

Ansökan om tillstånd  
enligt 9 och 11 kap. miljöbalken



# Bilaga T3

# Teknisk beskrivning

# Tunnel

Version 2.0

# BILAGA T3, TEKNISK BESKRIVNING TUNNEL

MAXIMA  
Projekt Tillstånd  
Tillståndshandling  
Miljöbalken

2023-05-30

**Slutversion**



8178 Tillståndshandling Teknisk beskrivning Tunnel utg 2.0.docx

Dokument-ID: 8178-TH-MB-TB-T3-001

Utgåva: 2.0

**Titel:** Bilaga T3, Teknisk beskrivning Tunnel

**Status:** Slutversion

**Kontaktperson:** Lena Hellberg, VA SYD

**Dokumenttyp:** Teknisk beskrivning

**Dokument-ID:** 8178-TH-MB-TB-T3-001

**Upprättad av:** Sweco Sverige AB

**Författare:** Christina Sverdrup, Julia Lundkvist, Cornelia Jarlbo

**Datum:** 2022-03-11

**Reviderad av:** Sweco Sverige AB

**Författare:** Cornelia Jarlbo, Elsa Porsbo, Christina Sverdrup

**Utgåva:** 2.0

**Datum:** 2023-05-30

#### Revisionshistorik i tabell

Datum	Utgåva	Orsak till revidering	Utfört av
2023-05-30	2.0	Slutlig handling ny omfattning	Cornelia Jarlbo, Elsa Porsbo, Christina Sverdrup
2022-03-11	1.0	Slutlig handling inklusive tunnel från Lund	Cornelia Jarlbo, Julia Lundkvist, Christina Sverdrup

## Innehållsförteckning

1	Läsanvisningar .....	6
2	Bakgrund.....	6
2.1	MAXIMA .....	6
3	Inledning .....	6
3.1	Avgränsning .....	8
4	Förutsättningar .....	8
4.1	VA-tekniska förutsättningar .....	8
4.1.1	Dimensionerande flöden och kapacitet för flödesutjämning .....	9
4.1.2	Anslutningspunkter .....	10
4.1.3	Bräddning .....	10
4.2	Geologiska förutsättningar .....	12
4.3	Hydrologiska förutsättningar .....	13
4.3.1	Grundvatten i berg .....	14
4.3.2	Grundvatten i jord .....	15
4.3.3	Ytvatten .....	15
4.4	Föroreningar i mark.....	17
5	Redogörelse av systemval .....	18
5.1.1	Val av utformning .....	18
5.1.2	Val av avloppstunnelsträckning.....	19
6	Anläggningsbeskrivning för ansökt verksamhet.....	20
6.1	Systembeskrivning.....	20
6.2	Huvudtunnel.....	20
6.3	Mikrotunnlar .....	21
6.4	Tunnelsegment och beläggningar .....	22
6.5	Pumpstation .....	22
6.6	Schakt .....	24
7	Utvärdering av bästa möjliga teknik.....	25
8	Byggmetoder och genomförande.....	26
8.1	Tidplan.....	26
8.2	Tunneldrivning.....	27
8.2.1	EPB-TBM med segmentlining .....	27
8.2.2	EPB-TBM med pipe jacking.....	29
8.3	Schakt .....	30

8.4	Arbetsområden .....	34
8.5	Vattenhantering .....	35
8.6	Energiåtgång.....	37
8.7	Transporter.....	37
8.8	Hantering av massor.....	38
8.9	Hantering av avfall.....	39
8.10	Hantering av kemiska produkter och material.....	39
8.11	Risk och säkerhet vid tunneldrivning .....	40
9	Skyddsåtgärder .....	40
9.1	Åtgärder för grundvattenpåverkan .....	40
9.2	Behandling av överskottsvatten.....	42
9.3	Åtgärder för sättningar orsakade av uttag av jord och bergmassor .....	43
9.4	Åtgärder för sättningar orsakade av tunnelborrning .....	43
9.5	Åtgärder för buller, vibrationer och stomljud .....	43
9.6	Åtgärder för luftkvalitet, luktemissioner och klimatgaser .....	44
9.7	Åtgärder för damning.....	45
10	Uppföljning och kontroll under byggskedet.....	45
11	Referenser .....	46

## Förteckning över bilagor

Rapporten innehåller inga bilagor.

## Nomenklatur och förkortningar

**ABMA-ledning** - ABMA, AB Malmöregionens avlopp, som bildades 1958, bygger och driver anläggningar för avledande av avloppsvatten från samhällena Arlov, Hjärup, Lomma och Åkarp till Sjulunda avloppsreningsverk i Malmö. Bolaget ägs av Burlövs, Lomma och Staffanstorps kommuner.

**Byggskede** är det skede under vilket byggnation pågår.

**Dagvatten** är regn-, spol- och smältvatten som rinner på hårdgjorda ytor eller på genomsläpplig mark. Det tillförs avloppsledningsnätet och avleds genom dagvattenledningar och diken till recipienten.

**Driftskede** är när byggskedet avslutas och anläggningen tas i drift.

**Grundvatten** är det vatten (över atmosfärstryck) som helt fyller hålrum och sprickor både i jord och i berg.

**Grundvattenförekomst** definieras enligt vattenförvaltningsförordningen som "en avgränsad volym grundvatten i en eller flera akviferer". Förenklat avses med grundvattenförekomst, vattnet som förekommer i ett grundvattenmagasin.

**Grundvattenmagasin** utgörs av avgränsade grundvattenförande lager i jord och berg med relativt stor mäktighet.

**Grundvattennivå** avser det fria grundvattnets övre gränssyta. Vid bundet grundvatten (sluten akvifär) motsvaras grundvattennivån av stignivån i ett till grundvattenmagasinet nedfört rör eller dylikt.

**Hydraulisk konduktivitet** utgör ett mått på jordlagrets eller berggrundens förmåga att leda (släppa igenom) vatten. Ett grundvattenflöde genom ett visst tvärsnitt beror på konduktiviteten och strömningsgradienten (nivå/tryckskillnad) mellan två punkter.

**Kohesionsmaterial/kohesionsjord** är jordarter där inte bara friktion utan även kohesionskrafter verkar mellan jordpartiklarna. Lera är ett kohesionsmaterial. Även silt och finkornig morän med hög andel silt- och lerpartiklar kan uppträda som kohesionsjord.

**Kombinerat avloppsvatten** är ett avloppssystem där spill- och dagvatten rinner i samma ledningar. Det är vanligt i områden som anlades före 1960-talet.

**Porositet** anger i detta sammanhang hur stor andel av en jordvolym som utgörs av porer (luft- eller vattenfyllda hålrum).

**Påverkansområde för grundvatten** definieras som det största område inom vilket ändringen i grundvattennivå får vara större än medgiven ändring i grundvattennivå i jord och berg till följd av störning, ex grundvattenuttag eller grundvattenbortledning (eller bägge). Gränsen för påverkan definieras som 0,3 m i jord och 1,0 m i berg.

**Recipient** är ett vattendrag, hav eller sjö som tar emot dagvatten och renat avloppsvatten.

**Självfäll** betyder att vatten transporteras genom att en tunnel, ledning, dike eller vattendrag lutar, det vill säga utan behov av pumpning.

**Sorterade jordarter och sediment** avser jordarter och sediment med liten spridning i kornstorlek, exempelvis avgränsade enheter av lera, silt, sand eller grus.

**Spillvatten** är förorenat vatten från hushåll, industri, serviceanläggningar och dylikt. Hushållspillvatten är det vatten som kommer från toalett, dusch, disk- och tvättmaskiner och liknande.

**Överskottsmassor** är alla massor som uppkommer vid entreprenadarbetena i tunnelprojektet, som inte återanvänds i ansökt verksamhet.

**Överskottsvatten** är en gemensam benämning för grundvatten som inte återförs till grundvattenakviferen, dagvatten (nederbördsvatten som ytledes avrinner från tak, gator, vägar och mark) och dräneringsvatten (vatten som passerat marklager och som avleds genom dränering). I byggskedet ingår allt vatten som förorenats av byggaktiviteterna inom arbetsområdena.

# 1 Läsanvisningar

Föreliggande dokument utgör teknisk beskrivning för Tunnel under Malmö inklusive Sjölunda pumpstation. Dokumentet beskriver tunnelsystemets eftersträvade tekniska funktion och inkluderar samtliga schakt och tunneldelar fram till bräddutlopp och anslutning till Sjölunda avloppsreningsverk.

Teknisk beskrivning är Bilaga T3 och ska läsas jämte Bilaga T1 Teknisk beskrivning Sjölunda ARV och Bilaga T2 Teknisk beskrivning Utloppsledningarna.

## 2 Bakgrund

### 2.1 MAXIMA

VA SYD är ett politiskt styrt kommunalförbund som med fem medlemskommuner och över en halv miljon kunder är en av Sveriges största VA- och avfallsorganisationer.

Avloppsreningsystemet MAXIMA är VA SYDs satsning på en ny regional infrastruktur för avloppsrening i medlemskommunerna Burlöv, Lomma och Malmö samt Svedala som VA SYD samtidigt erbjuder att bli medlem. Det är en av regionens största infrastruktuursatsningar i närtid och en viktig förutsättning för att tillväxtregionen Sydvästra Skåne ska kunna fortsätta växa. Med en gemensam lösning möter VA SYD behovet av utbyggnad och modernisering av avloppsreningen i kommunerna, värnar närliggande vattenmiljöer och möjliggör växande städer.

De delar av avloppsreningsystemet MAXIMA som ingår i tillståndsansökan är ett nytt Sjölunda avloppsreningsverk i Malmös utkant intill Öresund med nya utloppsledningarna i Öresund, en ny stor pumpstation vid Sjölunda avloppsreningsverk och en avloppstunnel under Malmö.

Överföringsledningarna och nödvändiga pumpstationer för att ansluta berörda kommuner är en del av MAXIMA men ingår inte i tillståndsansökan.

## 3 Inledning

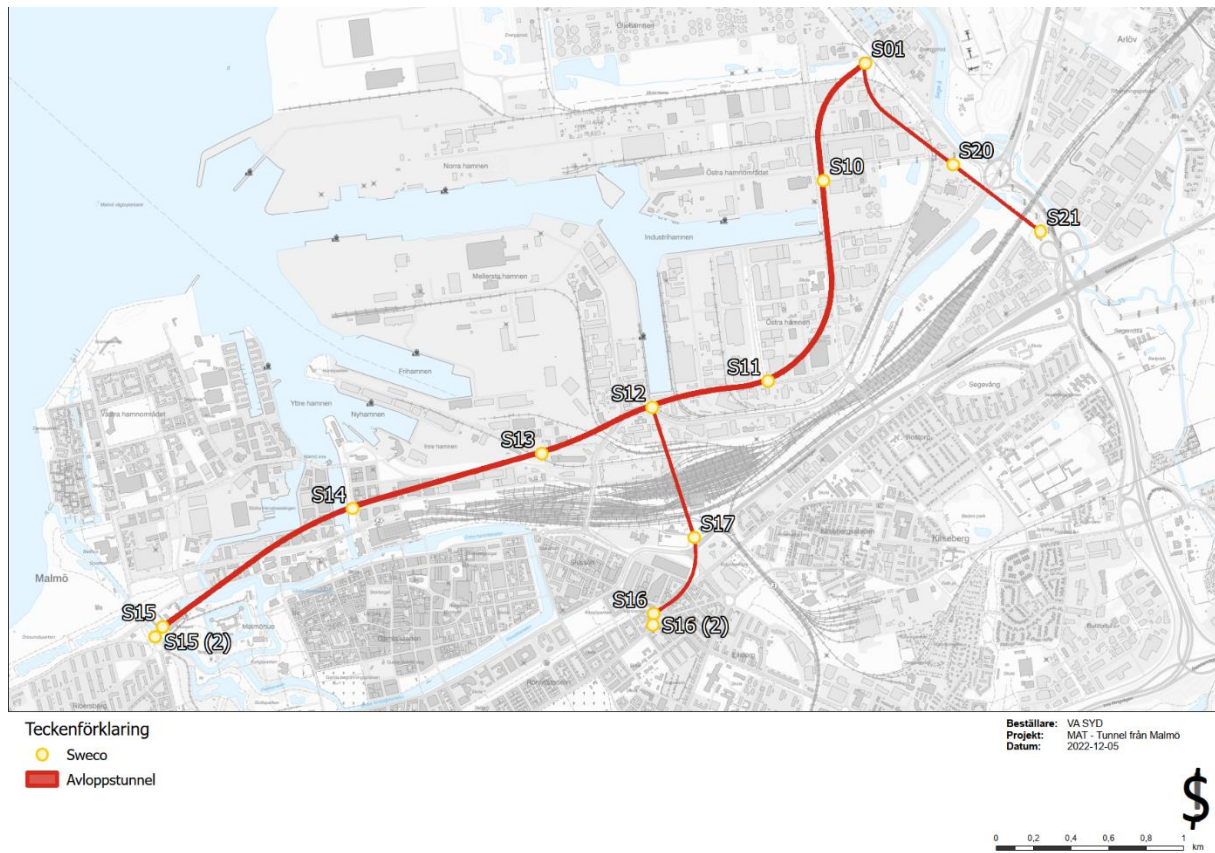
Föreliggande teknisk beskrivning redogör för den vattenverksamhet och miljöfarlig verksamhet som tunnelns och pumpstationens anläggande och drift innebär. Dokumentet beskriver bland annat anläggningens utformning, omfattning, läge och byggmetoder.

Anläggning av tunnel under Malmö innebär vattenverksamhet eftersom det krävs bortledning av inläckande grundvatten i tunnel och schakt under byggnationen. Därtill kommer grundvattennivån i anslutning till schakt att behöva sänkas under schaktbottnarnas nivå under byggtiden. Ansökt verksamhet innefattar även utförande av infiltration till grundvattnet i syfte att minimera verksamhetens påverkansområde. Utöver det innebär ansökt verksamhet även miljöfarlig verksamhet som följd av exempelvis bullrande aktiviteter, transporter samt hantering av massor och kemikalier.

En översiktskarta över tunnel under Malmö och schakt visas i Figur 3-1. Tunnelsektioner som ingår i tunnelsystemet framgår av Tabell 3-1.



Figur 3-1. Översikt över ansökt verksamhet som omfattas av föreliggande teknisk beskrivning.



Tabell 3-1 Tunnelsektioner som omfattas av föreliggande teknisk beskrivning.

Sträcka	Tunnelsektion
S01 → S15	Tunnel under Malmö (inkl. Sjölanda pumpstation)
S21 → S01	Mikrotunnel (M10 + M11)
S16 → S12	Mikrotunnel (M12 + M13)

Totalt 11 schakt byggs längs avloppstunnelns sträckning, se Tabell 3-2. Utöver dessa tillkommer ledningsschakt för anslutning till det befintliga VA-ledningsnätet.

Tabell 3-2. Översikt schakt längs avloppstunnelns sträckning, uppdelat med schaktnummer och benämningar.

Schaktnr.	Schaktnamn
S01	Sjölunda
S20	Borrgatan
S21	Spillepengen
S10	Flintränegatan
S11	Kosterögatan
S12	Skruvgatan
S17	Rosendal
S16	Värnhemstorget
S16 (2)	Föreningsgatan
S13	Frihamnsallén
S14	Carlsgatan
S15	Turbinen
S15 (2)	Mariedalsvägen

I kapitel 6 ges en mer utförlig beskrivning av ansökt verksamhet som omfattas av föreliggande teknisk beskrivning.

