenvåtmarker eller anlagda retentionsvåtmarker i jordbrukslandskapet. I det fall kostnaderna för avskiljning av kväve ur länshållningsvattnet blir mycket höga eller åtgärderna mycket resurskrävande, finns möjlighet att vidta alternativa skyddsåtgärder. Sådana åtgärder skulle i det här fallet

kunna innebära, att i stället för att bygga upp en kostsam reningsanläggning med kortvarig nytta, kan pengar läggas på en annan åtgärd (till exempel anläggande av retentionsvåtmark) som ger en mer kostnadseffektiv och mer långvarig kväverening, och som kanske också kan skapa andra värden i form av biologisk mångfald, kvarhållande av vatten i landskapet mm.

**Teknik:** För att rena länshållningsvattnet krävs en robust teknik som förmår att bära upp de biologiska processerna för kväveomvandling. Omvandlingen av ammoniumkväve till nitratkväve katalyseras av kemoautotrofa bakterier som är känsliga för låg temperatur, flödesvariationer och andra störande miljöfaktorer som kan vara svåra att kontrollera med kompakterad processteknik i reningsverk. I våtmarker och andra mark-växsystem där bakterierna lever i sin naturliga miljö och där uppehållstiderna är längre fungerar processerna bättre. En välfungerande och beprövad teknik är behandling i våtmark med inledande ”torra” delar (översilningsytor) och avslutande våta kärredelar. Denna teknik finns bland annat i närliggande Trosa och Vagnhärads våtmarker. Dessa byggdes 2003 respektive 2004 efter erfarenheter bland annat från våtmarken Alhagen i Nynäshamn där översilning visat sig vara effektivt för nitrifikation (af Peterséns 1999). Det är denna teknik som Trafikverket därför valt för behandling av länshållningsvatten. Som för all teknik kan driftavbrott förekomma, till exempel vid elavbrott eller tekniskt fel. Därför är det viktigt att pumpstationer och andra kritiska anläggningsdelar byggs upp med god redundans och att bräddpunkter lokaliseras så att negativ påverkan minimeras.

**Mervärden:** Det vatten som pumpas ut ur tunneln skapar ett ständigt flöde av kallt syrerikt rent vatten som endast under en begränsad tid innehåller förhöjda halter av kväve. Möjligheten finns därför att använda denna resurs för att skapa nya vattenmiljöer för till exempel gestaltning/rekreation, biologisk mångfald och/eller odling av fisk och skaldjur eller för att skapa strömmande vatten för fisklek.

**Egenkontroll:** En ändamålsenlig egenkontroll innebär i detta fall att förse pumpstationer med larm och att mängd vatten som pumpas till behandling registreras. Provtagning av vatten föreslås före och efter behandling vid några tillfällen per år. Vid dessa tillfällen utförs också tillsyn av anläggningens olika delar, bland annat för att i tid upptäcka tendenser till kanalbildning/erosion. Minst en gång per år ska översilningsytor slås.

## 5 Identifierade alternativ

Efter studier av en mängd olika alternativ har två huvudspår för behandling utkristalliserats, nämligen:

### Behandling av allt länshållningsvatten vid Risevid

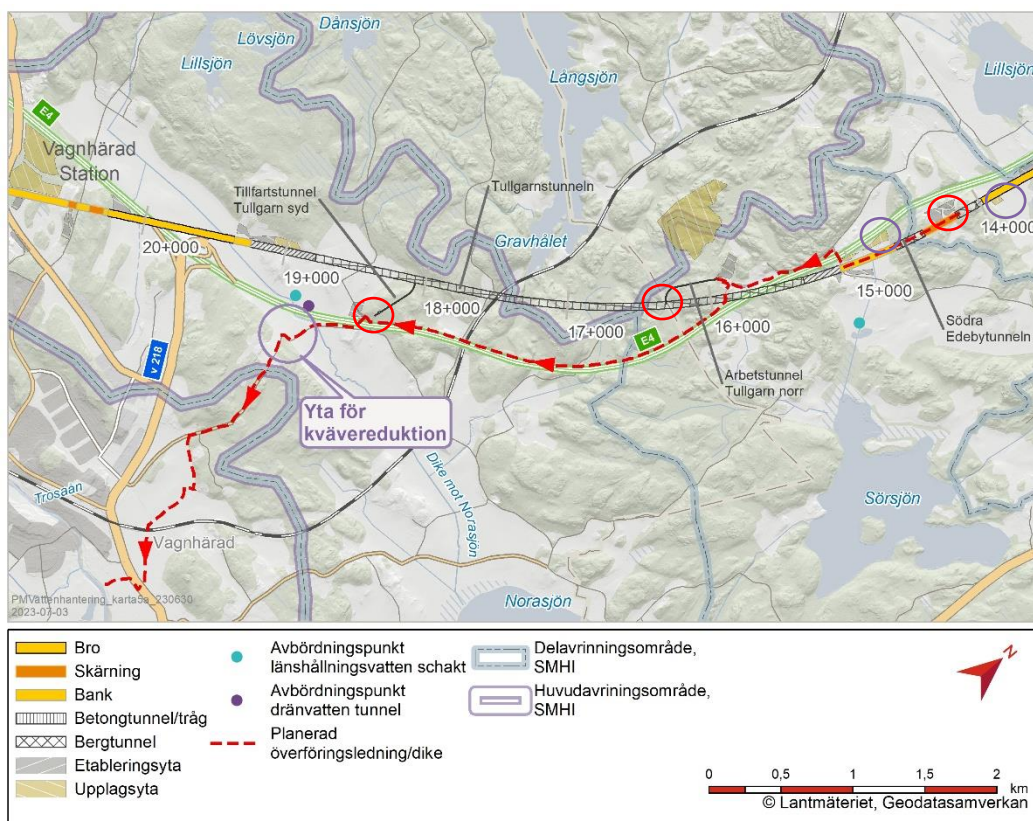
För att möjliggöra detta krävs att en tryckledning läggs efter E4:an för att leda vatten från norra till södra tunnelmynningen. Efter behandling vid Risevid kan vattnet endera pumpas till Trosaån eller ledas till Dike till Norasjön.

### Behandling av länshållningsvatten vid respektive tunnelmynning

Även här är Risevid platsen för behandling av vattnet från Tullgarnstunnelns södra del, med utsläpp till endera Trosaån eller Dike till Norasjön. För vattnet från tunnelns norra del sker behandling vid Lindefältet med utsläpp till Lillsjön/Kyrksjön. Här ingår också lokal behandling av länshållningsvattnet från Edebytunnlarna nordost om tunnlarne med utsläpp till Kyrksjön, se Figur 7.

De fyra alternativ som beskrivs och utvärderas i rapporten är:

- *Alternativ 1, behandling av allt länshållningsvatten vid Risevid med utsläpp till Trosaån*
- *Alternativ 2, behandling av allt länshållningsvatten vid Risevid med utsläpp till Norasjön*
- *Alternativ 3, behandling på Lindefältet med utsläpp till Lillsjön/Kyrksjön och behandling vid Risevid med utsläpp till Trosaån*
- *Alternativ 4, behandling på Lindefältet med utsläpp till Lillsjön/Kyrksjön och behandling vid Risevid med utsläpp till Norasjön*



Figur 7. Tunnelmynningar (röda ringar) och studerade platser för behandling och bortledning av länshållningsvatten (lila ringar). Texten "Yta för kvävereduktion" avser Risevid.

Övriga alternativ som diskuterats men som av olika skäl avfärdats, beskrivs kortfattat i avsnitt 7.