### 3.1 Avgränsning

Den tekniska beskrivningen omfattar endast ansökt verksamhet. Sjölunda avloppsreningsverk och utloppsledningar behandlas inte i denna tekniska beskrivning. För information om dessa hänvisas till Bilaga T1 Teknisk beskrivning Sjölunda avloppsreningsverk respektive Bilaga T2 Teknisk beskrivning Utloppsledningar.

## 4 Förutsättningar

### 4.1 VA-tekniska förutsättningar

Avloppsvattnet inom Malmö stad leds idag huvudsakligen norrut mot kust- och hamnområdet, där det pumpas vidare till Sjölunda avloppsreningsverk via tre större pumpstationer; Turbinen, Rosendal och Spillepengen, samt ett antal mindre pumpstationer i hamnområdet.

Turbinen, Rosendal och Spillepengen tar tillsammans emot och pumpar vidare omkring 85 procent av Malmös totala avloppsvattenflöde till Sjölunda avloppsreningsverk. Vid stora nederbörds mängder finns ett omfattande behov av bräddning eftersom flödesbelastningen vid samtliga stationer kraftigt överstiger pumpkapaciteten. Det nuvarande tryckavloppssystemet i Malmö har kapacitet att pumpa cirka 8 m<sup>3</sup>/s till avloppsreningsverket.

På Sjölunda avloppsreningsverk behandlas i nuläget även avloppsvatten från kranskommunerna Burlöv, Lomma och Staffanstorp via den så kallade ABMA-ledningen<sup>1</sup>, samt från delar av Svedala kommun. Avloppsvatten från Staffanstorp kommer även via den så kallade Foodia-ledningen.

#### 4.1.1 Dimensionerande flöden och kapacitet för flödesutjämning

Överföringen i avloppstunneln avser kombinerat avloppsvatten med stora flödesvariationer beroende på nederbördsmängd. Volymen styrs av dagvattenflöden vid kraftig nederbörd, eftersom mängden spillvatten från hushåll och industri är mer konstant över tiden och också liten i jämförelse med flödesbelastningen vid stora regnmängder.

Förutsättningar för dimensionering av avloppstunneln har bland annat varit att minska bräddningar och skapa en magasineringskapacitet för höga flöden. Utifrån detta har en hydraulisk modell tagits fram över det befintliga ledningsnätet i Malmö, som kompletterats med den nya avloppstunneln. Med hjälp av modellen har olika tunneldiametrar testats med dimensionerande så kallade 10-årsregn, d.v.s. nederbördshändelser som statistiskt sett sker en gång var tionde år, men som i praktiken kan inträffa oftare. Avloppstunneln dimensioneras för att hantera flöden från anslutande ledningsnät.

Anslutningsschakten fungerar som förbindelse mellan avloppstunneln och det befintliga avloppsnätet. De utformas därför för att ta emot flöden från de ledningar som är anslutna till respektive schakt. Flödena i den hydrauliska modellen (se Tabell 4-1) representerar torrväder, tioårsregn och maxflöde. Maxflödet baseras på det kraftiga regn som inträffade 31 augusti år 2014, med en återkomsttid på över 100 år.

*Tabell 4-1. Ungefärliga flöden till schakt längs tunneln vid torrväder, tioårsregn och maxflöde, baserat på modellering och regnmätningar. För modellering av tioårsregn har en fiktiv fördelning av regnet använts. För maxflöde har regnmätningar använts från regnet 2014-08-31 (återkomsttid över 100 år).*

Schakt	Torrväder [m <sup>3</sup> /s]	Tioårsregn [m <sup>3</sup> /s]	Maxflöde [m <sup>3</sup> /s]
S21 Spillepengen	0,33	4	4
S10 Flintränegatan	0,01	1,4	1,4
S11 Kosterögatan	0	1,3	1,3
S12 Skrugatan	0,001*	0,003*	0,005*
S17 Rosendal	0,16	3	3
S16 Värnhemstorget	0,09	9,5	9,5
S13 Frihamnsallén	0,02	0,5	0,5
S14 Carlsгатan	0,02	0,28	0,28
S15 Turbinen	0,41	14	14

Avloppstunneln utformas för att bräddning ska begränsas betydligt jämfört med nuläget avseende bräddvolym. Med hjälp av ovan nämnda hydrauliska modell har man beräknat att detta uppfylls med en diameter om cirka 5 m, och tunneln får längs sträckan en maximal flödeskapacitet om cirka 39 m<sup>3</sup>/s.

Sjölunda pumpstation dimensioneras utifrån ett maxflöde på 9 m<sup>3</sup>/s. Stationen pumpar omkring 2,5 m<sup>3</sup>/s vid torrväder och upp till 9 m<sup>3</sup>/s vid kraftigt regn. Detta innebär, i kombination med att

<sup>1</sup> ABMA, AB Malmöregionens avlopp, bildat 1958, bygger och driver anläggningar för avledning av avloppsvatten från samhällena Arlöv, Åkarp, Hjärup och Lomma till Sjölunda avloppsreningsverk i Malmö. Bolaget ägs av Burlövs, Lomma och Staffanstorps kommuner.

avloppstunneln dimensioneras utifrån 10-årsregn, en lägre sannolikhet för bräddning, även om behovet av bräddning inte är möjligt att bygga bort fullständigt.

#### 4.1.2 Anslutningspunkter

Anslutningsschakt längs avloppstunneln har placerats strategiskt med närhet till befintliga pumpstationer eller huvudledningar för att enkelt kunna anslutas till befintligt avloppssystem då tunneln är färdigbyggd. När anslutning av befintligt avloppssystem är genomförd kan sådana pumpstationer tas ur drift.

Anslutningsschakt längs avloppstunneln placeras i anslutning till befintliga pumpstationer i hamnområdet; S10, S11, S12, S13 och S14. Pumpstationerna vid S17 och S21, bräddavloppet vid S15 och utjämningsmagasinet vid S16 (beläget under Föreningsgatan) ansluts till huvudtunneln via schakt och mikrotunnlar.

För anslutning till det befintliga utjämningsmagasinet under Föreningsgatan i Malmö borras en kort tunnel med cirka 2 m i diameter, vars hjässa ligger på på 2–3 m djup, från S16 till Föreningsgatan, där bormaskinen tas upp via ett mottagningschakt (S16 (2)). I S16 (2) anläggs en brunn under mark, på cirka 3 m i diameter, som fungerar som anslutning mellan magasinet och utgående ledningar. På liknande sätt sker anslutning av S15, där rör trycks under kanalen mellan S15 och ett mottagningschakt (S15 (2)) intill Mariedalsvägen. Även här anläggs en motsvarande kammare under mark för anslutning mellan inkommande och utgående ledningar. Efter slutförda anslutningsarbeten fylls schakten igen runtom brunnarna.

Vid övriga schakt kommer anslutningar till befintliga avloppsledningar att ske genom öppet schakt eller rörtryckning. De två mikrotunnlarna ansluts till det befintliga avloppsledningsnätet via S12 respektive Sjölanda pumpstation.

Diameter på anslutande rörledningar till schakt längs tunneln visas i Tabell 4-2.

Tabell 4-2 Ungefärlig diameter på anslutande rörledningar till schakt längs tunneln.

Schakt	Anslutande rörledningar, diameter (cirka)
S21 Spillepengen	1,7 m
S10 Flintränegatan	1,2 m
S11 Kosterögatan	1,2 m
S12 Skruvgatan	0,4 m
S17 Rosendal	0,6–0,8 m
S16 Värnhemstorget	2 m
S13 Frihamnsallén	0,8 m
S14 Carlsgatan	0,6 m
S15 Turbinen	1,8–2 m

#### 4.1.3 Bräddning

Bräddning innebär att avloppsvatten, till stor del bestående av dagvatten, släpps ut orenat till recipienten vid förhållanden då avloppsledningsnätets eller avloppsreningsverkets kapacitet överskrids, så som vid extrema skyfall. Bräddledningar och bräddpunkter som berörs av tunnel under Malmö redovisas i Figur 4-1.

Figur 4-1. Bräddledning och bräddpunkter som berörs av tunnelsystemet.



*Tunnel under Malmö* är dimensionerad för att bräddningen ska minska. Mängden bräddat vatten till Sege kanal, hamnen och Malmös kanaler kommer alltså att vara mycket låg i jämförelse med dagens bräddvolym.

## 4.2 Geologiska förutsättningar

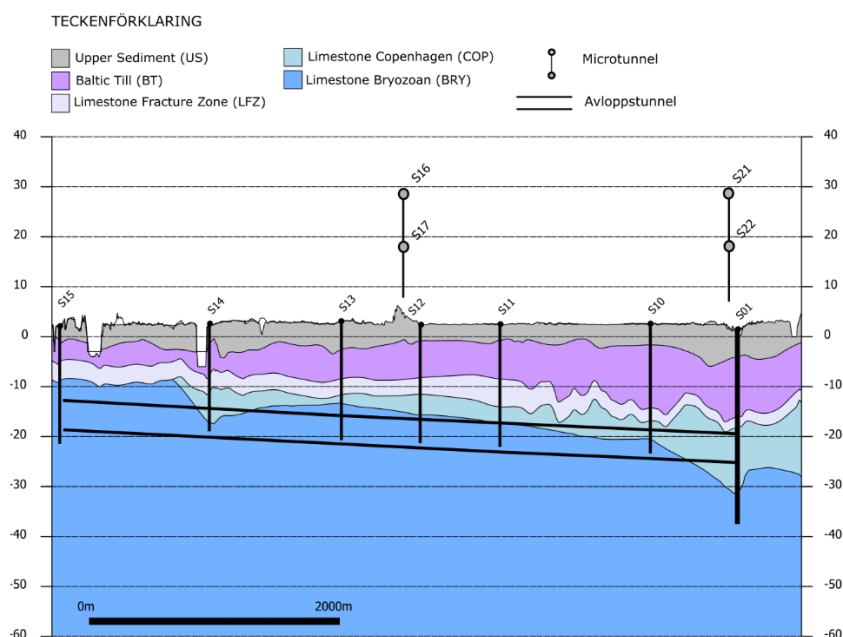
Nedan ges en översiktlig beskrivning av geologiska förhållanden längs avloppstunnelsystemet. Beskrivningen utgör ett sammandrag av tunnelprojektets samlade geologiska modell som byggts upp med hjälp av projektspecifika undersökningar och en omfattande sammanställning av tidigare undersökningar, exempelvis utförda i samband med Citytunnelprojektet i Malmö.

De geologiska förhållandena längs avloppstunneln under Malmö (se Figur 4-2) kan delas in i sex huvudsakliga lager:

- Fyllnadsmaterial
- Marina sediment
- Lermorän
- Köpenhamnskalksten
- Bryozokalksten
- Skrivkrita

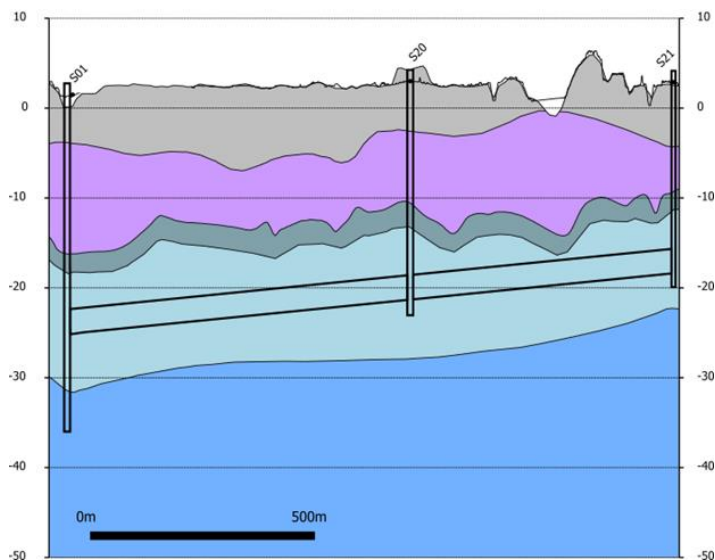
Det berörda området utgörs huvudsakligen av utfylld mark som domineras av lermorän. Under fyllnadsmassorna finns ett cirka 2 m djupt lager av havssediment som fyller ut svackor i tidigare havsbotten, och nedanför detta ligger huvudsakligen lermorän. Berggrundens övre del i tunnelområdet utgörs av kalksten, vars översta del är så kallad köpenhamnskalksten bestående av horisontella lager rika på flinta. De övre delarna är uppspruckna och därmed vattenförande. Köpenhamnskalkstenen vilar på bryozokalksten, som har en lägre flinthalt och betydligt tunnare dellager med leriga skikt. Den har en låg vertikal hydraulisk konduktivitet medan den i horisontell riktning är mycket högre. Mellan köpenhamns- och bryozokalkstenen finns vanligen ett vittrat lerskikt med lägre permeabilitet, och under bryozokalkstenen vidtar skrivkrita; en betydligt mindre vattenförande kalksten.

Figur 4-2. Geologisk profil längs huvudtunneln.

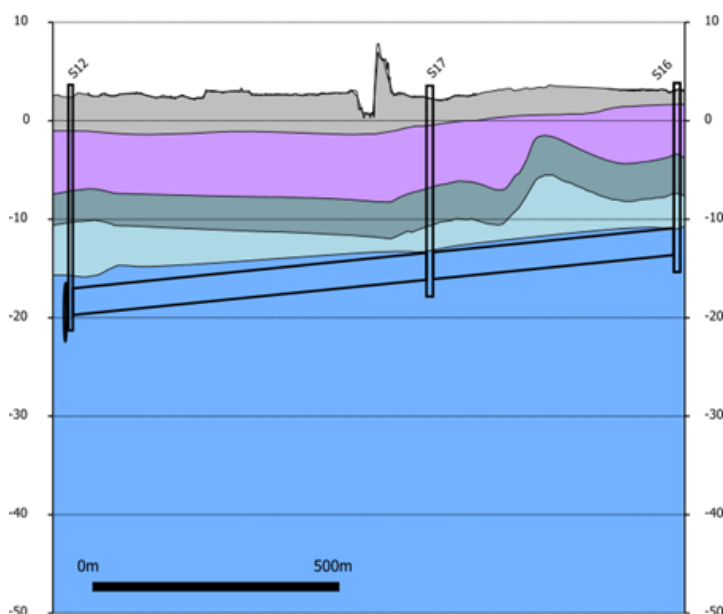


De geologiska förhållandena längs mikrotunnel M10 och M11 visas i Figur 4-3 och Figur 4-4.

Figur 4-3. Geologisk profil längs mikrotunnel M10 och M11.



Figur 4-4. Geologisk profil längs mikrotunnel M12 och M13.



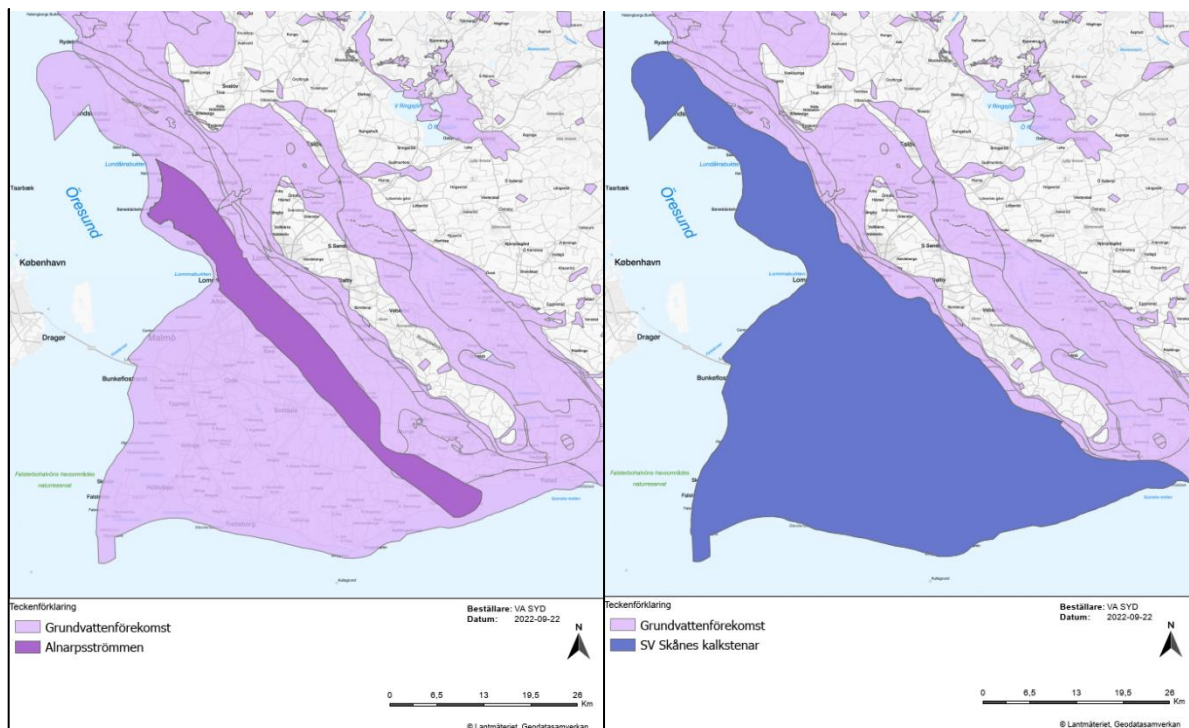
### 4.3 Hydrologiska förutsättningar

Grundvattenförekomster är skyddade områden och definieras enligt vattendirektivets artikel 7 som vatten i grundvattenmagasin som används för uttag om minst 10 m<sup>3</sup> per dygn, eller som förser fler än 50 personer med dricksvatten. Grundvattenförekomster kan även vara grundvattenmagasin som reserverats för framtida uttag.

Schakten är placerade i direkt anslutning till en av Sveriges mest värdefulla grundvattenförekomster; SV Skånes kalkstenar, se Figur 4-5 till höger. Den ytliga berggrunden utgör Sveriges enskilt största akvifär med en hydraulisk konduktivitet (ledningsförmåga för grundvatten) bland de högsta i landet.

Ytterligare en grundvattenförekomst finns cirka 3,5 kilometer nordost om ansökt verksamhet, Alnarpsströmmen, som sträcker sig i nordväst-sydöstlig riktning, se Figur 4-5 till vänster.

Figur 4-5. Till vänster; Grundvattenförekomsten Alnarpsströmmen i mörklila. Till höger; Grundvattenförekomsten SV Skånes kalkstenar i blått



Alnarpsströmmen är belägen i Alnarpsdalen med jordlager av varierande mäktighet, mest regelbundna i den norra delen och djupast i den södra.

Sveriges grundvattenförekomster statusklassificeras av Vattenmyndigheterna avseende kemisk och kvantitativ status, som bedöms som "god" eller "otillfredsställande". Kemisk status handlar om att halterna av vissa ska ämnen klara Livsmedelverkets och Socialstyrelsens gränsvärden för dricksvatten. Den kvantitativa statusen handlar om hur mycket grundvatten som används i förhållande till nybildning, vilket syns genom mätning av grundvattennivån (Vattenmyndigheterna, 2022).

### 4.3.1 Grundvatten i berg

Berggrundens förmåga att hysa grundvatten bestäms av dess porositet och vattenförande sprickor, och förutsättningarna kan därmed variera lokalt beroende på skillnader i sprickighet.

Tunnelanläggningen är belägen inom grundvattenförekomsten SV Skånes kalkstenar, som omfattar grundvattnet i berggrunden i hela sydvästra Skåne från Ven och Landskrona i nordväst till Ystad i sydost. Den används för dricksvattenförsörjning och har en stor sprickighet och porositet vilket ger mycket goda uttagsmöjligheter. SV Skånes kalkstenar har bedömts ha en god kvantitativ och kvalitativ status (Vatteninformationssystem Sverige, 2022).

Grundvattnets sårbarhet beror på vilken typ av påverkan det utsätts för och var tillrinningsområdet det sker. Tätande ovanliggande jordlager är generellt ett gott skydd mot de flesta hot mot grundvattnets kvalitet. Ett tätt ovanlager innebär längre transporttid för eventuella föroreningar från ytan vilket ger



större möjlighet till avhjälpande åtgärder. Grundvattnet i området skyddas till stor del mot föroreningar av ett ovanliggande moränlager med mycket låg genomsläpplighet.

Grundvattnet i kalkberget längs tunnel under Malmö finns i ett så kallat slutet grundvattenmagasin, där jordlagren (främst lermorän), utgör den övre tätande formationen och kritkalksten den nedre på cirka 90 m djup. Mellan dessa lager ligger köpenhamns- och bryozokalksten, där vattenföringen varierar markant.

Beräkningar visar att berggrundens hydrauliska konduktivitet, sett ned till ett djup 60 meter under markytan, kan förväntas variera inom ett spann mellan  $1,8E-6$  m/s och  $3,4E-4$  m/s, ha ett medelvärde på  $4,2E-5$  m/s, ett medianvärde på  $3,2E-5$  m/s och en standardavvikelse på  $3,3E-5$  m/s. Detta innebär att 68% av den ytnära paleogena berggrunden inom sydvästra Skåne har ett beräknat K-värde inom ett intervall på  $0,9-7,5E-5$  m/s.

### 4.3.2 Grundvatten i jord

Jordlagrens förutsättningar för att hysa grundvatten bestäms främst av dess kornstorleksfördelning. Exempelvis kan ett grovt grus förväntas ha en hög hydraulisk konduktivitet med goda förutsättningar för uttag av grundvatten, medan en finkornig lera har låg hydraulisk konduktivitet och därmed saknar uttagsmöjligheter.

Grundvatten i jord förekommer i öppna och slutna magasin. I ett öppet magasin står grundvattenytan i kontakt med atmosfärstrycket, medan ett slutet magasin överlagras av ett tätande lager som blir en barriär mot atmosfären.

Inga grundvattenförekomster i jord berörs längs tunnel under Malmö. Jordlagren bildar i stället mindre, öppna grundvattenmagasin. Grundvattenytan varierar med årstiderna och påverkas lokalt också av jordlagrens kontakt med kanalerna och hamnbassängen. Grundvattennivåerna i området runt Malmö C ligger enligt mätningar vanligtvis någon eller ett par decimeter över Öresunds medelvattennivå, med normala variationer om cirka +/- 0,3 m.

### 4.3.3 Ytvatten

Ytvatten är vatten som förekommer i vattendrag, kanaler, sjöar och andra vattenområden, och som normalt erhålles vid avrinning av nederbörd. Sveriges ytvatten är indelade i så kallade ytvattenförekomster, till exempel sjöar, åar, floder eller kuststräckor, som statusklassificeras enligt VISS avseende ekologisk och kemisk status. Ekologisk status i ytvattenförekomster bedöms i en femgradig skala; hög, god, måttlig, otillfredsställande eller dålig, och kemisk status bedöms i klasserna god eller uppnår ej god.

Följande ytvattenförekomster berörs av ansökt tunnelsystem (se Figur 4-6);

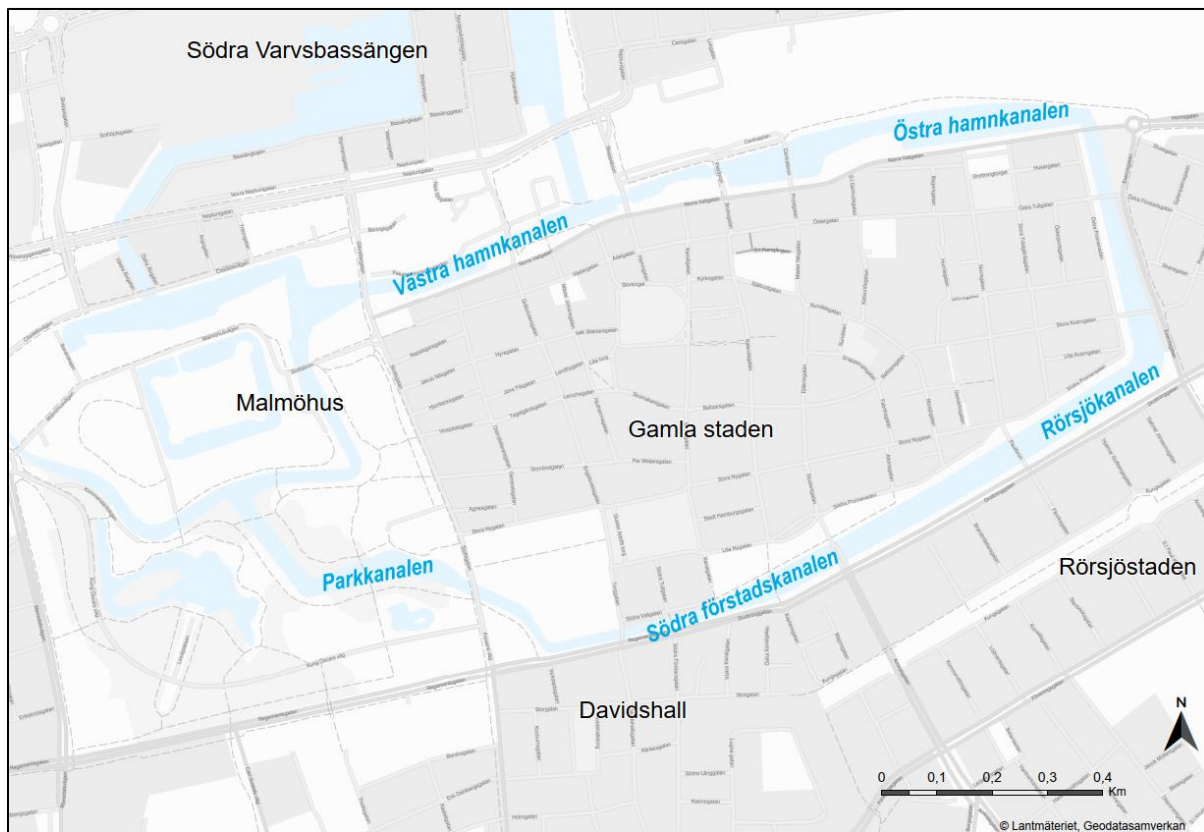
- Sege å: Havet – Torrebergabäcken (vattendrag): Förekomsten har en otillfredsställande ekologisk status och den kemiska ytvattenstatusen uppnår ej god. Vattnet är starkt grumlat och påverkat av urban markanvändning. Mynnar i kustvattenförekomsten Malmö hamnområde.
- Malmö hamnområde (kustvatten): Förekomsten har måttlig ekologisk status och uppnår ej god kemisk ytvattenstatus. Hamnverksamheten påverkar både vattenkvalitet och sediment.

Figur 4-6. Översikt över ytvattenförekomster som berörs längs ansökt tunnelsystem (Sweco, 2022).



Det finns även andra ytvatten som berörs, men som inte definieras som vattenförekomster, så som Malmös kanaler som tar emot dagvatten från staden och bräddat vatten från avloppsledningsnätet (se Figur 4-7).

Figur 4-7. Översiktskarta över Malmös kanaler (Sweco, 2022).



## 4.4 Föroreningar i mark

Miljötekniska markundersökningar och provtagningar har utförts längs det ansökta tunnelsystemet. Resultaten har kombinerats med en översiktlig kartläggning med hjälp av bland annat Länsstyrelsernas EBH-stöd (register över potentiella och konstaterade förorenade områden) och Sweco GeoAtlas, med fokus på verksamheter som kan ge upphov till föroreningar på större djup.

Förorenade områden i EBH-stödet är identifierade och klassificerade med hjälp av MIFO (Metodik för Inventering av Förorenade Områden) och delas in i fyra riskklasser avseende människors hälsa och miljö:

- Klass 1: Mycket stor risk
- Klass 2: Stor risk
- Klass 3: Måttlig risk
- Klass 4: Liten risk

För bedömning av föroreningar i mark, grund- och ytvatten längs tunnelsträckningen används Naturvårdsverkets generella riktvärden, som baseras på förväntad markanvändning i området; känslig markanvändning (KM) och mindre känslig markanvändning (MKM) (Naturvårdsverket, 2016).

Områdena för schakt i Malmö utgörs idag huvudsakligen av industrimark och/eller avgränsade områden där endast tillfällig vistelse sker. S14 och S16 är belägna vid gata respektive torg, men nyttjas endast för tillfällig vistelse av förbipasserande och/eller resande. Generellt klassas markanvändningen i schaktområdena som MKM, både idag och på längre sikt.

Baserat på utförda markundersökningar bedöms föroreningsituationen i jord inte vara av omfattande karaktär. Halter av PAH, bly och kvicksilver överskridande Naturvårdsverkets riktvärden för MKM har påvisats inom fyra undersökningsområden; Turbinen, Rosendal, Sjölunda och Spillepeng. Samtliga halter som överskrider riktvärden för KM och MKM har dock avgränsats i djupled, vilket innebär att det vid schaktning bör vara relativt enkelt att vid behov separera jordmassor med olika föroreningsnivå inför vidare masshantering. Påvisade föroreningshalter i jord bedöms därmed inte medföra några hinder avseende läget av planerade schakt- och anläggningsarbeten.

Inga markundersökningar har ännu utförts vid S12 och S13 eftersom dessa schaktlägen har omlokalisats. På grund av fördröjt undersökningstillstånd från fastighetsägare har undersökningar inte heller utförts vid S01 och S10. Även S21 har omlokalisats, men kompletterande markundersökningar vid det nya schaktläget utfördes i juni 2021.

Utförda grundvattenanalyser i Malmö visar på tämligen låga föroreningshalter. Det bedöms inte förekomma några föroreningar av betydelse för projektet i grundvattnet inom de aktuella områdena. Grundvattenprov och analys av eventuell förekomst av klorerade alifater har inte visat på några halter som kräver åtgärder i ytligt grundvatten (cirka 2 – 6 m under markytan).

## 5 Redogörelse av systemval

### 5.1.1 Val av utformning

För avloppssystemet i Malmö har två alternativa lösningar jämförts under utredningsfasen; ett alternativ med en avloppstunnel och ett alternativ med ett nytt trycksatt avloppsledningssystem (nytt TA-system):

- Alternativet med en avloppstunnel innebär en cirka 5,5 km lång tunnel mellan Turbinen och Sjölunda avloppsreningsverk, med en diameter om cirka 5 m, och två mikrotunnlar med en total längd om cirka 2,4 km och en diameter om cirka 2 m. Tunneln transporterar avloppsvattnet med självfall till Sjölunda avloppsreningsverk.
- Alternativet med ett nytt TA-system innebär ett nytt trycksatt avloppsledningssystem med nya ledningar med schakter i gatumiljö, sträckningar och pumpstationer.

De två alternativen har analyserats med avseende på byggbarhet, utformning, byggtid, kostnader och risker under byggskedet samt underhåll och driftskostnader.

En samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys har utgjort en del av beslutsunderlaget för valet av framtida lösning för avloppssystemet i Malmö (Sweco, 2018). De två alternativen; avloppstunnel och nytt TA-system, har bedömts och jämförts ur ett samhällsekonomiskt perspektiv med två huvudsakliga slutsatser:

- Avloppstunneln är mer samhällsekonomiskt lönsam än ett nytt TA-system.
- Avloppstunneln bedöms vara en lönsam investering för samhället.

Sannolikheten att uppnå samhällsekonomisk nytta med en avloppstunnel förstärks av ett antal betydande nyttor som inte varit möjliga att kvantifiera i analysen, bland annat:

- Positiva effekter på centrala Malmös utvecklingsmöjligheter och attraktionskraft.

- Minskad risk för människors olägenhet av källaröversvämningar, förlorad arbetsinkomst vid avbrott i verksamheter och negativa effekter för samhällsviktiga funktioner så som framkomlighet för sjuktransporter.

Vid jämförelse av alternativen har avloppstunnelalternativet bedömts vara mest lönsamt ur ett samhällsekonomiskt perspektiv och bäst bidra till uppfyllandet av målen för MAXIMA:

- Trygga tillväxt och möta en växande befolkning i regionen.
- Skydda vattenmiljöer där människor vill leva, bo och verka.
- Skapa ett robust och driftsäkert avloppssystem.

För utformning av Sjölunda pumpstation har ett antal olika alternativ utretts och optimerats utifrån ett flertal faktorer, bland annat redundans, kapacitet, pumpkostnader och schaktstorlek.

### 5.1.2 Val av avloppstunnelsträckning

Vid val av mest lämpliga horisontella och vertikala placering av tunnel, mikrotunnlar och schaktlägen har tidigare erfarenheter från exempelvis Citytunneln och Köpenhamns tunnelbana beaktats, liksom underlag från existerande geotekniska utredningar och observationer från ett antal arbetsmöten där man behandlat geotekniska risker i projektet.

Följande aspekter har bedömts som särskilt viktiga för att uppfylla de generella projektkraven:

- Hydrauliska krav
- Säkerhetskoncept under byggtiden (schakt på samma sida av huvudtunneln i Malmö)
- Minimera sträckan för tunneldrivning
- Lämplig radie för linjeföring med tanke på TBM-drivning
- Anslutning till S01
- Beakta underjordisk och överliggande infrastruktur samt grundläggning av befintlig bebyggelse
- Minimera trafikbegränsningar
- Minimera omfattning av anslutning till befintligt ledningsnät
- Undvika stadsplaneringskonflikter
- Undvika tunneldrivning under öppen vattenyta (S10)
- Undvika kalkstenens mest vattenförande zoner

Schakten har företrädesvis lokaliserats på så kallad allmän platsmark i detalj-/stadsplaner. Tunnelns linjeföring har efter platsundersökningar och analysresultat förfinats och justerats med hänsyn till stadens krav och begränsningar.

Vid lokalisering av Sjölunda pumpstation har hänsyn tagits till närliggande ledningar och kända markföroreningar.

## 6 Anläggningsbeskrivning för ansökt verksamhet

### 6.1 Systembeskrivning

I tillståndsansökan ingår en avloppstunnel under Malmö med tillhörande bygg- och anslutningsschakt, samt två anslutande mikrotunnlar i fyra delar som benämns M10, M11, M12 och M13. Det ingår också om- och utbyggnad av Sjölunda avloppsreningsverk inklusive nya utloppsledning till vilket allt vatten från avloppstunneln kommer att ledas.

Avloppstunneln har en total längd om cirka 5,5 km och är designad för att transportera avloppsvattnet med självfall, vilket är mindre energikrävande än pumpning. Pumpning kommer endast att ske vid Sjölunda pumpstation där det inkommande avloppsvattnet från avloppstunneln lyfts till reningsverkets intag.

Avloppstunnelns djupläge har valts dels för att minimera de geologiska riskerna (framför allt för att undvika berggrundens övre uppspruckna delar), dels med hänsyn till driftsekonomi för Sjölunda pumpstation. Då avloppstunneln anläggs på en djupare nivå kan befintligt VA-ledningsnät anslutas med hjälp av självfallsledningar till schakt längs tunneln.

Då anläggningen är färdigbyggd kommer tunnel, pumpstation och övriga anläggningsdelar att vara täta betongkonstruktioner. Det krävs därför ingen bortledning av grundvatten med tillhörande grundvattenavsänkning i driftskedet.

Avloppstunneln är självrensande vilket begränsar behovet av service och underhåll. Anläggningen dimensioneras för en teknisk livslängd om 100 år, och konstrueras för att möjliggöra kontinuerlig drift och samtidig underhållsservice.

Det nya systemet ska i sin helhet bidra till minskade bräddningar och därför dimensioneras avloppstunneln med stor magasineringkapacitet utifrån 10-årsregn.

För att hantera 100-årsregn utformas tunnelsystemet för att möjliggöra blockering av flöden från kombinerade system. Syftet är att hålla vattennivåer i tunnelsystemet under kritisk nivå för att förhindra skada på tunnelsystemet och pumpstationen. Luckor installeras vid S15, S16, S17 och S21. Vid kritiskt höga vattennivåer i tunneln stänger luckorna, helt eller delvis, så att bräddning sker lokalt till närmsta recipient via självfall i de befintliga bräddavloppen i dessa områden.

Skada på tunneln orsakad av yttre påverkan förebyggs genom att VA SYD innehar ledningsrätt, med skyddsavstånd inkluderat i sina föreskrifter. Regelbundna inspektioner utförs för att upptäcka eventuella skador. Om en skada upptäcks kan lagning och tätning utföras.

Ritningar över tunneln återfinns i bilaga R Ritningsförteckning.

### 6.2 Huvudtunnel

Tunnel under Malmö blir cirka 5,5 km lång med en diameter om cirka 5 meter.

Den vertikala lutningen mellan S01 Sjölunda och S12 Skruvgatan är 0,11 procent, medan lutningen mellan S12 Skruvgatan och S15 Turbinen är 0,13 procent. Tunneln anläggs 25–30 meter under markytan och tunnelhjässan ligger cirka 20 – 22 meter under markytan vilket innebär att hela tunneln till största delen ligger i kalkberg. Huvudtunneln under Malmö kommer i horisontell riktning att

utformas med tre kurvor med radie 400 meter, 560 m och 2000 m. Drivning av huvudtunneln startar i S01 cirka 25 m under markytan och slutar vid S15.

Det befintliga VA-ledningsnätet i Malmö ansluts till fem schakt längs tunnelsträckningen. Schakten längs huvudtunneln placeras i närheten av befintliga pumpstationer i hamnen (S10, S11, S12, S13 och S14). Pumpstationerna vid S17 och S21, bräddavloppet vid S15 och utjämningsmagasinet vid S16 ansluts till huvudtunneln via schakt och mikrotunnlar.

För mer information om anslutning till befintligt system se avsnitt 4.1.2.

Tunnellängd mellan schakt redovisas i Tabell 6-1.

Tabell 6-1. Tunnellängd mellan anslutningsschakt för tunnel under Malmö.

Tunnelsektioner	Ungefärlig tunnellängd mellan schakt [m]
S01 → S10	690
S10 → S11	1200
S11 → S12	630
S12 → S13	640
S13 → S14	1050
S14 → S15	1190

## 6.3 Mikrotunnlar

Till tunneln under Malmö ansluts två mikrotunnlar, uppdelade på fyra delsträckor som benämns M10, M11, M12 och M13. De har en sammanlagd längd om cirka 2,4 km och en diameter om cirka 2 m.

Mikrotunneln från S21 till S01 är i horisontell riktning mestadels rak men i närheten av S01 finns en kurva. Mikrotunneln från S16 till S12 startar i horisontell riktning med en kurva och följer sedan en rak linje mot huvudtunneln.

Båda mikrotunnlarna har ett fall om 0,5 procent för att säkerställa självfall och självrensning.

Hjässan på mikrotunnlarna ligger cirka 14 – 26 m under markytan, vilket innebär att de liksom huvudtunneln till största del ligger i kalkberg.

Vid drivning av mikrotunnel längs sträckan mellan S17 Rosendal och S12 Skrugatan, som drivs med pipe jacking (se avsnitt 8.2.2), kan tunnelborrmaskinen behöva göra ett planerat uppehåll för underhåll och byte av skärverktyg. Det innebär att en begränsad del kalksten kan behöva tätas med cementinjektering från markplan.

Ungefärlig tunnellängd mellan schakt för mikrotunnlarna redovisas i Tabell 6-2.

Tabell 6-2. Ungefärlig tunnellängd mellan schakt för mikrotunnlar.

Tunnelsektioner	Ungefärlig tunnellängd mellan schakt [m]
S20 → S21 (M10)	590
S20 → S01 (M11)	750
S17 → S12 (M12)	730
S17 → S16 (M13)	500

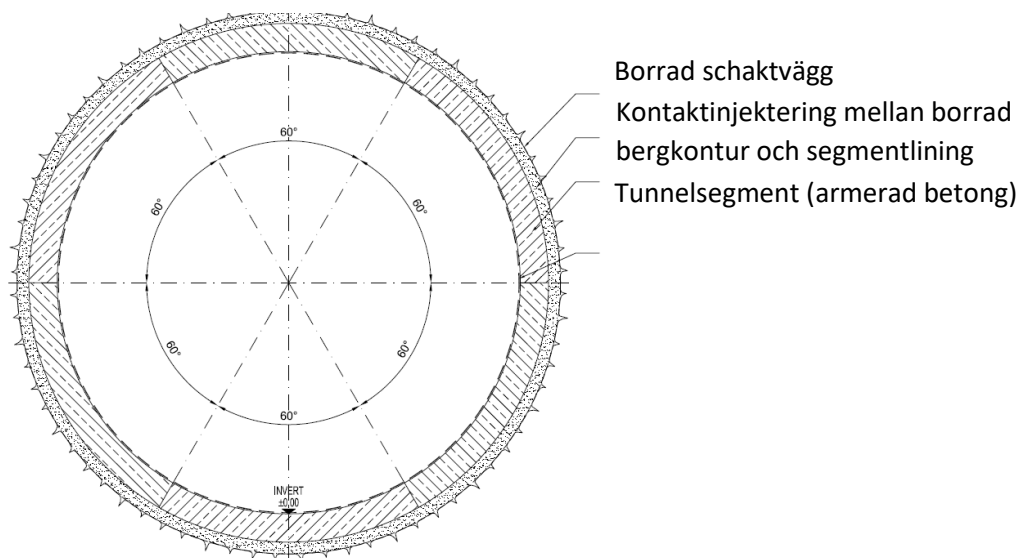
## 6.4 Tunnelsegment och beläggningar

Tunnel under Malmö utförs med en tät inklädnad av prefabricerade segment av armerad betong (segmentlining). Tunneln borrar med en diameter som är större än diametern på den rörliknande konstruktionen som byggs av de prefabricerade betongelementen. Hållrummet som uppstår mellan tunnelröret och berget fylls med cementbaserad injektering (kontaktinjektering) som en integrerad del av TBM-drivningen.

Tunnelementens beständighet mot yttre påverkan (främst visst kloridinhåll i grundvattnet) säkerställs genom val av lämplig betongkvalitet och att de förses med ett tillräckligt täckande betongskikt för att skydda armeringen mot korrosion.

Ett principiellt tvärsnitt av avloppstunneln visas i Figur 6-1.

Figur 6-1. Principiellt tvärsnitt av tunnel under Malmö med inre membran, med en inre diameter på cirka 4,9 m.



## 6.5 Pumpstation

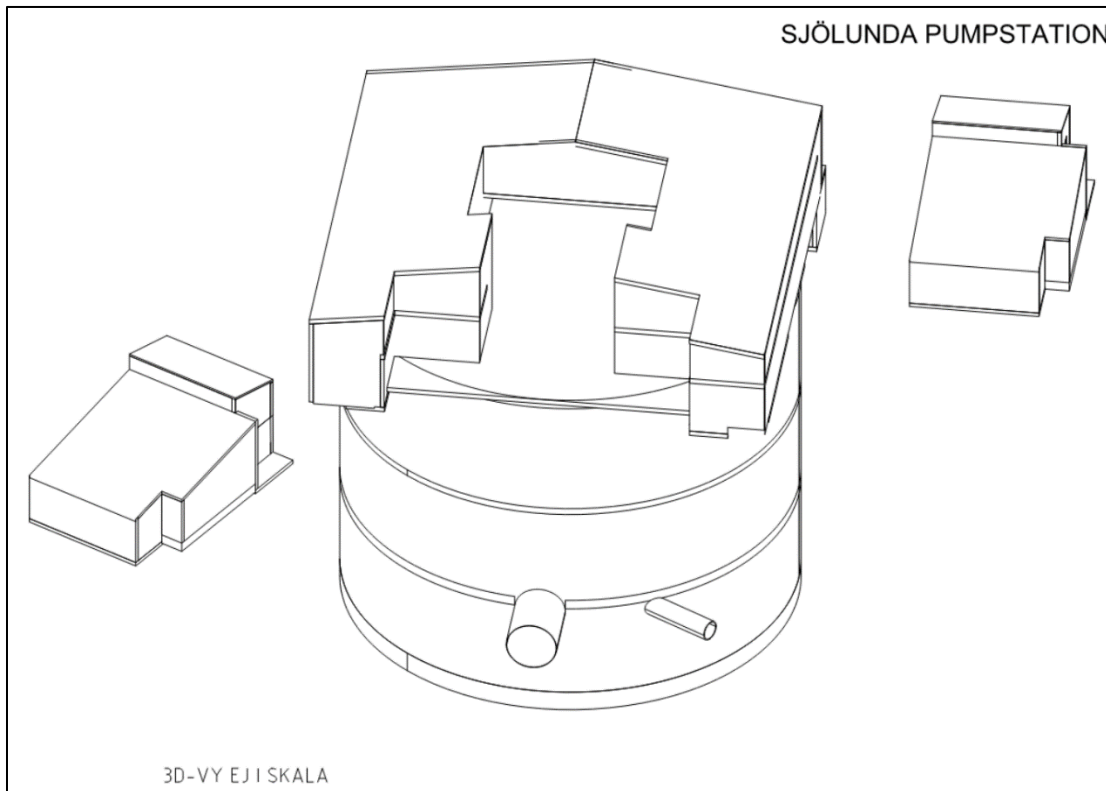
Vid S01 anläggs en pumpstation, Sjölunda pumpstation, där avloppsvatten från tunnel under Malmö pumpas upp till Sjölunda avloppsreningsverk i norra delen av Malmö hamn.

Utgångspunkten är att tunnarna ska ligga så högt som möjligt för att minimera framtida energiåtgång. Tunnel under Malmö ansluter till pumpstationen på bottennivå cirka -25 m.

En principskiss på utformning av Sjölunda pumpstation, inkommande avloppstunnlar samt byggnader för reservkraft redovisas i Figur 6-2.