## 5.1 Alternativ 1 och 2 – behandling av allt länshållningsvatten vid Risevid

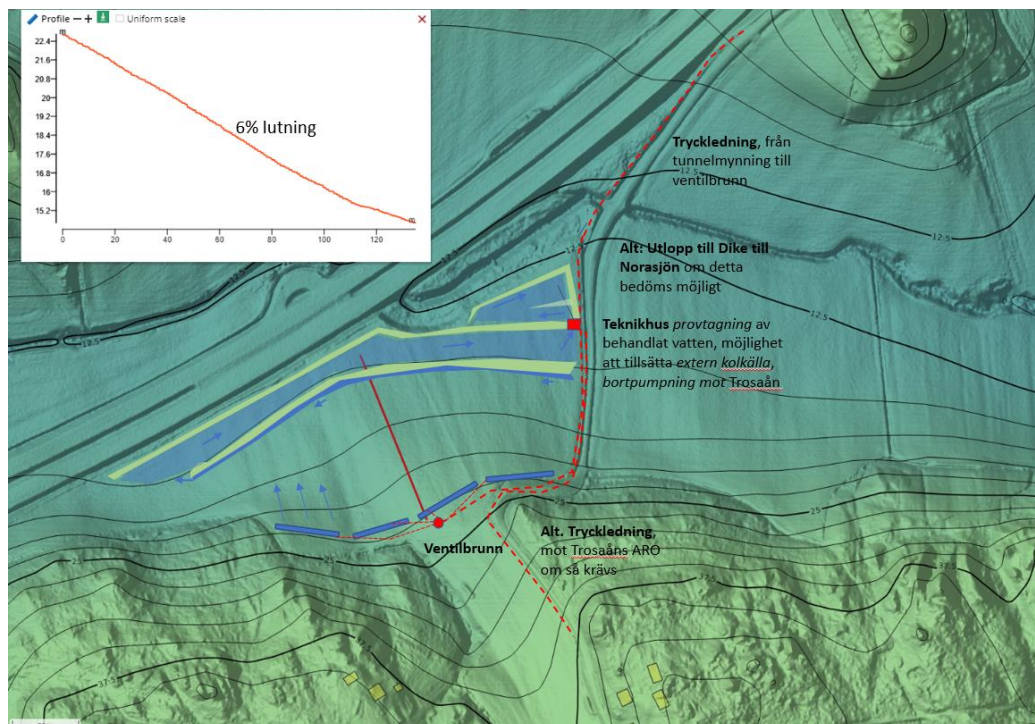
Den uppodlade delen av fastigheten utgörs av styv lera (Figur 8) och sluttar ned mot E4:an och Dike till Norasjön i norr. I den övre delen av jordbruksmarken med drygt 5 % lutning kan översilningsängar skapas för nitrifikation, och i de nedre delarna där marken planar ut något kan kärmarker för denitrifikation skapas med hjälp av dämmande vallar (Figur 9).



Figur 8. Den uppodlade delen av Trafikverkets fastighet vid Risevid utgörs av styv lera och sluttar ned mot E4:an och Dike till Norasjön i norr (foto WRS).



Alternativet innebär att länshållningsvattnet pumpas kontinuerligt från tunnelmynningen (efter förbehandling i form av sedimentering, oljeavskiljning och pH-justering) till en ventilbrunn som är placerad i översilningsängens övre del. De helautomatiska ventilerna kan styras så att de öppnar en i taget enligt ett inställt program. Detta gör att vattnet kan pulsas ut i tur och ordning till översilningsängens olika ”beskickningslinjer”.



Figur 9. Placering av översilningsäng och kärr för nitrifikation och denitrifikation på Trafikverkets fastighet Risevid. Detta är en grundidé som utgångspunkt för bedömning av teknisk genomförbarhet, kostnader och reningseffekter och olika sätt för bortledning.

I överkant av varje beskickningslinje anläggs ett beskickningsdike som sprider ut vattnet på bred front över aktuell del av översilningsängens. Skissen illustrerar en utformning med fyra beskickningslinjer. I nedkant av översilningsängens samlas vattnet in och leds via invallade grunda kärr förbi ett teknikhus där provtagning av behandlat vatten kan göras. Möjligheter finns här också att tillsätta kolkälla för att öka kvävereningen. I teknikhuset finns också möjlighet att inrymma en pumpstation för recirkulering och bortpumpning och av behandlat vatten till Trosaån.

### 5.1.1 Dimensionering och bedömd rening

Under de fyra år som tunneldrivning pågår beräknas flödena variera mellan cirka 5 l/s och 20 l/s och den sammanlagda belastande mängden kväve uppgå till knappt 30 ton (enligt scenario 50/50), se avsnitt 3.3.

Med alternativet bedöms en hög grad av nitrifikation kunna uppnås. Resthalter av ammonium i utgående vatten från anläggningen förväntas vid föreslaget grundutförande ligga runt 1–4 mg/l som årsmedelvärde.

Ungefär 40 % av kvävet bedöms i medeltal omvandlas till kvävgas i anläggningens ytor med det föreslagna grundutförandet. Utgående  $\text{NO}_3\text{-N}$ -halt förväntas ligga inom



intervallet 2–25 mg/l beroende på årstid och variationer i mängd länshållningsvatten som hanteras. För att ytterligare reducera kväveinnehållet krävs tillsats av extern kolkälla eller att mer ytor för denitrifikation kan skapas på andra ställen, se bilaga 1.

### 5.1.2 Anläggande, skötsel och avveckling

Anläggningskedet innebär ledningsdragning, anläggande av ventilbrunn, beskicksningsdiken, teknikhus, mm. Under denna fas etableras också lämplig vegetation på fältet som skall nyttjas för behandling. Fältet som skall nyttjas som översilning markbereds (i band längs höjdkurvorna mellan vilka befintlig vegetation bibehålls) och besås med rörfen (blandat med rajgräs och ängskavle). Även om driften sker automatiserat så bör anläggningen besökas av driftpersonal regelbundet, bland annat för att kontrollera att vattnet fördelas på önskvärt sätt. Tillsyn sker lämpligen i samband med provtagning. Stickprovtagning bedöms tillräckligt bland annat eftersom utjämning av halter sker i våtmarken.

Efter bygget av tunneln kommer anläggningen troligen vara i drift några år tills kvävehalterna i länshållningsvattnet klingat av. Sammanlagd drifttid för anläggningen bedöms till mellan 5 och 8 år. Efter denna tid avvecklas anläggningen.

### 5.1.3 Kostnadsuppskattning alternativ 1 och 2

Kostnadsuppskattningen inkluderar framledning, behandling och bortledning till recipient (Tabell 3). Kostnad per kilogram avskilt kväve beräknas som årskostnad dividerat med bedömd avskiljning om 2,8 ton per år. Beräkningarna redovisas mer detaljerat i avsnitt 2.1.

Tabell 3. Kostnader för alternativ 1 och alternativ 2.

	Alt 1. Risevid till Trosaån	Alt 2. Risevid till Norasjön
Investering	19 Mkr	15 Mkr
Drift	45 000 kr/år	45 000 kr/år
Årskostnad	3,8 Mkr	3,0 Mkr
Kostnad per kg avskilt kväve	1350 kr	1050 kr

Enklast och billigast är att avleda vattnet med självfall till Dike till Norasjön efter behandling. Vid bortledning till Trosaån krävs att vattnet pumpas över en vattendelare i en 1,4 km lång tryckledning.