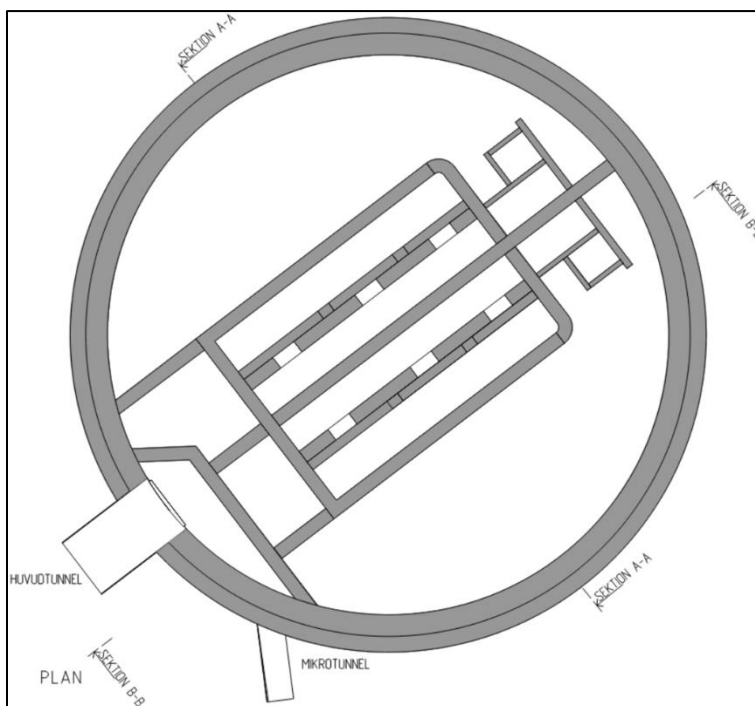


Figur 6-2. Principskiss på utformning av Sjölunda pumpstation, inkommande tunnlar samt byggnader för reservkraft.



En principiell ritning över pumpstationens invändiga utformning i driftskede visas i Figur 6-3, samt återfinns i både plan- och sektionsritning i bilaga R Ritningsförteckning.

Figur 6-3. Preliminär invändig utformning av Sjölunda pumpstation i driftskede (planritning).



Omfattande anpassningar görs för att uppnå redundans i hela anläggningen. För att undvika att ett haveri skulle slå ut hela pumpstationen är den uppdelad i två delar med uppställningar med oberoende pumpar och separat reservkraftförsörjning, som vardera pumpar 4,5 m<sup>3</sup>/s. Om en sida havererar kan pumpstationen fortfarande pumpa cirka 5 m<sup>3</sup>/s.

Pumpstationen förses med reservkraft för hela effektbehovet som vid bortfall från ordinarie nät kan försörja hela anläggningen. Två reservkraftaggregat med en summerad effekt om 10 MW finns tillgängliga, samt dieseltankar inomhus och dagtankar. Förrådstankar dimensioneras för 72 timmars drift. Reservkraften provas med jämna intervall, dagtid under en begränsad tid. Genom att pumpstationen förses med reservkraft för hela effektbehovet kommer driftavbrott med stora konsekvenser kunna undvikas.

Reservkraftsanläggningen innehåller utrustning i form av bland annat reservkraftaggregat och fläktar för kylning. Anläggningen förses med katalysatorer för avgasrening. Buller begränsas med hjälp av bl.a. ljudfällor och absorberande bafflar.

Ett undertryck kommer att skapas i tunneln med hjälp av frånluftsfläktar i Sjölunda pumpstation, där även ventilation och utrustning för luktbehandling installeras. På så sätt förhindras spridning av lukt till omgivningen från anslutningar till tunneln.

## 6.6 Schakt

De 11 schakt som ingår i tunnelprojektet har följande funktioner;

- anslutning mot ledningsnätet
- nödutrymning under byggtiden
- start för tunneldrivning
- mottagning av tunnelbormaskiner
- åtkomst för drift- och underhållsarbeten

Samtliga schakt är av cirkulär form. Beroende på funktion varierar schaktens diameter. Detaljer om djup, diameter och funktion för respektive schakt återfinns i avsnitt 8.3.

Under byggskedet kommer samtliga schakt att användas som utrymningsvägar vid nödfall. Vissa används som startschakt och vissa som mottagningschakt för tunnelbormaskinen. Upptagning av bormassor sker endast från startschakt.

Schakt som har en funktion i driftskedet kommer förses med anslutning för inkommande avloppsvatten som leds ner till tunneln, samt med åtkomstschakt och nedstigningsluckor för de schakt som ska användas för inspektion och underhåll. Tillhörande nedstigningsluckorna finns en anslutningsväg och en ventilationsmyrning i form av en låda om ungefär 2×2 m. Luckorna kan successivt anpassas till framtida havsnivåhöjning som en klimatanpassningsåtgärd. Ingen stegutrustning för att komma åt schaktbotten installeras, utan utrustning och personal sänks och lyfts med hjälp av mekanisk utrustning.

Det finns möjlighet att utforma schakt med styrning för att kunna stänga för inkommande flöden från kombinerade ledningar från S21, S17, S16 och S15 vid händelse av extremväder. Detta sker när vattennivån i pumpstationen stiger över -9 m, vilket bedöms kunna ske under ett 10-årsregn.

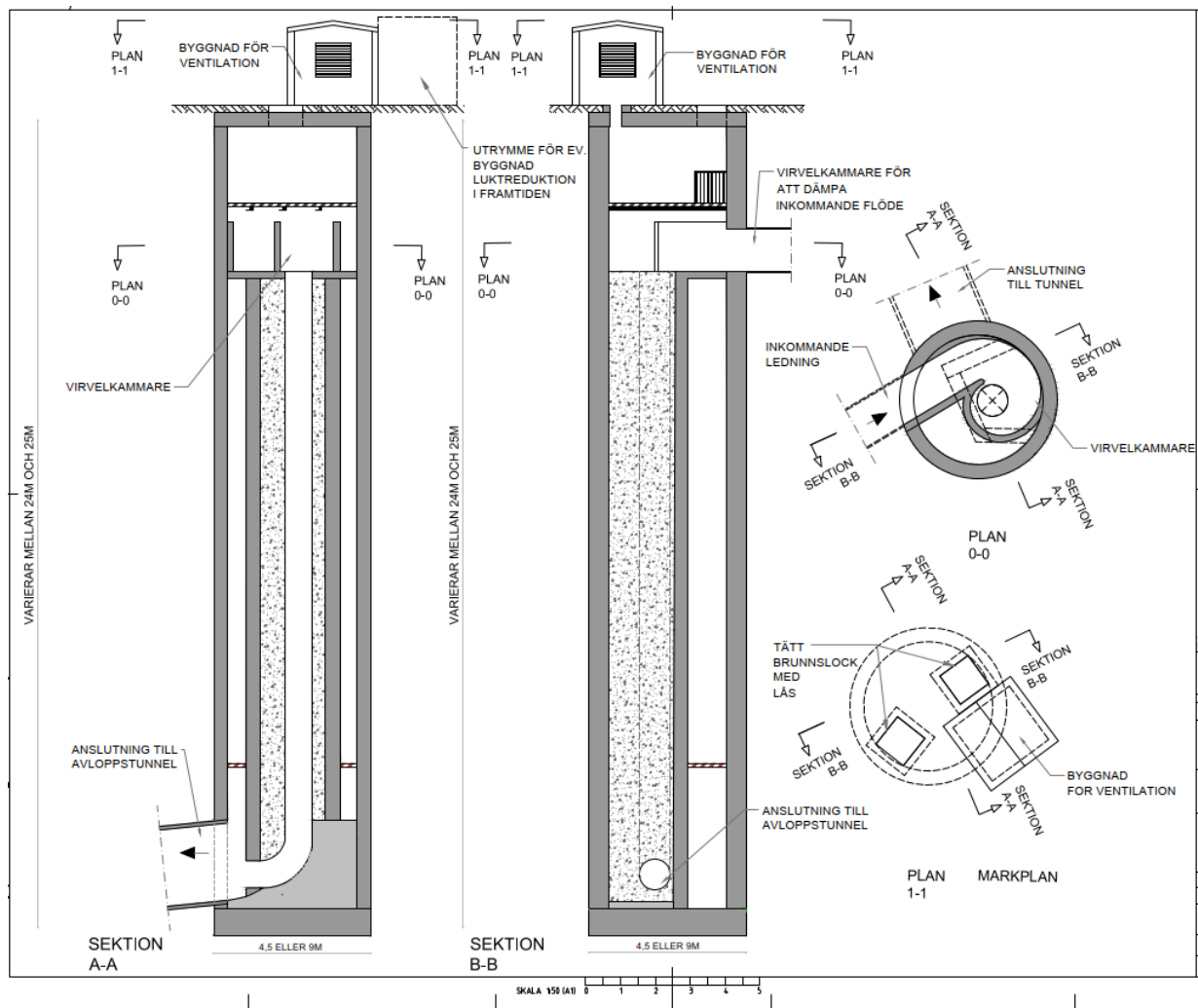
Ett antal schakt förses med överbyggnader för ventilation i form av spjäll eller ventilationsrör. Två alternativ finns för utformning av överbyggnader;

- Ett cirka 2,5 m högt utrymme där spjäll placeras på väggarna.
- Ett nedsänkt ventilationsschakt där spjäll placeras under markytan och bara ventilationsröret är synligt ovan mark (s.k. svanhals).

Principskiss av schakt S11, S13 och S21 visas i Figur 6-4.

Typritningar över samtliga schakt i driftskede återfinns i bilaga R Ritningsförteckning. Den exakta utformningen av schakt och överbyggnader bestäms vid detaljprojektering.

Figur 6-4. Princip på planerad anläggning, schakt S11, S13 och S21 i driftskede.



## 7 Utvärdering av bästa möjliga teknik

Enligt hänsynsreglerna i 2 kap. 3 § miljöbalken ska bästa möjliga teknik (BMT) användas för att förebygga och minska skador och olägenheter vid yrkesmässig verksamhet. Tekniken ska vara vetenskapligt och praktiskt beprövad, tekniskt tillgänglig och ekonomiskt rimlig att använda.

Utifrån geologiska förutsättningar och för att uppnå minsta möjliga omgivningspåverkan har följande tekniska val gjorts för tunneln;

- Tunneldrivningen genomförs med mekanisk metod (borrning) som är väl beprövad för de förekommande förhållandena, till exempel i Citytunnelprojektet i Malmö och i Köpenhamns Tunnelbana och ett flertal avloppstunnlar hos HOFOR i Köpenhamn. Sprängning kommer således inte att utföras.
- All tunneldrivningen sker med EPB (Earth Pressure Balance) i tunnelborrmaskinerna för att stabilisera tunnelfronten, reducera sättningar och minimera inläckage av grundvatten under drivningen.
- Tunneln förses kontinuerligt under drivningen med vattentäta inklädnader av förtillverkade element av armerad betong, som en integrerad del av drivningstekniken.

Tekniken EPB-TBM (Earth Pressure Balance Tunnel Boring Machine) med segmentlining har flera fördelar, bland annat:

- Begränsad buller-, stomljuds- och vibrationspåverkan.
- God kontroll över vatteninflödet och sättningar över tunneln, vilket innebär att skador på byggnader ovan mark kan minimeras.
- Generellt sett mindre omgivningspåverkan och störningar för tredje man.
- God anpassning till varierande mark- och grundvattenförhållanden längs tunneln.
- Säker arbetsmiljö.
- Snabb byggmetod.

Ur ett ekonomiskt perspektiv är investeringskostnaden relativt hög och det krävs därför detaljerad planering och identifiering av projektets förutsättningar. Metoden är mer tidseffektiv eftersom drivningen sker kontinuerligt dygnet runt. Mer information om tekniken finns i avsnitt 8.2.1.

EPB-TBM-driven pipe jacking-metod är en snarlik teknik, dock är den bättre lämpad vid anläggning av tunnlar med mindre dimensioner. Tekniken beskrivs närmare i avsnitt 8.2.2.

Schaktmetoden har valts med hänsyn till hydrogeologiska och geotekniska förutsättningar. För att uppnå minsta möjliga omgivningspåverkan – både vad gäller sättningar, grundvattenpåverkan, buller och vibrationer – kommer alla schakt att förses med en tät stödkonstruktion i form av slitsmur eller sekantpålar. Därefter utförs urschaktning av jord- och bergmaterial innanför den skyddande och täta stödkonstruktionen. Grundvatten kommer därför endast, och i begränsad omfattning, läcka in genom schaktbotten fram till dess att den bottenplattan färdigställts. Vid behov tätas schaktbotten under schaktskedet med cementinjektering.

## 8 Byggmetoder och genomförande

### 8.1 Tidplan

Drivning av avloppstunneln inkluderar två skeden; planerings- och byggskede. När avloppstunneln är färdigbyggd och driftsatt går den in i driftskedet. De olika skedena omfattar i korthet följande:

- Planeringsskede: Projektering, ansökan om erforderliga tillstånd och upphandling av entreprenör.

- Byggskede: Preliminär byggstart är andra halvan av 2020-talet. Byggskedet omfattar tillverkning, leverans och montage av tunnelbormaskiner, byggnation av schakt och drivning av avloppstunnel samt pumpstation. Tunneldrivning och schaktarbeten delas in i etapper.
  - Förväntad byggtid för avloppstunneln är omkring 4 – 5 år
  - Förväntad byggtid för pumpstationen är cirka 2 år.
  - Behov av grundvattenbortledning för anläggning av schakt S01 och Sjölunda pumpstation uppgår till cirka 4 – 5 år.
  - Byggtiden för övriga schakt varierar mellan cirka 6 månader och 2 år, beroende på schaktens funktion och storlek.
  - Behov av grundvattenbortledning för anläggning av övriga schakt är tidsmässigt begränsad till cirka 1 – 1,5 år.
- Driftskede: I driftskedet är avloppstunneln och Sjölunda pumpstation en del av avloppsreningsverkets följdverksamhet. Avloppstunneln dimensioneras för en teknisk livslängd om 100 år, men livslängden kan förlängas med planering för underhåll och reovering.

## 8.2 Tunneldrivning

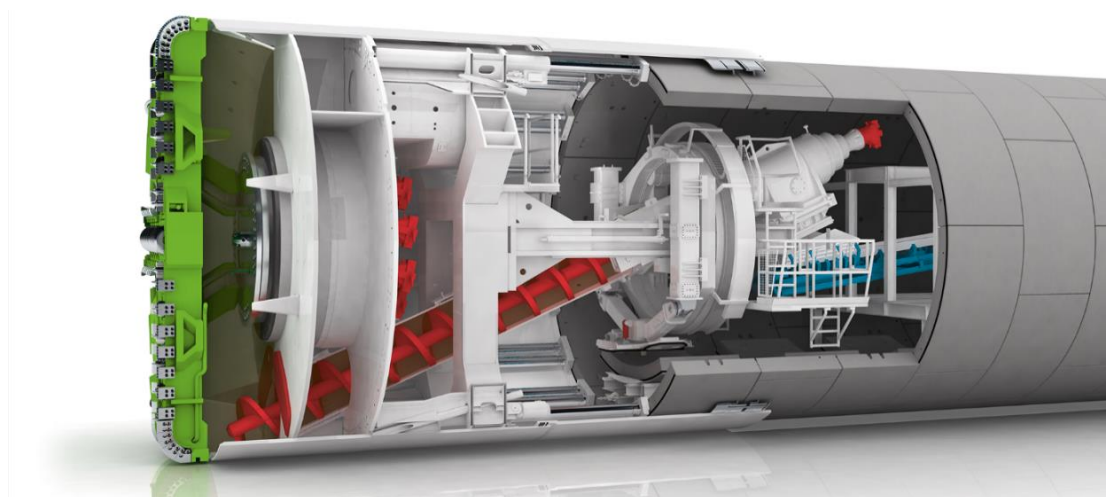
I detta avsnitt beskrivs de tekniker för tunneldrivning som används i projektet;

- EPB-TBM med segmentlining (avsnitt 8.2.1)
- EPB-TBM med pipe jacking (avsnitt 8.2.2)

### 8.2.1 EPB-TBM med segmentlining

EPB-TBM med segmentlining innebär att tunneln byggs med en sköldad EPB-TBM (Earth Pressure Balance Tunnel Boring Machine), se Figur 8-1.

Figur 8-1. Sköldad EPB-TBM, cirka 5 m i diameter (Herrenknecht AG, 2021).



Metoden lämpar sig bäst vid anläggning av tunnlar med större dimensioner. Tekniken innebär att ett borrhuvud maler sönder berget och tunneln byggs genom att betongsegment kontinuerligt installeras bakom drivningsfronten. Utgrävda massor transporteras under drivningens gång bakåt med en skruv till en efterföljande bakrigg och system för masshantering.

EPB-metoden innebär att det lossbrutna materialet används för att stödja tunneln och begränsa inläckage av grundvatten. Vid behov kan det lossbrutna bergmaterialet mjukgöras med skum och/eller

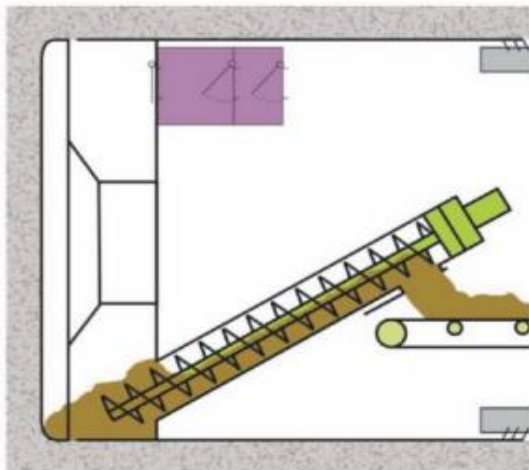
andra tillsatser för att underlätta framförandet av borren och minska borrarlitaget. Detta bedöms dock erfarenhetsmässigt endast bli aktuellt i marginell omfattning. Vatten som läcker in pumpas ut kontinuerligt. Det utborrade materialet förs vidare bakåt i bormaskinen med hjälp av en skruvtransportör. Utborrat material transporteras med transportband eller arbetståg genom tunneln mot startschaktet. Därefter lyfts materialet upp ur schaktet för vidare hantering.

TBM-tekniken inkluderar system för kontaktinjektering, vilket innebär igenfyllning med cementbruk av det mellanrum som uppkommer mellan den borrarade tunnelväggen och betonginklädnaden.

EPB-TBM används både för tunneldrivning i jord och mjukt berg. EPB-TBM används vanligen för mjuka kohesionsjordar, men kan anpassas till andra heterogena och instabila geologiska/geotekniska förhållanden genom olika driftlägen; öppet eller slutet läge, applicering av kompressionsluft och kompletterande åtgärder i form av markbehandling och förinjektering.

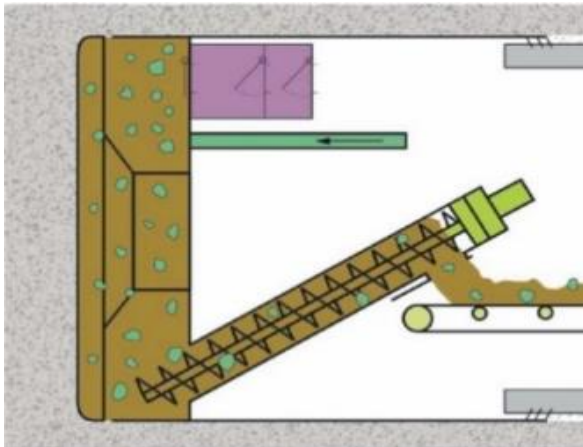
EPB-maskinen körs i antingen så kallat öppet eller slutet läge (se Figur 8-2). I öppet läge förflyttas bormassor förflyttas från borrarfronten med hjälp av en transportskruv och förs direkt mot startschaktet på transportband.

Figur 8-2 Öppen EPB-TBM (Herrenknecht AG, 2021).



I slutet läge samlas utgrävda massor samlas i borrarfronten och skapar ett mottryck mot omgivande massor. Beroende på bergets egenskaper kan olika typer av tillsatsmedel användas för att underlätta borrarningen. Vid behov av underhåll av maskinen kommer injektering utföras i syfte att säkerställa stabilitet och vattentäthet intill borrhuvudet.

Figur 8-3. Slutet EPB-TBM (Herrenknecht AG, 2021).



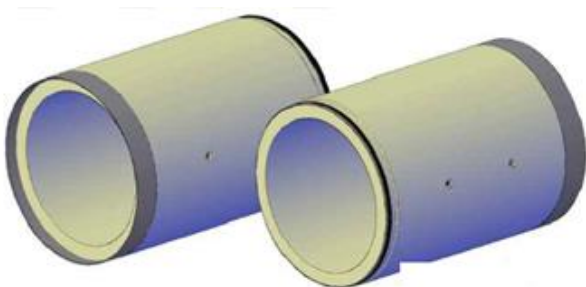
Förinjektering används vid behov för markbehandling eller för att kontrollera inflöde av vatten till tunneln. Inför start av tunneldrivningen förbereds en så kallad injekteringsplugg utanför stödväggen för att säkerställa stabila och torra förhållanden ("break out plug").

Även inför mottagning av TBM används en injekteringsplugg för att säkerställa en säker och torr miljö ("break in plug"). Mottagningschaktets botten fylls vid behov upp delvis och tillfälligt med tunnelmassor eller grus för att möjliggöra mottagning av maskinen. Demontering sker sedan gradvis innan maskinen lyfts ut.

### 8.2.2 EPB-TBM med pipe jacking

EPB-TBM med pipe jacking lämpar sig främst vid drivning och anläggning av tunnlar med mindre dimensioner. Pipe jacking innebär att prefabricerade betongrör av armerad betong, se möjlig utformning i Figur 8-3, trycks framåt med hjälp av hydrauliska domkrafter ("jacks") från ett startschakt (s.k. jacking-station).

Figur 8-4. Illustration av möjlig utformning på förtillverkade tunnelement, cirka 3 m långa. Mellan rörsegmenten läggs en tätning.



Metoden är lik den som beskrivs i avsnitt 8.2.1, med skillnaden att TBM:en skjuts framåt med domkrafter i intilliggande schakt med betongsegment mellan maskinen och stationen, i stället för att betongsegment kontinuerligt installeras bakom drivningsfronten. Borrning och uttag av jord/kalkberg sker i fronten med ett borrhuvud med skärverktyg valda utifrån aktuell geologi. Utborrade massor tas ut genom den borrarade tunneln till närmaste startschakt.

Avstånd mellan schakten har, baserat på riskvärdering, valts så att drivningslängden för varje etapp begränsas till cirka 1200 m.

Exempel på hur en s.k. jacking-station kan se ut visas i Figur 8-4 och Figur 8-5.

Figur 8-5. Startschakt (Projekt H3-4 Emschertunneln)



Figur 8-6. Startschakt, s.k. jacking-shaft.



För att minska friktionen under drivningen fylls mellanrummet mellan berg och rörsegment med bentonit, som exempelvis kan tryckas ut genom små hål i rördelarna, vilket fungerar som smörjmedel och tätning. Kontroll av systemet utförs med jämna mellanrum för att säkerställa att detta sker kontinuerligt. Hålen tätas när tunneln är färdigbyggd.

### 8.3 Schakt

Totalt 11 schakt, vars funktion beskrivs i avsnitt 6.6, byggs längs avloppstunnelns sträckning. Därtill kommer ledningsschakt för anslutning till det befintliga VA-ledningsnätet. Schakten har placerats för att minimera omfattningen av anslutningsarbeten och påverkan på befintlig infrastruktur och dimensionerats utifrån funktion under bygg- och driftskede. Byggmetoder och genomförande beskrivs i detta avsnitt. Olika tekniska lösningar kan krävas på grund av skillnader i schaktdjup.



Av logistiska skäl, för att enkelt kunna ansluta till befintliga avloppssystem (se avsnitt 4.1.2), placeras samtliga schakt längs huvudtunneln på samma sida av tunneln. Schakten för mikrotunnlarna ligger däremot som en del av tunneln. Schakten har olika djup beroende på plats och funktion, som mest cirka 36 m. Tunnelndrivning av huvudtunneln startar i schakt S01 och går mot S15, där maskinen demonteras. Tunnelndrivning av mikrotunnlar startar i S17 respektive S20.

Ungefärliga djup, dimensioner och funktion under bygg- och driftskede för respektive schakt visas i Tabell 8-1.

Tabell 8-1. Ungefärliga djup, dimensioner och funktion för schakt längs tunneln under bygg- och driftskede.

Schakt	Schaktdjup [m]	Inre diameter cirka [m]	Funktion byggskede	Funktion driftskede
S01 Sjölunda	-36	Ø 45	Start- & mottagningschakt	Pumpstation
S20 Borrgatan	-25	Ø 15	Start- & utrymningsschakt	Inspektionsschakt
S21 Spillepengen	-22	Ø 10	Mottagningschakt	Anslutnings- & inspektionsschakt
S10 Flintränegatan	-25	Ø 5	Utrymningsschakt	Anslutnings- & inspektionsschakt
S11 Kosterögatan	-24	Ø 5	Utrymningsschakt	Anslutnings- & inspektionsschakt
S12 Skruvgatan	-24	Ø 10	Mottagnings- & utrymningsschakt	Anslutnings- & inspektionsschakt
S17 Rosendal	-20	Ø 15	Start- & utrymningsschakt	Anslutnings- & inspektionsschakt
S16 Värnhemstorget	-18	Ø 10	Mottagningschakt	Anslutnings- & inspektionsschakt
S16 (2) Föreningsgatan	-6	Ø 10		Anslutningsbrunn mellan magasin och ledningar
S13 Frihamnsallén	-23	Ø 5	Utrymningsschakt	Anslutnings- & inspektionsschakt
S14 Carlsgatan	-21	Ø 5	Utrymningsschakt	Anslutnings- & inspektionsschakt
S15 Turbinen	-22	Ø 15	Mottagningschakt	Anslutnings- & inspektionsschakt
S15 (2) Mariedalsvägen	-9	Ø 10		Anslutningsbrunn mellan inkommande/utgående ledningar

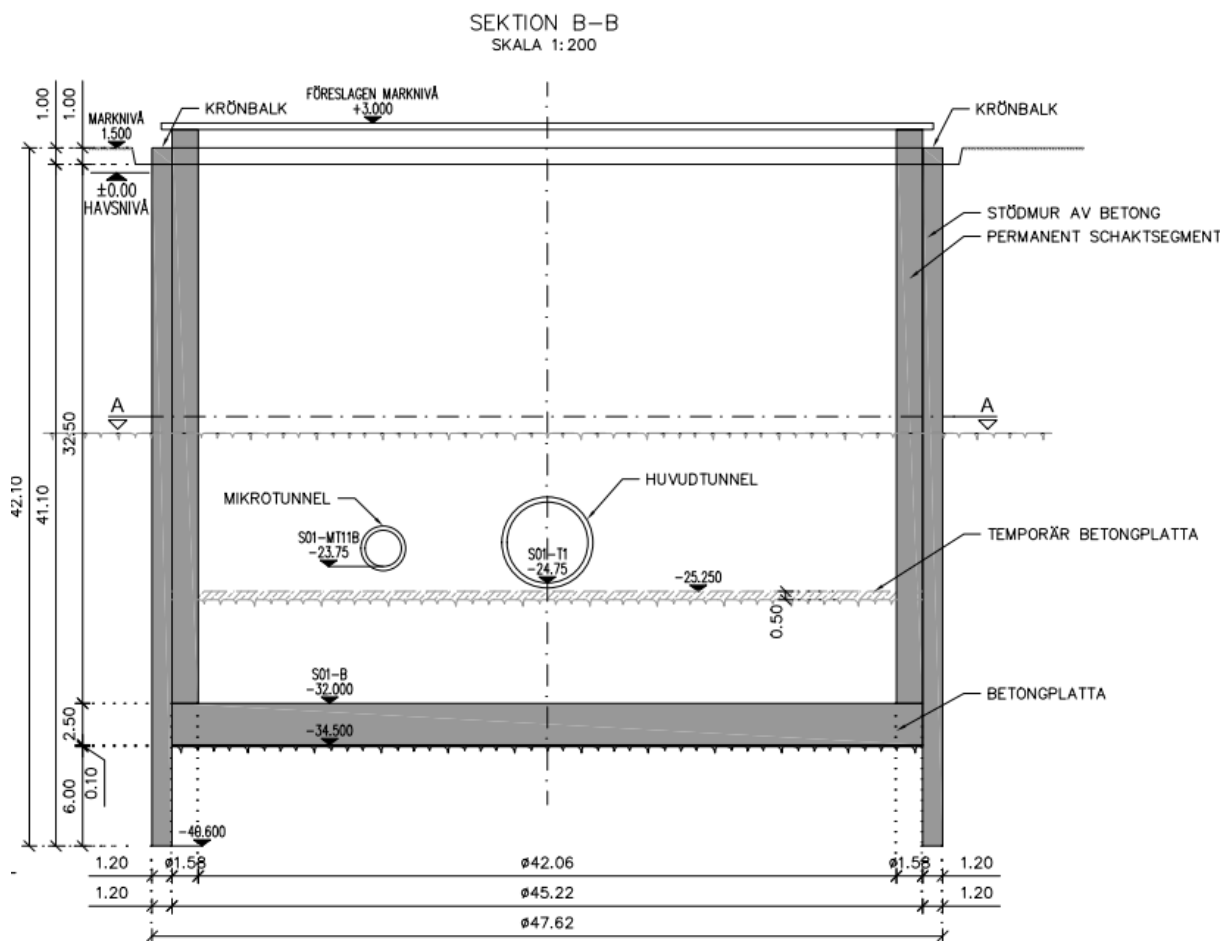
S01 är beläget i den nordöstra delen av projektområdet och används till följande:

- Startschakt för drivning av huvudtunnel (byggskede)
- Mottagande av mikrotunnel från S20 (byggskede)
- Tillförsel och bortskaffande av material vid tunnelndrivning (byggskede)
- Pumpstation (driftskede)

S01 är det största schaktet i projektet, där drivning av huvudtunneln startar. En principskiss av schaktet i byggskedet visas i Figur 8-6, samt i bilaga R Ritningsförteckning. Schaktets storlek och djup är

anpassade efter hydrauliska krav och för att inrymma utrustning för Sjölunda pumpstation. Med hänsyn till hydrogeologiska förutsättningar byggs schaktet med en tät stödvägg som går ner under schaktbotten samt att kompletterande injektering görs av själva schaktbotten vid behov. Schaktningen sker i etapper ned till en tillfällig botten under markytan, där tunnelbormmaskinen monteras och tunneldrivningen påbörjas. Då tunneldrivningen är slutförd fortsätter schaktningen ner till slutlig nivå.

Figur 8-7. Principskiss av schakt S01 i byggskedet (planritning).