## 5.2 Alternativ 3 och 4 – uppdelad behandling av länshållningsvatten vid respektive tunnelmynning

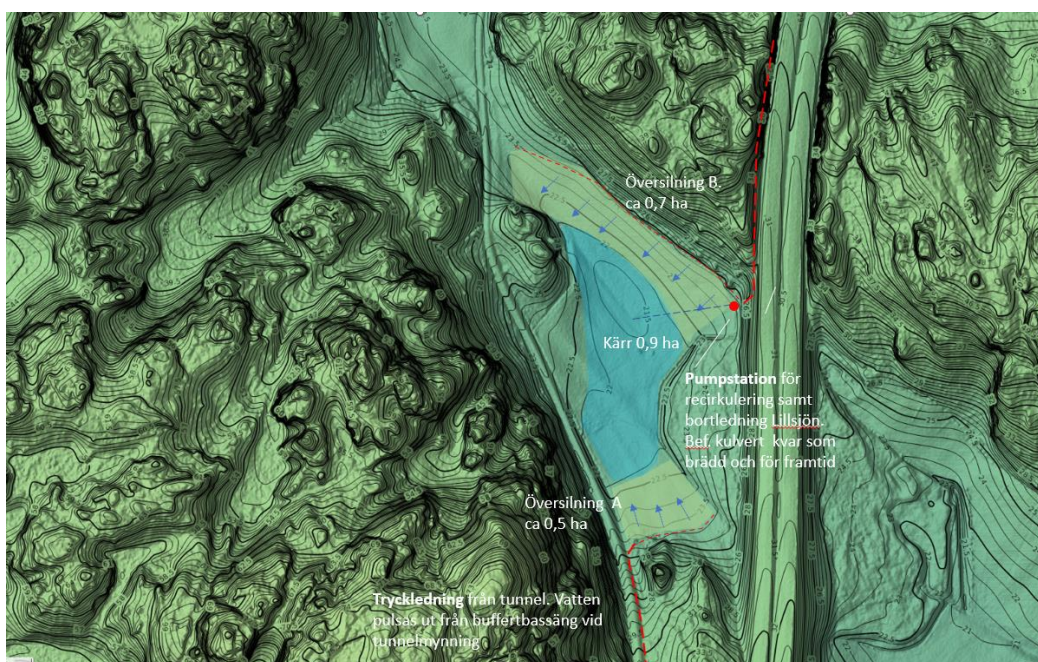
### 5.2.1 Behandling på Lindefältet – del av alternativ 3 och 4

Alternativet innebär att länshållningsvattnet från Tullgarnstunnelns norra tunnelmynning, norra arbetstunneln och Edebytunnlarna efter förbehandling i form av sedimentering, oljeavskiljning och viss pH-justering pumpas till *Linddefältet*. *Linddefältet* utgörs av för tillfället övergiven åkermark och ligger relativt nära tunnelmynningen och undanskymt från bebyggelse (Figur 10). Den utgörs av en skålformad lerfylld sänka, vilket ger möjligt att bygga upp en anläggning där vattnet kan recirkuleras mellan översilning och kärtytor (Figur 11).



Figur 10. Lindefältet är en avskild plats nära norra tunnelmynningen som bedöms vara lämplig för behandling av länshållningsvatten.

För att erhålla god spridning och möjlighet att växla mellan mättade och omättade förhållanden så bör vattnet pulsas ut över fältet på samma sätt som tidigare beskrivet för Risevid. Detta medför ett behov av att pumpstationen vid tunnelmynningen anläggs med en utjämningsvolym på minst 30 m<sup>3</sup>.



Figur 11. Vid Lindefältet kan en anläggning med översilningsängar och ett kärr iordningställas för behandling av länshållningsvatten från norra tunnelmynningen.

Fördelningen av vattnet över fältet kan ske med beskicksningsdike så som beskrivits för alternativet vid Risevid. En möjlighet som kan övervägas i detta fall är att fördela ut via en ledning med hål/spridarbrunnar förlagd i en makadamsträng. En sådan lösning kan vara att föredra för att slippa långa spridarledningar och/eller schakt av diken/ledningar visar sig svårt. Spridarledningen ges i så falla grov dimension för att minimera tryckförluster och jämn spridning utmed ledningen. Denna teknik för spridning är känsligare för frysning än öppna diken men används för översilning av lakvatten från deponier. För att undvika frysning är det viktigt att ledningen dräneras mellan beskicksningstillfällena och att man undviker långa perioder utan beskicksning.

Vattnet från området dräneras idag via en kulvert under väg E4 och vidare österut. Till kulvertens västra mynning ansluts en reglerbrunn som också fungerar som pumpstation och kontrollbrunn (röd prick). I fältets nedre del skapas genom dämningen som brunnen medför ett vattenfyllt område på cirka 1 hektar. Detta område besås före dämning med kaveldun. Från kärret leder en intagsledning in till pumpstationen varifrån vattnet fördelas ut över en översilningsäng i fältets norra kant (översilning B). I pumpstationen finns en recirkulationskammare med pump vilket medger att vattnet kan recirkuleras mellan kärret och översilning B flera gånger. Detta ger möjlighet att anpassa driften efter flöden och väderlek för optimal kvävereduktionen. Med modern teknik finns möjlighet att fjärrövervaka/styra pumpningen.

Överskottsvatten lämnar recirkulationskammaren till en pumpsump varifrån vattnet pumpas bort mot Lillsjön. För detta ändamål läggs en tryckledning efter E4:an som för vattnet cirka 150 m norrut där vattnet släpps ut till vägdiket och förs samman med dränerande vatten från åkrarna vid Edeby. Ett alternativ för hur vattnet bortleds och slutbehandlas finns framtaget, men illustreras ej i denna rapport.

Alternativet till nyttjande av fastigheten vid *Linddefältet* och markerna vid Lillsjön är avstämde med markägaren. Trafikverket saknar för närvarande rådighet.

#### 5.2.1.1. Dimensionering och bedömd rening

Under åren anläggningen är i drift beräknas flödena variera från cirka 3 l/s till 10 l/s. Med alternativet bedöms hög grad av nitrifikation kunna uppnås. Resthalter av ammonium i utgående vatten från anläggningen kommer sannolikt ligga runt 1–3 mg/l som årsmedelvärde. I bilaga 1 finns samtliga dimensioneringsdata sammanfattade.

Vid ett scenario där hälften av kvävespillet vid tunneldrivningen hamnar länshållningsvattnet (scenario 50/50, se avsnitt 3,3) kommer 3,7 ton kväve tillföras anläggningen per år. Ungefär 45 % av detta kväve (ca 1,6 ton) bedöms omvandlas till kvävgas i anläggningen. Utgående NO<sub>3</sub>-N-halt kommer under år med låg kvävebelastning ligga kring 5 mg/l, men kan under perioder med hög belastning hamna runt 20 mg/l. Ytterligare ammoniumkväve och nitrat kan avskiljas genom att sprida ut vattnet över de låglänta markerna vid Lillsjön.

#### 5.2.1.2. Anläggande, skötsel och avveckling

Anläggningsskedet innebär ledningsdragning, anläggande av ventilbrunn, beskickningsledningar, regler/pumpbrunn mm. Fältet markbereds och sås in med gräs och kaveldun på samma sätt som beskrivs under alternativet *Risevid*.

Drift, tillsyn och övervakning och kontroll av behandlat vatten utförs på samma sätt som beskrivs för anläggningen vid *Risevid*.

Efter att tunneln drivits klart avleds länshållningsvatten ifrån tunnelns lågpunkt mot den södra tillfartstunneln. Anläggningen kan då avvecklas här vid norra tunnelmynningen. Återställning av marken sker i samråd med markägaren och kan då anpassas så att den kvarstår med funktion för kväverening och med förutsättningar för andra naturvärden.