Byggnation av övriga schakt längs huvudtunneln sker översiktligt enligt följande punkter;

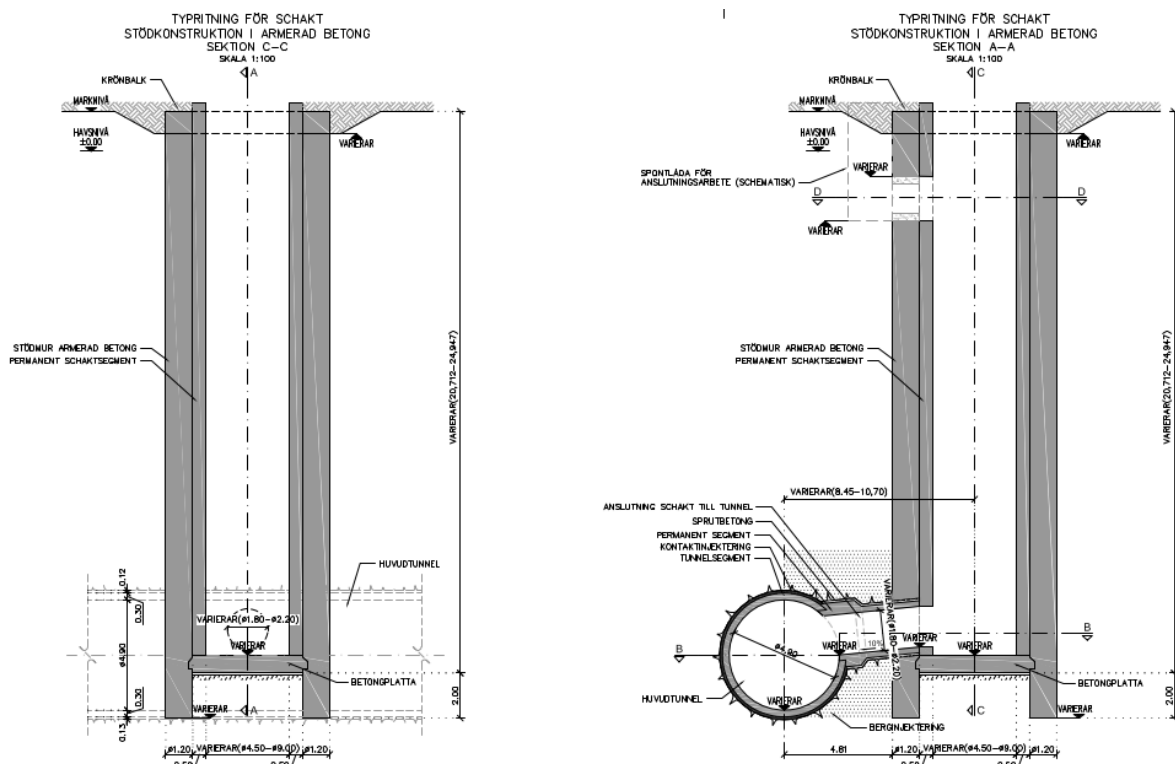
1. Installation av täta stödväggar, till exempel slitsmur eller sekantpålvägg, som når en bit under schaktbotten.
2. Schaktning ner till TBM-nivå.
3. Botteninjektering utförs vid behov.
4. Schaktning sker efter avslutad tunneldrivning till planerad nivå. Länshållning av schakter utförs, vilket medför en trycksänkning i grundvattnet i berggrunden.
5. Utförande av inre betonglining

I schakt för mottagning av huvudtunneln (S15) kommer drivning av huvudtunneln att slutföras och TBM:en demonteras och tas upp.

I startschakt för drivning av mikrotunnlar (S17 och S20) sätts en jacking-station upp i schaktet, en förankring uppförs och jacken installeras. TBM:en lyfts sedan in i schaktet. Då borringen i den första riktningen är klar demonteras maskinen i mottagningschaktet och transporteras tillbaka till startschaktet. Under tiden ominstalleras förankringen och jacken i schaktet inför drivning i nästa riktning.

En principskiss av schakt S10, S11 och S13 i byggskedet visas i Figur 8-7. Principskisser på samtliga schakt visas i bilaga R Ritningsförteckning.

Figur 8-8. Principskiss av schakt S10, S11 och S13 i byggskedet (planritning).



Behovet av botteninjektering utvärderas separat för varje schakt. För mer information om botteninjektering se avsnitt 9.1.

I schakt som ska fungera som utrymningsvägar tätas innerväggarna och schakten utrustas för drift med pumpar, rör, trappor etc.

Byggtid för schakten varierar mellan omkring 6 månader och 2 år, förutom för S01 där byggtiden går uppemot cirka 4-5 år. När tunneln är färdigbyggd kommer schakten att ha en fortsatt funktion i driftskedet.

Drivning av tunneln medför ett försumbart inläckage av grundvatten, men inläckage till schakt kan förväntas beroende på hur täta de utförs inklusive tätning av kalkberget med cementinjektering. Schaktens storlek har betydelse för mängden inläckande grundvatten. En begränsad temporär grundvattenavsänkning bedöms ske vid samtliga schakt under byggskedet. Grundvattenavsänkning sker främst till följd av den trycksänkning som behövs för att undvika bottenuppträckning i schakten.

Vibrationskritiska arbetsmoment är exempelvis markarbeten vid installation av tät stödvägg, och schakthanläggning bedöms vara den främsta källan till buller under byggskedet. Byggarbete utförs

huvudsakligen under dagtid på vardagar, men arbete kan ske dygnet runt i områden där det inte förekommer några skyddsobjekt. Stomljud bedöms även kunna uppstå vid passage under byggnader, särskilt för byggnader med källare.

Buller bedöms inte förekomma vid schakten under driftskedet. Vid Sjölunda pumpstation kommer en viss nivå av buller att alstras av fläktar och maskiner för pumpning, men eftersom dessa ligger cirka 35 m under markytan eller inuti en byggnad kommer ljudet på markytan sannolikt att vara marginellt. Under drift bedöms tunnelsystemet eller pumpstationen alltså inte ge upphov till buller.

Utsläpp till luft under byggskedet kan ske vid bland annat installation av stödmurar, exempelvis slitsmur, och schaktning av massor vilket orsakar damning och avgaser. I driftskedet kommer luft vid riktigt stora nederbörds mängder att pressas ut via de permanenta schakten då tunneln vattenfylls, vilket kan medföra luktemissioner.

## 8.4 Arbetsområden

I anslutning till schakten upprättas arbetsområden. Dessa områden används för bland annat upplag av material och utrustning, uppställning av arbetsbodas, miljöstation och vattenreningsutrustning, samt plats för fordon och arbetsmaskiner. Utpekade arbetsområden för respektive schakt återfinns i bilaga R Ritningsförteckning.

Transport av material sker till och från arbetsområdena, och schaktmassor forslas bort. Hantering av massor sker inom arbetsområdena. Arbetsområdenas storlek och utformning skiljer sig åt beroende på vilka arbeten som ska utföras i respektive område och även variera över tid inom schakten, beroende på aktuellt arbetsmoment. Generellt ligger ytorna på ett intervall mellan cirka 3 000 – 6 000 m<sup>2</sup>, med undantag för arbetsområdet för S01 som utgör totalt cirka 30 000 m<sup>2</sup> (varav cirka 14 000 m<sup>2</sup> är vid schaktet och resterande yta i närområdet), arbetsområdet för S17 som utgör cirka 15 000 m<sup>2</sup>, och arbetsområdet för S20 som utgör cirka 10 000 m<sup>2</sup>.

Arbetsområdena kan bland annat inrymma följande:

- Utrymme för schakt och installation av detta.
- Lagringsutrymme för betongsegment.
- Plats för mobilkran för att lyfta ner/upp TBM och lyfta ner betongsegment etc. i schakt.
- Pumphänläggning för grundvattensänkning och infiltration, inklusive nödström till denna.
- Dieselaggregat.
- Betongpump och betongbilar.
- Rörlager för media till tunneldrivning såsom luft och vatten, ytor för transporter, på- och avlastning.
- Vattenbehandlingsutrustning.
- Utrymme för byggnation av Sjölunda pumpstation och dess installationer.
- Utrustning för gjutning och borrar av slitsmur eller dylikt.
- Grävmaskin.
- Yta för masshantering.
- Bodetablering för personal.
- Plats för avfallsstation för källsortering, armeringsstation, verktygscontainrar och upplagsplats för byggmaterial.

Vid drivning av mikrotunnel längs sträckan mellan S17 Rosendal och S12 Skruvgatan, som drivs med pipe jacking (se avsnitt 8.2.2), kan tunnelbormaskinen behöva göra ett planerat uppehåll för underhåll och byte av skärverktyg. För detta arbete behövs en arbetsyta i markplan om cirka 10x10 m samt tillgänglighet för lastbilar, bormaskin, borrstänger, injekteringspump m.m. Arbetet tar cirka 1 månad och kan utföras i god tid innan tunnelbormaskinen anländer till platsen.

Under byggskedet medför arbetsområden och tillfartsvägar en begränsad påverkan på trafik och tillgänglighet, då omledning av trafik och avstängning av vissa vägar/cykelleder behöver ske under kortare perioder. Vid påverkan på prioriterade cykelvägar och zonen för gång- och cykeltrafikanter vidtas lämpliga åtgärder såsom tydlig skyltning och vägvisning. Även avstängning eller omledning av huvudcykelled under byggtiden, förbättrad belysning eller signalreglerad in-/utfart är lämpliga åtgärder. Trafiksäkerhetsåtgärder vidtas vid S16 där gång och cykel prioriteras för att säkerställa säkerheten för bl.a. barn. Skyddsåtgärder för trafiksäkerhet stäms av med berörd fastighetsägare och kommun.

Vid S16 Värnhemstorget, S16 (2) Föreningsgatan och S17 Rosendal finns biotopskyddade alléer som bedöms påverkas av arbetet. Totalt tre träd bedöms behöva avverkas vid S16 och S16 (2), men övriga biotopskyddade träd som berörs av arbetet skyddas med hjälp av avspärning kring träden inklusive rotzon, inplankning av stammar, tryckavlastande mattor för att skydda rötterna eller liknande skyddsåtgärder.

Växtplatsen för arten fältnarv vid S13 Frihamnsallén spärras av under utförande av byggarbeten inom området.

Tidpunkt för borttagande/övertäckning av viktiga habitat, så som träd, buskar och dammar, anpassas efter häckande fåglar.

Då anläggningarna är redo att tas i bruk kommer arbetsområdena att återställas. Ett antal schakt förses med nedstigningslucka och/eller överbyggnad, vilket beskrivs närmare i avsnitt 6.6.

## 8.5 Vattenhantering

Under byggskedet uppkommer överskottsvatten bland annat från avledning av grundvatten, dagvatten och dräneringsvatten inom arbetsområden samt från avvattning, kylvatten, släckvatten och användning av processvatten. Processvatten kommer främst att användas för borrar och högtryckstvätt av berget i samband med tunneldrivning och för betongkonstruktioner, men även för bl.a. dammbekämpning, tvätt av utrustning samt vatten och avlopp till manskapsbodrar. Processvatten behövs också vid anläggande av schakt och vid drivning med pipe jacking som tillsats i bentonitslurry. Till processvatten används kommunalt vatten från närmaste anslutningspunkt eller behandlat och återanvänt överskottsvatten i den mån det är ekonomiskt, tekniskt och miljömässigt möjligt.

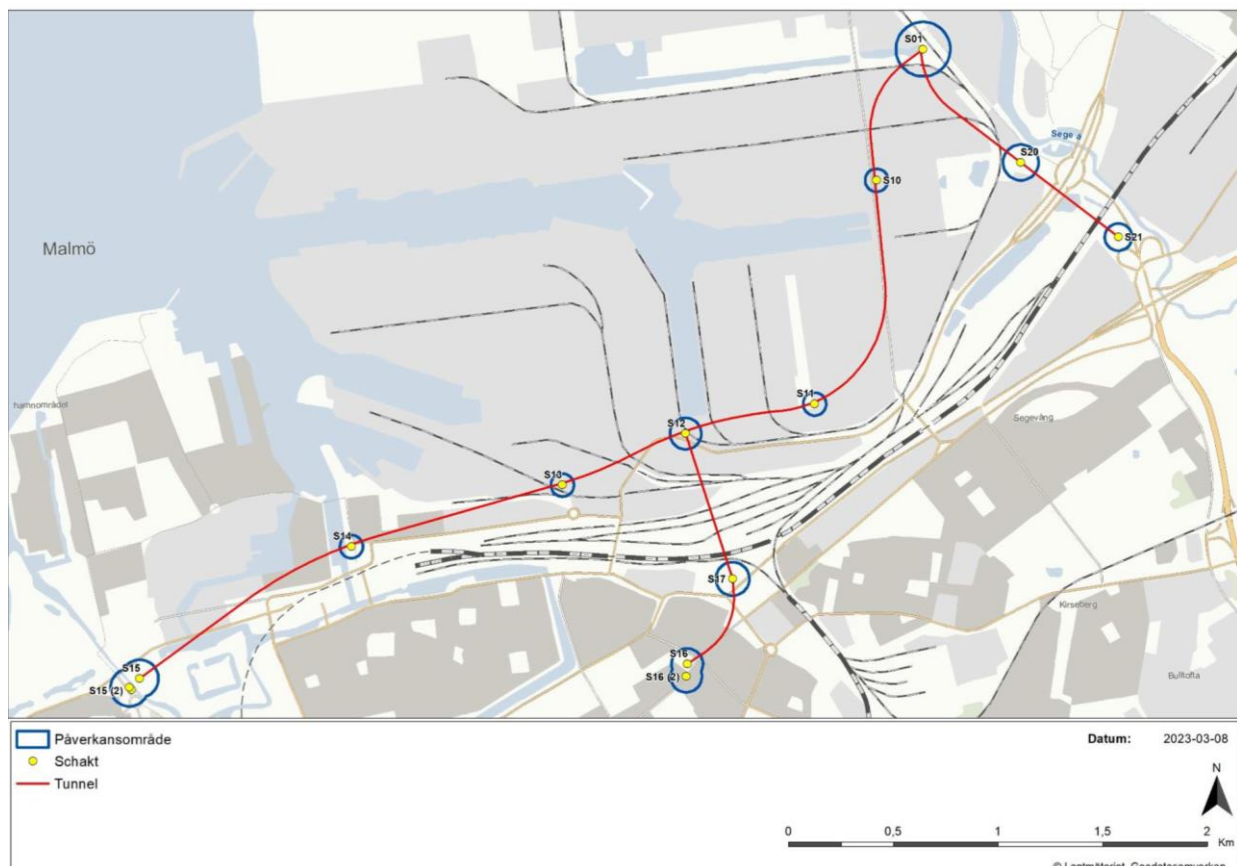
I syfte att leda bort inläckande grund- och ytvatten från schakt i byggskedet används pumpar placerade i schakten. Enligt utförd grundvattenmodellering väntas begränsade grundvatteninflöden i schakten eftersom tät stödvägg går ner under schaktbotten samt att kompletterande injektering görs av själva schaktbotten vid behov. Konservativt beräknat/bedömt inläckage till respektive schakt under byggskedet framgår av Tabell 8-2. Behovet av grundvattenbortledning under byggskedet är beräknat till mellan cirka 2–20 l/s per schakt i berg.

Tabell 8-2 Beräknat/bedömt ungefärligt inläckage av grundvatten till respektive schakt i byggskede.

Schakt	Bedömda flöden [l/s]
S01 Sjölunda	20
S20 Borrgatan	5
S21 Spillepengen	3
S10 Flintränegatan	2
S11 Kosterögatan	2
S12 Skruggatan	4
S17 Rosendal	5
S16 Värnhemstorget	4
S13 Frihamnsallén	2
S14 Carlsgratan	2
S15 Turbinen	6

Till följd av olika nivåer för schaktbotten, skillnader i geologi, närheten till havet och även storleken på schakterna ges en variation i beräknade resultat för påverkansområden. De bedömda påverkansområdena visas i Figur 8-8.