#### 5.2.1.3. *Kostnadsuppskattning Lindefältet – del av alternativ 3 och 4*

- Investeringskostnaden uppskattas till cirka 7 Mkr och kostnaden för löpande drift till 45 000 kr per år. Observera att kostnader för anläggandet vid Lillsjön ej är inräknade.
- Årskostnaden beräknas till drygt 1,3 Mkr (räknat på avskrivning av kapital på 6 år och en räntesats om 4 %)
- Kostnaden per kg avskilt kväve landar på 850 kr. (Årskostnad utslagen på avskild mängd kväve (1,6 ton per år).

Observera att totala kostnader för alternativ 3 och alternativ 4 även inkluderar kostnader för behandling vid *Risevid*, se avsnitt 0 och Tabell 6.

### 5.2.2 **Behandling vid Risevid – del av alternativ 3 och 4**

Detta är det södra alternativet vid behandling av länshållningsvatten vid respektive tunneldrivning. Lösningen är densamma som beskrivs i alternativet ”Behandling av allt länshållningsvatten vid *Risevid*”, avsnitt 5.1, med den skillnaden att den långa överföringsledningen längs väg E4 inte behövs för detta alternativ, samt att belastningen till anläggningen blir hälften så stor. För beskrivande text och figur hänvisas till avsnittet 5.1.

#### 5.2.2.1. *Dimensionering och bedömd rening*

Under de fyra år som tunneldrivning pågår kommer flödena variera mellan cirka 3 l/s och 10 l/s. Den sammanlagda mängden kväve som troligen kommer att belasta anläggningen under byggtiden är 15 ton. I bilaga 1 finns dimensioneringsdata sammanfattade.

Med alternativet bedöms hög grad av nitrifikation kunna uppnås. Resthalter av ammonium i utgående vatten från anläggningen förväntas vid föreslaget grundutförande ligga runt 1–3 mg/l som årsmedelvärde.

Drygt 50 % av kvävet bedöms omvandlas till kvävgas i anläggningens ytor med det föreslagna grundutförandet. Utgående NO<sub>3</sub>-N-halt förväntas ligga inom intervallet 5–20 mg/l beroende på variationer i mängd länshållningsvatten som hanteras. För att ytterligare reducera kväveinnehållet krävs tillsats av extern kolkälla eller att mer ytor för denitrifikation kan skapas på andra ställen.

#### 5.2.2.2. Kostnadsuppskattning Risevid – del av alternativ 3 och 4

Kostnadsuppskattningen inkluderar framledning, behandling och bortledning till recipient (Tabell 4). Enklast och billigast är att leda med självfall till Dike till Norasjön. Vid bortledning till Trosaån krävs att vattnet pumpas över en vattendelare i en lång tryckledning. Observera att totala kostnader för alternativ 3 och alternativ 4 även inkluderar kostnader för behandling på *Lindéfältet*, se 5.2.1.3 och Tabell 6.

Tabell 4. Kostnader för behandling vid Risevid som del av alternativ 3 och 4 med utsläpp till Trosaån respektive Norasjön

	Utsläpp till Trosaån	Utsläpp till Norasjön
Investering	9 Mkr	5 Mkr
Drift	45 000 kr/år	45 000 kr/år
Årskostnad	2 Mkr	1 Mkr
Kostnad per kg avskilt kväve*	950 kr	550 kr

\* Årskostnad delat på 2,0 ton avskilt kväve per år



## 6 Recipientalternativ vid behandling vid Risevid

Vad gäller kvävet påverkan i de mottagande havsrecipienterna så har en värdering av kustvattenförekomsternas känslighet inte bedömts vara meningsfull. Vattenrörelserna längs kusten varierar, men generellt är vattenutbytet mellan olika kustvatten mycket stort och kvävebelastningen från länshållningsvattnet obetydligt jämfört med de näringsmängder som havet själv transporterar runt.

### 6.1 Utsläpp till Trosaån

För att möjliggöra utsläpp till Trosaån krävs att det behandlade vattnet vid *Risevid* pumpas över vattendelaren till Trosaåns tillrinningsområde. Den lösning som bedömts enklast både tekniskt och juridiskt sett, är att pumpa vattnet från anläggningen i en tryckledning söderut längs den lilla vägen från Långhagen mot Solberga. Vattnet kan endera släppas i vägdiket när vattendelaren är passerad, alternativt ledas hela vägen ned till åkern vid Åbo. Från denna punkt leds vattnet i backdikedet vid norra åkerkanten fram till en dikestrumma som leder vattnet vidare söderut i ett öppet dike som mynnar i Trosaån strax öster om Vagnhärad (Figur 12)



Figur 12. Figuren visar hur det behandlade vattnet vid Risevid kan pumpas i tryckledning (röd streckad linje) söderut över vattendelaren och vidare med självfall i befintliga diken (blå streckad linje) till Trosaån.

Preliminära samtal har förts med Trosa kommun som är väghållare och med markägaren som talar för att rådighet för en sådan bortledning ska kunna vara möjlig att nå. Däremot anser kommunen inte att det är tänkbart att använda åkermarkerna ned mot Trosaån som våtmarksytor för extra kväverening (Trosa kommun, möte 2023-02-27)

### 6.1.1 Flöden och belastningar

Trosaån är en stor vattenförande å (MQ 3,8 m<sup>3</sup>/s) och flödet kommer inte att påverkas nämnvärt vid utsläpp. Den mängd kväve som beräknas tillföras med det behandlade länshållningsvattnet motsvarar mindre 5 % av Trosaåns nuvarande kvävetransport (123 ton/år, SMHI Vattenwebb). Det beräknas rymmas inom bedömningsgrunden för god ekologisk status avseende ammoniak och nitrat även utan rening av vattnet. I ån kommer dock endast en begränsad retention av kväve erhållas varför utsläppt mängd kväve till havet blir större än om Norasjön väljs som recipient.

## 6.2 Utsläpp till Norasjön

Det tekniskt sett enklaste och mest naturliga sättet att släppa ut det behandlade vattnet är med självfall till Dike till Norasjön. En fördel med detta alternativ är att vattenföringen i Dike till Norasjön och Norasjöbäcken kommer att öka. Idag går dessa vattenvägar ibland torra, men med utsläpp av länshållningsvatten kommer de ha ett ständigt flöde. En annan fördel med ett utsläpp mot Norasjön är att den naturliga retentionen i Dike till Norasjön, Norasjön och Norasjöbäcken kan nyttjas för att minska utsläppen av gödande kväve till havet. Retention i sjöar i södra Sverige uppskattas till 30–40 kg/ha år (SMHI 2007) och i kärrmarker knappt 1000 kg/ha år (Eviem 2013). Då Norasjöns sjöyta är drygt 65 hektar och omges av kärrmarker som ibland översvämmas, bedöms retentionen uppgå till minst två ton per år om Norasjön väljs som recipient.

Mot dessa fördelar står riskerna att påverka naturvärden inom Natura 2000 och risken för att ytterligare höja halten av ammoniak som redan idag under vissa tillfällen på året överskrider bedömningsgrunden för god ekologisk status avseende ammoniak. Vilka eventuella konsekvenser ett utsläpp av behandlat länshållningsvatten kan ha för Norasjöns vattenekologi diskuteras längre fram i detta kapitel.

### 6.2.1 Flöden och belastningar

Tillrinningsområdet till Norasjön är ungefär 11 km<sup>2</sup> (tolkat ur Scalgo och SMHI:s vattenwebb). Vattenföringen är cirka 70 liter per sekund (räknat på 7 l/s per km<sup>2</sup>). Kvävebelastningen idag är ungefär 5 ton per år (Vattenwebben) och kvävehalten i Dike till Norasjön cirka 1,9 mg/l. I Norasjön är halterna varierande (0,8–4 mg/l) och består till största delen av organiskt kväve (uppmätt vid 10 provtagningar).

Om det renade länshållningsvattnet förs till sjön kommer den att få ett grundflöde första året om cirka 7 liter per sekund, vilket därefter ökar till som mest 22 l/s det tredje året (ökningen sker successivt ju längre tunneln drivs). Tillförseln av kväve skulle under de år som byggarbetena pågår beroende på scenario öka med mellan 40 % och upp till mer än det dubbla gentemot dagens kvävetransport till Norasjön. När byggfasen avslutas kommer halterna relativt snabbt att avklinga och återgå till tidigare nivåer. I Tabell 5 nedan redovisas medeltal för flöden, kvävetransporter och kvävehalter i Dike till Norasjön vid de tre olika scenarierna för byggfasen, om anläggningen vid *Risevid* byggs enligt grundutförandet.

Tabell 5. Vattenflöden, kvävetransporter och kvävehalter idag, under byggfas (scenario 1, 2 och 50/50) och under driftfas i Dike till Norasjön.

Till Norasjön	Enhet	Idag	Byggfas Scenario 1	Byggfas Scenario 2	Byggfas Scenario 50/50	Driftfas
Vattenflöde	l/s	70	83	83	83	75
Kväve (TOT-N)	ton/år	4,5	10,2	6,4	9,1	4,5
Kväve (NO <sub>3</sub> -N)	ton/år	2,8	7,6	4,3	6,6	2,8
Kväve (NH <sub>4</sub> -N)	ton/år	0,1	1,0	0,5	0,9	0,1
Kväve (TOT-N)	mg/l	1,9	3,9	2,4	3,5	1,9
Kväve (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l	1,2	2,9	1,6	2,5	1,2
Kväve (NH <sub>4</sub> -N)	mg/l	0,04	0,4	0,2	0,3	0,04

## 6.2.2 Natura 2000 – skyddsvärda strandängar

De naturvärden som identifierats som särskilt skyddsvärda och som möjligen kan påverkas av utsläpp av kväverikt vatten, är strandängarna vid Norasjön (Ekologigruppen 2006). Strandängarna är klassade som "Fuktängar med blåttåtel och starr" (EU-kod 6410b). Naturtypen är betingad av långvarig hävd (bete eller slåtter) och variationer i grundvattennivån, med återkommande vattenmättad mark, till exempel epilittoraler som påverkas av växlingar mellan hög- och lågvattenstånd.

Växtekologisk expertkunskap talar för att de aktuella strandängarnas växtsamhällen ej tar skada av kväverikt vatten, utan snarare gynnas av utsläpp, förutsatt att kvävet är väl nitrifierat. Börje Ekstam, Fil dr vid Linnéuniversitetet, en av Sveriges ledande våtmarksekologer och som arbetat mycket med restaureringsplaner och åtgärdsprogram för att återskapa förlorade våtmarksfunktioner, gör följande preliminära bedömning av länshållningsvattnets eventuella påverkan på de aktuella strandmiljöerna:

- Jordarna i området är överlag kalkrika. Eftersom fosfor binds till kalk är det sannolikt att fosfor begränsar produktionen vid strandängarna, liksom på de flesta markerna i området. För att så är fallet talar till exempel höga kvävehalter i Dike till Norasjön (1,9 mg/l). Om fosfor är tillväxtbegränsande så kan kväve inte öka produktionen. I sådana ekosystem kommer nitrat att transporteras vidare utan att tas upp av vegetationen eller immobiliseras av bakterier.
- För fuktängar som de vid Norasjön, som är stadda i igenväxning, ansamlas organiskt material. När marken är vattenmättad uppstår syrebrist vilket leder till ofullständig nedbrytning med bildning av humus-/fulvosyror och lågmolekylära organiska syror. Negativt laddade, dissocierade, humus- och fulvosyror konkurrerar i sådana miljöer med fosfat om bindning till kalciumjoner. Minskad andel kalciumbunden fosfat ökar tillgängligheten av fosfor för växterna och mikroorganismerna. Vidare leder syrebrist och låg redoxpotential till att järnbunden fosfor frigörs. I den reducerande miljön förbrukas nitrat av denitrifikationsbakterier. Igenväxning i kalkpräglade fuktängar med blåttåtel och starr leder alltså till förhållanden som förändrar den relativa tillgängligheten för växterna av N och P. Systemet förskjuts successivt från fosforbegränsning i



hävdat tillstånd, via balans i NP-tillgänglighet till kvävebegränsning efter långvarig ohävd och ansamling av organiskt material

- Under sådana förhållanden har utsläpp av nitrat sannolikt en positiv effekt på fuktängarnas vegetation. En ökad tillgänglighet av fosfat skapar förutsättningar för ökad denitrifikation och förbrukning av nitrat. Genom immobilisering konkurrerar samtidigt bakterierna med växtrötterna om fosfor. God nitrattillgång ökar nedbrytningshastigheten och motverkar sjunkande redoxpotential. Det minskar ackumuleringen av organiska syror, som skadar våtmarksväxternas rotbildning, vilket i sig gynnar de skyddsvärda (kalkgynnade) arterna. Processerna är välkända i Mellaneuropa genom studier av så kallade kalklogotrofi och förklarar också varför Tåkern och andra stora grunda slättsjöar inte skadas av stor nitratbelastning. Börje Ekstam har genom studier av våtmarker på Öland visat hur tillgängligheten av P ökar med igenväxningen och hur det leder till skiften i tillväxtbegränsning. I studier av sjön Tåkern har han också visat att höga koncentrationerna av nitrat, som under våren tillförs från omgivande åkermark, snabbt försvinner ombildas till kvävgas, när vattnet fördelas i strandvegetationen.

### 6.2.3 Akvatisk fauna

Norasjön är ej klassad som en limniskt Natura 2000-naturtyp men har ett högt naturvärde bland annat till följd av fem arter stormusslor som kan vara känsliga för extremt höga halter av (ammonium-)kväve.

Det finns i litteraturen dokumenterat negativa samband mellan förekomst av spetsig och äkta målarmussla (*U. tumidus* och *U. pictorum*) samt flat dammussla (*P. complanata*) och höga nitrathalter. Orsakerna till detta samband är dock oklart. Något som talar emot att musslor skulle vara nitratkänsliga är att förordningen om lax- och musselvatten varken innehåller rikt- eller gränsvärden för kväve i musselvatten. Ytterligare information som talar emot att nitrat faktiskt är negativt för fisk och musslor, är undersökningar som gjorts i spillvattenvåtmarker som tillförs nitrifierat vatten. I Ekeby våtmark i Eskilstuna, är nitrathalten mer än 12 mg/l. Trots detta finns där ett rikt fiskliv (bland annat ruda, mört, abborre och gädda) och musslor. Vid en tömning av en av de inledande dammarna som gjordes sommaren 2023 upptäckte man att bottarna var täckta av dammusslor, varav en del exemplar var upp till 2 dm stora (muntligen Ulrika Bruilant, ESEM).

Att höga ammoniakhalter är både akut och kroniskt toxiskt för flera akvatiska organismgrupper inklusive musslor är väl dokumenterat i litteraturen (ITM, 2013). Eftersom ammoniak står i jämvikt med ammonium och jämviktens fördelning är starkt pH-beroende medför det att en kombination av höga ammoniumhalter och högt pH kan vara skadlig för musslor. Enligt IVL ligger till exempel gränsen för NOEC (No Observed Effekt Concentration) för mussla vid 2,0 mg/l för ammonium vid pH 8 (IVL 2002). Denna halt ligger långt över de halter som idag uppmätts i sjön. Med den anläggning som föreslås för rening av allt länshållningsvatten vid Risevid bedöms halten ammonium i utgående vatten uppgå till mellan 1–4 mg/l (se avsnitt 5.1). Den resulterande ammoniumhalten i Dike till Norasjön beräknas som årsmedelvärde bli 0,4 mg/l vid scenario 1, se avsnitt 6.2.1. Denna halt understiger NOEC med en faktor 5 vid pH 8. Det tycks alltså inte finnas uppenbara skäl att befara negativ påverkan av ammonium på musslor vid utsläpp till Norasjön. Ytterligare stöd för den hållningen kan hämtas från

erfarenheterna från Ekeby våtmark. Ammoniumhalterna i våtmarken varierar beroende på hur bra aktivslam-processen fungerar i reningsverket, från halter sommartid under 0,1 mg/l till 20 mg/l vintertid (Molin, 2023). Eftersom primärproduktionen i våtmarken i stort sett bara består av mikroalger stiger pH till långt över 9 soliga dagar, dvs en stor andel av förekommande ammonium övergår till ammoniak.

Utifrån försiktighetsprincipen bör dock ytterligare kunskap dock inhämtas innan slutlig bedömning kan göras av riskerna för musselarterna i Norasjön med avseende på förhöjda kvävehalter.

#### **6.2.4 Miljö kvalitetsnormer**

I VISS anges att ”Den ekologiska statusen har bedömts till måttlig med okänd tillförlitlighet. Klassningen baseras på miljökonsekvenstyperna övergödning.” Bedömningen får stöd av provtagningen som gjorts inom Ostlänken. Vid de åtta provtagningar som gjorts har medelhalten av totalfosfor varit 277 µg/l. Provtagningen visar även på förhöjda halter av ammoniakkväve ((NH<sub>3</sub>-N) som beräknats utifrån ammoniumhalt, temperatur och pH.) NH<sub>3</sub>-N har vid de åtta provtagningarna i medeltal varit 6,6 µg/l och som mest 31,5 µg/l, dvs halter som ligger sju respektive fem gånger högre än bedömningsgrunden för god ekologisk status avseende ammoniak.

Man kan ställa sig frågan hur det är möjligt att Norasjön redan i dag har halter som överstiger bedömningsgrunden för god ekologisk status avseende ammoniak. Men situationen är inte ovanlig för näringsrika grunda sjöar och uppstår typiskt sommartid i samband med algblomning då alger assimilerar mycket koldioxid vilket höjer vattnets pH. I Norasjöns fall kan konstateras att höga halter beräknad ammoniak uppträder just under sommaren och sammanfaller med högt pH i vattnet (8,2–9,4). I Dike till Norasjön som svarar för merparten av det vatten som tillförs Norasjön uppmättes betydligt lägre pH än i sjön (pH 7 som medel av 6 provtagningar) vilket indikerar att det är alg tillväxt i sjön som höjer pH.

Som beskrivits ovan är markerna kring Norasjön sannolikt fosforbegränsade. Detta innebär att kväve lätt lakas ut från marken. Att så är fallet indikeras av de provtagningar som gjorts i diket till Norasjön. Medelhalten av totalt kväve från sex provtagningar var 2,7 mg/l. Vid ett tillfälle (2019-10-23) uppmättes 6,8 mg/l vilket är ett extremt högt värde. I Norasjön var medelhalten beräknad från åtta provtagningar av totalt kväve 1,9 mg/l

Vid bedömning god ekologisk status för Norasjön avseende ammoniak vore det relevant att beakta att de höga halter av ammoniak som uppkommer är en konsekvens av hög kvävetillförsel och frekvent algblomning liksom att sjöns biota är anpassad till denna situation. Det är inte osannolikt att utsläpp av renat (välnitrifierat) länshållningsvatten från *Risevid* snarare förbättrar än försämrar livsvillkoren för sjöns och bäckens akvatiska liv. Tillförseln av många sekundärer syrerikt sötvatten är utan tvekan en tillgång för flertalet av vattenlevande organismer. Stabila flöden i Norasjöbäcken ger till exempel möjlighet för reproduktion av havslevande fisk som gädda. Tillförseln av nitrat minskar risk för anaerobi, svavelvätebildning och fosforläckage ur sediment (jämför med processerna som beskrivs i 6.2.2).

### 6.2.5 Sammanfattning

- Utsläpp till Norasjön är ett enkelt och naturligt sätt att släppa ut det renade länshållningsvattnet till havet. Positiva effekter för miljön är att Dike till Norasjön och Norasjöbäcken aldrig kommer att gå torra och att retention minskar påverkan på havet. Det som talar emot utsläpp är att bedömningsgrunden för god ekologisk status avseende ammoniak ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) överskrids redan idag, samt frågetecken kring hur sjöns akvatiska värden skulle påverkas av utsläppt ammoniumkväve.
- För att halten av ammoniak ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) inte skall öka bör ammoniumhalterna i det vatten som avrinner från anläggningen vara i samma storleksordning som de högsta halterna i Norasjön, dvs runt 200–400  $\mu\text{g/l}$ . Det ska dock beaktas att sjöns tillstånd avseende toxisk ammoniak och högt pH, är en konsekvens av högt näringsstillstånd i kombination med algblomning och att sjöns biota i nuläget är anpassad till denna situation.
- För att minska risk för negativ påverkan på Norasjön bör anläggningen vid *Risevid* utformas och dimensioneras för så hög nitrifikation som möjligt (högre prioritet än denitrifikation).

## 7 Separat behandling av länshållningsvattnet för Edebytunnlarna

I de alternativ som beskrivits ovan förutsätts att länshållningsvattnet från Tullgarnstunneln och Edebytunnlarna hanteras tillsammans, eftersom tunnlar ligger nära varandra. Det kan dock finnas behov av en separat behandling av länshållningsvattnet från Edebytunnlarna, till exempel om drivningen av dessa tunnlar kommer igång snabbare än drivningen av Tullgarnstunneln.

Edebytunnlarna utgörs av två kortare tunnlar som vardera är cirka 150 meter långa. Under byggtiden på 1,5 år beräknas att en maximal kvävemängd om 2 ton kommer tillföras länshållningsvattnet, se avsnitt 3.3. Vid ett mer troligt utfall (50/50.) bedöms kvävetillförseln bli drygt 1,5 ton. Flödet av länshållningsvatten beräknas vara störst under det första året och uppgår då till 120 m<sup>3</sup>/d (varav processvatten 50 m<sup>3</sup>/d) vilket motsvarar 1,4 l/s.

En idé som diskuterats och bedömts intressant inte minst ur ett resurshushållningsperspektiv är att nyttja det kväverika vattnet som bevattningsvatten på växande gröda. Fält lämpliga för bevattning finns i närheten, men efter diskussioner med markägaren har alternativet inte bedömts vara framkomligt.

Ett alternativ som återstår är att nyttja *Lindéfältet* för behandling. En anläggning för rening av enbart länshållningsvattnet från Edebytunnlarna byggs upp på liknande sätt som beskrivs i avsnitt 5.2. Med enbart vatten från Edebytunnlarna som pumpas till *Lindéfältet* kan anläggningen utformas lite enklare. Till exempel behövs endast översilning i den norra delen av fältet.

Eftersom både flöde och kvävebelastning är så modesta (som mest 4,5 mm/d respektive knappt 1 ton kväve per år) kan en mycket långt gången (närmast fullständig) kvävereduktion förväntas på de 1,5 hektar som enkelt kan tillgängliggöras på fältet. Möjligheter torde därmed finnas att leda vattnet ut mot Sörsjön utan att hamna i konflikt med limnologiska naturvärden (till exempel vattensalamandrar i viltvatten). Med ett sådant recipientalternativ blir kostnaderna också mer rimliga än om vattnet måste pumpas över vattendelaren mot Lillsjön. Kostnad för anläggande av anläggningen uppskattas till drygt 4 miljoner kronor, men eftersom den reducerade kvävemängden är så liten blir kostnaden per kilo borttagen mängd kväve hög (ca 2 000 kr/kg).

## 8 Avfärdade alternativ

Under arbetet med järnvägsplan har en mängd olika alternativ för rening studerats. I tidigt skede diskuterades olika tekniska lösningar såsom MMBR, SBR ammoniakavdrivning, men också lösningar där våtmarker nyttjas för rening. De mer tekniska alternativen ansågs alltför resurskrävande och tekniskt sårbara varför denna utredning endast studerat alternativ med anlagda våtmarker. Bland idéer som undersökts men avfärdats i föreliggande utredning hör:

- Naturliga våtmarker. Naturliga våtmarker är inte effektiva för nitrifikation vilket krävs för långtgående rening av länshållningsvattnet. De kan möjligen fungera som efterpoleringssteg eller del i bortledning av nitrifierat kväve. De flesta av de naturliga våtmarker som Trafikverket i tidigt skede identifierat som tänkbara, bedömdes under utredningens gång omöjliga att nyttja, endera på grund av risk för påverkan av skyddsvärd natur (till exempel Natura 2000 eller recipient) eller på grund av orimliga kostnader.
- Skogsbevattning/infiltration. Detta skulle vara en bra ide för att nyttja vattnets innehåll av kväve och vatten, men fungerar bara sommartid av framför allt praktiska skäl (frysning i ventiler och ledningar). Eftersom skog inte mår bra av att belastas med för mycket vatten och kväve (speciellt inte utanför växtsäsong) skulle stora ytor åtgå. I det kuperade landskapet med tunna jordtäcken finns risk för kontaminering av grundvatten och enskilda brunnar nedströms med nitrat.
- Sörsjön som recipient efter behandling vid *Lindefältet*. Ett sådant alternativ är naturligt eftersom *Lindefältet* tillhör Sörsjöns avrinningsområde. Detta har dock inte bedömts vara lämpligt då delar av sjön ligger inom Natura 2000 (med naturtyp 3150) och limniska värden finns dokumenterade. I diket mellan *Lindefältet* och Sörsjön finns också ett viltvatten som uppges hysa mindre vattensalamander. Alternativet bortskrevs av ovanstående skäl.
- Långsjön som recipient. Är en fin klarvattensjö med stor vattenvolym. Då utsläppsutrymmet för ammonium är stort skulle sjön potentiellt vara intressant som recipient för behandlat länshållningsvatten. Då ingen lämplig plats kunde hittas för behandling i närområdet till tunnelmynningen bortskrevs sjön som möjlig recipient. Sjön ligger dessutom inom samma Natura 2000-område som Norasjön (Tullgarn södra).

## 9 Värdering av alternativ

I detta avsnitt görs en värdering av de fyra identifierade alternativen enligt den upprättade kravspecifikation, se avsnitt 4. Matrisen nedan sammanfattar hur utfallet bedömts för de olika alternativen (Tabell 6). Observera att samtliga alternativ bedöms uppfylla försiktighetskrav för att minimera risk för påverkan grundvatten/enskilda brunnar samt avseende teknisk tillförlitlighet och möjlighet till egenkontroll.

Tabell 6. Värdering av de fyra identifierade alternativen (avsnitt 5) enligt uppsatt kravspecifikation

Kriterier enl. kravspec.	Alt. 1)	Alt. 2)	Alt. 3)		Alt. 4)	
	Risevid-> Trosaån	Risevid-> Norasjön*	Lindfältet -> Lillsjön/Kyrksjön*	Risevid-> Trosaån	Lindfältet -> Lillsjön/Kyrksjön*	Risevid-> Norasjön*
<b>Rådighet</b>	Mycket troligt Trosa k:n är markägare	Mycket troligt	Troligt Dialog förts med markägare	Mycket troligt Trosa k:n är markägare	Troligt Dialog förts med markägare	Mycket troligt
<b>Utsläpp av gödande kväve till havet</b>	4,5 ton/år	2,3 ton/år inräknat retention*	<0,1 ton/år inräknat retention*	1,7 ton/år	<0,1 ton/år inräknat retention*	<0,1 ton/år inräknat retention*
<b>Risk att strida mot god ekologisk status av ammoniak</b>	Nej	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja
<b>Risk för påverkan på akvatiskt liv</b>	Ingen	Stormusslor?	Ingen	Ingen	Ingen	Stormusslor?
<b>Risk att påverka Natura 2000 och naturvärden</b>	Ingen risk	Risk för konflikt Men strandängar sannolikt ej känsliga för nitrat	Ingen risk	Ingen risk	Ingen risk	Risk för konflikt Men strandängar sannolikt ej känsliga för nitrat
<b>Resurs-hushållning</b>	Längre ledningar, schakt och maskinell utrustning och pumparbeten	Kortare ledningar, mindre schakt, maskinell utrustning och pumparbeten	Korta ledningar, dubblerad mängd maskinell utrustning	Korta ledningar, dubblerad mängd maskinell utrustning	Korta ledningar, dubblerad mängd maskinell utrustning	Korta ledningar, dubblerad mängd maskinell utrustning
<b>Mervärden</b>	-	Flödande vatten mm	-	-	-	Flödande vatten mm
<b>Ekonomisk rimlighet - investering</b>	19 Mkr	15 Mkr	16 Mkr (7+9)		12 Mkr (7+5)	
<b>Ekonomisk rimlighet – kostnad per kg N</b>	1350 kr	1050 kr	900 kr (850 + 950)/2		700 kr (850 + 550)/2	

\*Retention i Norasjön 60 ha => 2,2 ton per år. Retention i Lillsjön och Kyrksjön 230 ha => 8 ton per år (antag 35 kg/ha/år enligt B Arheimer och C Pers, SMHI 2007).

Under samrådet med berörda länsstyrelser och kommuner 2023-02-14 gjordes en noggrann genomgång av matrisen. Utredningens bedömning är att *alternativ 4, behandling på Lindefältet med utsläpp till Lillsjön/Kyrksjön och behandling vid Risevid med utsläpp till Norasjön*, som annars skulle varit bäst ur miljösynpunkt, inte är genomförbart med hänsyn till den tillförsel av ammonium till recipienterna som alternativet riskerar medföra. Alternativet ger annars minst utsläpp till havet och mervärden i form av ständigt strömmande vatten i Dike till Norasjön och Norasjöbäcken.

Alternativ 4 beräknas också vara billigast, samt förbrukar mindre material och energi än de övriga alternativen. Detta därför att alternativet innebär kortare ledningsdragningar och mindre pumparbeten än övriga alternativ. Kostnaden för kvävereningen i alternativ 1, där allt vatten behandlas vid Risevid och pumpas mot Trosaån, blir mer än dubbelt så hög.

Mot dessa miljömässiga och ekonomiska fördelar står dock miljökvalitetsnormen god ekologiska status för Norasjöbäcken/Norasjön respektive Lillsjön/Kyrksjön och bedömningsgrunden för ammoniak. Därför förordas istället alternativ 1, det enda möjliga alternativet. Trosaån, som har en stor vattenföring, har ett stort utsläppsutrymme för ammonium. Beräkningar visar att man klarar bedömningsgrunden för ammoniak i Trosaån med god marginal även utan behandling av länshållningsvattnet, se avsnitt 3.6.1.

Det kan tyckas som att miljökvalitetsnormen god ekologisk status och näringssituationen i Trosafjärden skulle kunna tala emot alternativ 1. Totalkvävemängden sommardag bedöms av vattenmyndigheten som otillfredsställande. I vattenmyndigheternas åtgärdsprogram anges också beting för minskad näringsbelastning för att nå målet om god ekologisk i Trosafjärden, där bland annat Trosaån ska bidra med en minskning på minst 6 ton per år (VISS). Vid samråd för MKB för järnvägsplan har dock utsläppen bedömts vara förenliga med miljökvalitetsnormen och länsstyrelsen i Södermanland och Stockholm har gemensamt förordat Trosaån som recipient efter kvävereducerande åtgärder. Vid prövningen av planen konstaterades att utsläppet av länshållningsvatten är tillfälligt och att kvävemängderna (även utan rening) ryms inom rådande mellanårsvariationer varför utsläppen inte genererar någon varaktig försämring av kvalitetsfaktorn näringsämnen. I den framtagna miljökonsekvensbeskrivningen för järnvägsplan framhålls även att Ostlänken på sikt bedöms bidra till minskad kvävebelastning genom att åkermark som normalt medför kväveläckage till vatten ianspråkats för järnvägsanläggning, samt genom att utsläpp av kväveoxider minskar då andelen transporter som drivs av förbränningsmotorer kan minska när Ostlänken börjar nyttjas jämfört med nuläget. Då de av Vattenmyndigheten föreslagna åtgärderna för att minska påverkan inte planeras i områden som ianspråkats av Ostlänken kommer Ostlänken inte att försvåra möjligheterna att genomföra åtgärder för att uppnå god ekologisk status avseende näringsämnen.

## 10 Slutsatser

- Två lämpliga platser för behandling av länshållningsvattnet har identifierats, nämligen *Risevid* nära södra tunnelmynningen och *Linddefältet* nära norra tunnelmynningen. *Risevid* ägs av Trafikverket och markägaren till fastigheten vid *Linddefältet* har ställt sig positiv till den föreslagna anläggningen.
- Sammantaget alla beaktade aspekter förordas alternativ 1, det vill säga Hantering av allt vatten vid *Risevid* och utsläpp till Trosaån. Den främsta anledningen är att Trosaån är en stor recipient med stort utsläppsutrymme för ammoniumkväve varför utsläpp till Trosaån inte hamnar i konflikt med miljö kvalitetsnormen god ekologisk status. Om möjligheter öppnas att för en förfinad tolkning av miljö kvalitetsnormen, där en värdering av verkliga effekter i ekosystemet kan bedömas och beaktas, pekar utredningens resultat på att en lösning där Norasjön och Lillsjön/Kyrksjön kan användas som recipienter är att föredra.
- För att minimera påverkan på havet så bör anläggningen vid *Risevid* utformas för att erhålla så hög kvävereduktion som möjligt (för primärproduktionen i havet är kväveformen egal). Ytor för denitrifikation bör prioriteras framför nitrifikation. Det förslag som framarbetats innehåller också möjlighet att tillsätta extern kolkälla för att ytterligare öka kvävereduktionen.



## 11 Kvarvarande utredningsbehov

Det har inte identifierats något kvarvarande utredningsbehov innan man kan gå vidare och projektera förordnat alternativ.

Mer allmänt kan konstateras att det tycks finnas ett behov av ökad kunskap kring risker kopplade till ammoniumhalter i vatten som omfattas av Natura 2000 eller där risk finns för att bedömningsgrunden för god ekologisk status avseende ammoniak överskrids. Det förefaller i nuläget inte tillfredsställande belyst hur musslor och annat akvatiskt liv kan påverkas vid halter kring bedömningsgrunden för god ekologisk status avseende ammonium (medelvärdet).

## 12 Referenser

af Petersens, E. 1999. Funktionsuppföljning av våtmark Alhagen, Nynäshamn examensarbete, WRS.

EAWAG, 2021. A Sanitation Journey, Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA)

Ekologigruppen, 2006. Tullgarn Natura 2000-miljökonsekvensbeskrivning för passage av ny järnväg, september 2006.

EVIEM, 2013. How effective are created or restored freshwater wetlands for nitrogen and phosphorus removal, A systematic review protocol. *Environmental Evidence* 2013, 2:16.

Flyckt L, 2010. Reningsresultat, drifterfarenheter och kostnadseffektivitet i svenska våtmarker för spillvattenrening, Examensarbete, Linköpings Universitet.

GWP, 2007. Sustainable Sanitation in Central and Eastern Europe, I Bodik och P Ridderstolpe.

Herbert R, Nordström A. 2016. Leachate generation and nitrogen release from small-scale rock dumps at the Kiruna iron ore mine.

ITM, 2013. Förslag till gränsvärden för särskilda förorenade ämnen (SFÄ). Institutionen för tillämpad miljövetenskap, ITM. Stockholms Universitet. Maj 2013. ITM-rapport 219.

IVL, 2002. Ammoniaks påverkan på akvatiska och terrestra organismer, Charlotte Lindgren mfl, IVL Rapport, maj 2002.

Klara Vatten, 2022. Förstudie till vårdfiske i Kyrksjön, Uppdrag för Södertälje kommun

Länsstyrelsen Stockholm 1997. Havsöringens reproduktion i Stockholms län 1995. Länsstyrelsens rapport 1997:06.

Metcalf & Eddy, 1991. Chapter 7: Fundamentals of Biological Treatment in: *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*, Fourth Edition. McGraw-Hill, New York, NY.

Naturvatten, 2011. Makrofytinventering i fem sjöar i Stockholms län. Länsstyrelsen i Stockholms län 2012.

Nitro Consult. 2013. Förstudie sprängning Rödene Wind Farm

Olsson M, Åkeson U, Niklasson B. 2019. Lakning av kväve i bergmassor från tunnlar

Rindeskog S, 2009. Tunnelvatten - Miljöeffekter och åtgärder. Örnsköldsvik, Botniabanan AB

SMHI, Vattenweb.

Stråe D, 2004. Slutrapport från ett ettårigt försök med översilning av lakvattnet från Korslöts avfallsanläggning i Vagnhärads Våtmark, WRS rapport, 2004-09-23

Svenskt Vatten, 2022. PM. Miljökvalitetsnormer påverkar VA verksamheter 2016 uppdaterad juni 2022.

Södertälje kommun, 2004. Sjöar och vattendrag i Södertälje, Rapport juli 2004.

Trafikverket. 2016. PM utsläpp till vatten/miljökvalitetsnormer för vatten, Västlänken och Olskroken planskildhet, MPU02-00-025-00-0190.

VISS. Vatteninformationssystem Sverige. ([www.lansstyrelsen.se](http://www.lansstyrelsen.se))

Walve J och Rolff C, 2022. Tillståndet i Kustvattnet – resultat från förbundets mätprogram; Svealands Kustvattenförbund.



**TRAFIKVERKET**

Trafikverket

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

[www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se)