Figur 8-9. Påverkansområde för tunnel under Malmö.



Grundvatten från trycksänkning under bottenplattan kommer, om det inte rör sig om små vattenmängder, att ledas separat från resterande överskottsvatten till markytan.

Överskottsvatten ska under byggskedet efter lokal behandling avledas till dagvattennätet, direkt till vattenområden alternativt till det kommunala spillvattennätet. Närliggande vattendrag anges i avsnitt 4.3.3. Utgående flöde till recipient kommer att anpassas för att undvika överbelastning. I de fallen utsläpp till recipient inte är möjligt kommer vattnet att transporteras med tankbil till mottagare med godkänt tillstånd.

## 8.6 Energiåtgång

Under byggskedet används el- och bränsleenergi. De mest energikrävande posterna är drift av TBM, arbetsmaskiner och byggarbetsplatser, transporter samt tillverkning av betong och andra produkter i tunnelkonstruktionen.

Enligt uppskattning kommer TBM i sin helhet att kunna drivas av el från befintligt nät (nödström kan dock komma från dieselaggregat). Tunneldrivning av huvudtunnel inkl. transportband inne i avloppstunneln bedöms ha ett ungefärligt energibehov av 22 000 MWh.

Arbetsmaskiner är framför allt el- eller dieseldrivna. Lastbilar är framför allt dieseldrivna. Transportband drivs med el.

Energiaspekten beaktas vid exempelvis val av pumpar, fläktar och annan utrustning.

## 8.7 Transporter

Trafikrörelser till och från arbetsområden under byggskedet kommer bland annat att utgöras av transporter av massor, material, maskiner och avfall. Transporter sker kl. 7-18 under vardagar. Avvikelse kan dock ske, exempelvis vid stora betonggjutningar. Avvikelse kan även ske i industriområden där störningar från trafiken inte uppstår vid andra tidpunkter.

Vilka material som transporteras varierar beroende på projektskede. Under drivningsfasen kommer bland annat injekteringscement, sprutbetong och drivmedel att transporteras. Under byggtiden kommer även arbetsmaskiner, arbetsmaterial, stängsel m.m. att transporteras till och från arbetsområdena. Betongsegment transporteras genom tunneln, exempelvis med eldrivna arbetståg.

Transport av överskottsmassor, betong, tunneldelar och övrigt material från och till arbetsområden sker i första hand med dieseldrivna lastbilar. Det kan även bli aktuellt med transporter med eldrivna transportband eller autonoma dumpers. Totalt uppskattas cirka 50 000 lastbilstransporter till och från arbetsområdena att ske under byggtiden.

Transport av material till och från schakt kommer i första hand att ske med lastbil utanför arbetsområden för att i möjligaste mån undvika tunga transporter på mindre lokalgator. Tillfälliga vägar behövs i anslutning till arbetsområden för frakt av material till och från dessa.

Den totala trafikökningen orsakad av transporter i projektet bedöms som marginell i förhållande till nuvarande trafikmängd, och sker främst under byggskedet. Transporter sker även i driftskedet, exempelvis vid underhåll, men i mycket mindre utsträckning än under byggskedet.

Projektet bedöms inte ha en betydande negativ påverkan på buller, vibrationer, luft och partiklar då transporter inom arbetsområden och byggtrafiken i relation till dagens trafikflöden gällande tung trafik är försumbar. Skyddsåtgärder för bullerstörningar, vibrationer och utsläpp till luft samt damning beskrivs i avsnitt 9.5, 9.6 och 9.7.

Trafikpåverkan förväntas uppstå på Kosterögatan och Flintränegatan då trafik behöver stängas av. Likaså kommer Föreningsgatan och Mariedalsvägen att behöva stängas av under ungefär sex månader, då tunneln ansluts till befintligt avloppssystem. Vid övriga schaktlägen, utom möjligen Carls gatan, bedöms avstängningar inte behövas. Under en period om ungefär två månader kommer halva Flintränegatan (närmast Öresundsverket) att behöva stängas av då befintliga ledningar ska anslutas till schaktet.

I innerstaden i Malmö är hastighetsgränsen 40 km/h och i hamnområdet 50 km/h. Gångfartsområden och områden med hastighetsgränsen 30 km/h ska undvikas i största mån, liksom nya korsningar/utfarter med hastighetsgränsen 60 km/h eller högre.

Vid anläggning av tunneln styrs hanteringen av överskottsmassor, byggmaterial, betong, tunneldelar och övrig utrustning för tunnelbyggnationen från startschakten. Fordon väljs som klarar lutningar, höjdhinder etc. för att undvika ombyggnationer av vägar.

## 8.8 Hantering av massor

Överskottsmassor uppkommer vid följande bygg- och anläggningsaktiviteter:

- Urschaktning av jord och berg inom arbetsområden och schakt inför tunneldrivning och ledningsomläggningar vid anslutning till tunneln
- Tunneldrivning genom jord och berg

Under byggskedet uppskattas cirka 156 000 t<sub>fm</sub><sup>3</sup> borrhmassor uppstå. Från schakten uppskattas cirka 56 000 t<sub>fm</sub><sup>3</sup> jordmassor och cirka 66 000 t<sub>fm</sub><sup>3</sup> bergmassor uppstå.

Vid drivning av avloppstunneln förs borrhmassorna med en skruv bakåt för vidare transport genom tunneln, exempelvis med transportband eller arbetståg. Massorna förflyttas sedan till en vertikal transportör. Borrhmassorna, som är fuktiga, hanteras på arbetsområden vid startschakten i erforderlig omfattning. Vattnet samlas upp och behandlas lokalt vid behov inom aktuellt arbetsområde innan det släpps ut.

Överskottsmassor förs direkt från platsen där de uppkommer till avfallshanteringsanläggning eller annan tillståndsgiven mottagning via lastbil. Det kan även bli aktuellt med transport av borrhmassor från S01 till Norra hamnen via transportband, innan vidare transport till mottagare. I de fall där mottagande av massor är stängt över helger, lagras massor från tunneldrivningen tillfälligt inom arbetsområdet i täta containrar alternativt inom invallning. Då projektet har nära till Malmö hamn kan även prämning övervägas för delar av sträckan beroende på plats för mottagning.

Borrhmassor som uppkommer vid drivning av huvudtunnel och mikrotunnlar består huvudsakligen av kalksten som enkelt kan omhändertaras för återanvändning. Borr- och schaktmassor används i första hand som byggmaterial. Massor som kan användas inom ett arbetsområde kan tillfälligt komma att lagras och hanteras inom detta. Om behov av överskottsmassor uppkommer i tunnelns närområde, eller om annat alternativ för omhändertagande med mindre miljöbelastning och kostnad finns, väljs detta alternativ. Resterande massor samt förorenade massor fraktas bort och omhändertaras av godkänd mottagare.

Schaktmassor från schakt samt förberedande arbeten inom arbetsområden består av jord och kalksten. För massor från schakt är de geotekniska egenskaperna kända, och föroreningsnivåerna kända och avgränsade. Markundersökningar har utförts längs tunnelsystemet. Generellt sett är



föroreningsgraden i marken låg. Förorenad jord har påträffats främst i området vid S01, generellt sett begränsad till jordlagrens översta del. Om det påträffas okända föroreningar i marken stoppas arbetet, så att det kan utredas om det behövs vidtas åtgärder.

Massor från ledningsschakt, som anläggs för anslutning till befintligt VA-ledningsnät, kan bestå av fyllnadsmassor med okända föroreningar. Klassificering av massorna sker under byggskedet.

Ingen behandling av förorenade massor sker inom arbetsområdena. Uppstår eller påträffas massor som klassas som farligt avfall inom projektet transporteras dessa med täta och täckta containrar direkt till godkänd mottagningsanläggning. Under tider det inte är möjligt, lagras förorenade massor tillfälligt på plats på hårdgjord yta, alternativt täcks över- och undertill med tät presenning eller lagras i täckta containrar.

## 8.9 Hantering av avfall

Avfall som uppkommer under byggskedet går till material- eller energiåtervinning. Med att "återvinna avfall" avses avfallshantering som beskrivs i bilaga 2 till Avfallsförordningen eller som på annat sätt innebär att avfallet kommer till nytta som ersättning för annat material eller förbereds för att komma till sådan nytta eller en avfallshantering som innebär förberedelse för återanvändning.

Energiåtervinning avser förbränning.

Det farliga avfall som uppträder i projektet utgörs främst av massor förorenade med bland annat oljor och fetter samt hydrauloljor innehållande mineralolja. Farligt avfall som uppträder inom projektet kommer omhändertaras av godkänd mottagare. Avskilt slam från rening av processvatten analyseras och hanteras beroende på föroreningsgrad.

Tillfällig förvaring av farligt avfall sker oåtkomligt för obehöriga i täta, förslutna kärl och transporter sker med godkänd transportör.

VA SYD ställer krav på hur avfallshantering ska gå till avseende sortering, plats och metod för omhändertagande av sorterade fraktioner.

## 8.10 Hantering av kemiska produkter och material

Kemiska produkter hanteras inom arbetsområdena. Mängden miljöfarliga kemiska produkter, drivmedel och brandfarliga produkter minimeras och hantering och förvaring av kemiska produkter sker så att risk för skada på människors hälsa och miljö minimeras.

Exempel på material och kemiska produkter som är aktuella i projektet:

- Betongprodukter
- Tätningsprodukter
- Tunnelborrningskemikalier (t.ex. smörjmedel, stabiliserande medel)
- Drivmedel, hydrauloljor, smörjoljor, formoljor och smörjfetter
- Organiska lösningsmedel

Val av kemiska produkter och material sker enligt produktvalsprincipen. I första hand väljs de kemiska produkter med minst farliga egenskaper, och om möjligt utan konserveringsmedel.

I byggskedet kan oljehantering, inklusive tankning, och uppställning av arbetsmaskiner ske utanför hårdgjord yta. Utrustning för uppsamling och sanering av spill finns lättillgängligt inom arbetsområdet.

## 8.11 Risk och säkerhet vid tunneldrivning

Vid varje schakt inrättas ett inhägnat arbetsområde och skyddsräcken sätts upp vid djupa schakt. För varje arbetsområde upprättas detaljerade arbetsberedningar inför byggstart. Arbetsberedningarna beskriver både hur de identifierade riskerna ska förebyggas och vilken skyddsutrustning som ska finnas om en incident inträffar.

Trafikanordningsplaner tas fram för varje arbetsområde för att förebygga trafikolyckor.

Alla som vistas nere i tunneln ska ha nödvändig säkerhetsutbildning.

Tunnelinstallationer ska inte blockera utrymningsvägar. I brist på svenska riktlinjer för schaktavstånd utgår projektet från riktlinjer från Tyskland och Österrike. Grundkonceptet innebär ett maximalt avstånd på 1 000 meter för extern räddning. Detta kan dock inte uppnås, utan ersätts med ett maximalt avstånd på 500 meter för självräddning med hjälp av en räddningskammare placerad vid reservvagnarna på TBM:en. Från räddningskammaren sker räddning antingen via tunnelöppningen eller genom schaktet.

TBM:en är utrustad med sprinklersystem för brandskydd. Brandsläckare finns tillgängliga och placeras strategiskt runt TBM:en samt i alla fordon som kan trafikera arbetsområdet. Vidare installeras brand- och evakueringslarm, kommunikationsmedel, nödbelysning, utrymningsskyltar och syrgas för personal.

Ventilationsmätningar utförs under byggtiden. Rening av luft från lukt sker vid behov i de schakt där luft riskerar att släppas ut vid större regnväder.

Kontakt hålls med räddningstjänst inför och under byggskedet.

## 9 Skyddsåtgärder

### 9.1 Åtgärder för grundvattenpåverkan

Bedömd grundvattenpåverkan är baserad på undersökningar i fält, inkl. provpumpningar, kapacitetstest samt analytiska och numeriska beräkningsmetoder.

Omgivningspåverkan under driftskedet bedöms vara försumbar förutsatt att anläggningen uppnår den högt satta tätheten mot omgivande vattentryck. Inga skyddsåtgärder är därmed nödvändiga när tunneln är i drift.

Schakten utformas med hög vattentäthet för att minska omgivningspåverkan. Utformningen inkluderar täta stödväggar, till exempel sekantpålvägg eller slitsmurar, som vid behov kan kompletteras med injektering bakom väggar och i schaktbotten. Dock påverkar byggnation av anläggningen, primärt schakten, omgivande grundvattentryck och -nivåer lokalt och tillfälligt. Detta ger en viss påverkan på grundvattengradienter och förändrade grundvattenflödesriktningar.

Grundvattenuttaget i kalkberget medför inga betydande förändringar i grundvattnet i jordlagren. Därmed bedöms projektet inte ge upphov till sättningsskador till följd av grundvattensänkning.

Potentiella riskobjekt som riskerar att påverkas av grundvattenavsänkning är:

- Grundvattenkänslig natur- och kulturmiljö
- Vatten- och energibrunnar

- Byggnader och anläggningar med sättningskänslig grundläggning
- Förändrade spridningsmönster för eventuella föroreningar i grundvattnet

Omgivningspåverkan och hur stor grundvattenbortledning som är nödvändig under byggskedet är starkt kopplad till effekten av de skyddsåtgärder som används. Nedan anges de skyddsåtgärder som används vid behov för att minska verksamhetens påverkan på grundvattennivåerna samt skydda sättningskänsliga byggnader och konstruktioner:

- Förlängning av täta stödväggar under schaktbotten
- Injektering
- Skyddsinfiltation
- Arbete under vatten

### Förlängning av täta stödväggar under schaktbotten

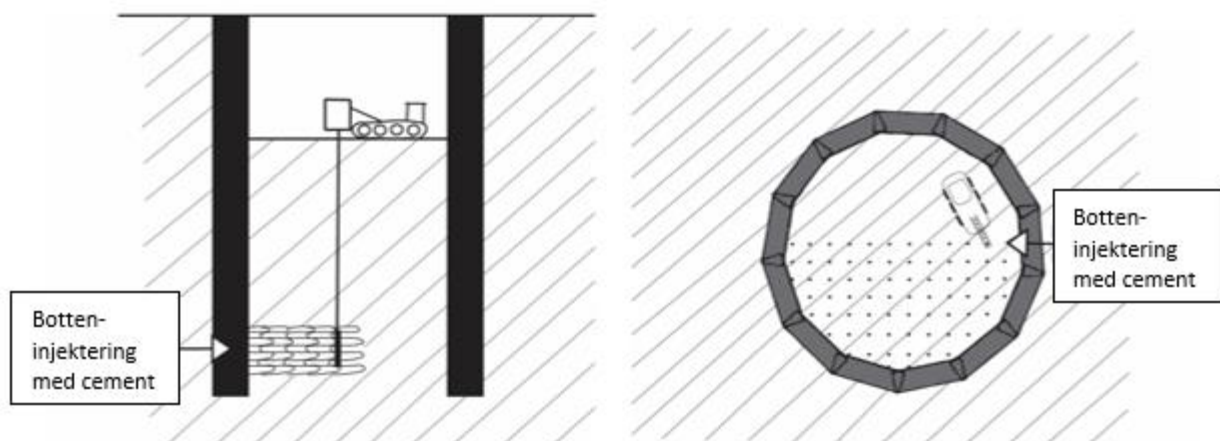
Schakten utförs med en stödkonstruktion som sträcker sig ned under schaktbotten i syfte att minimera risk för påverkan i form av avsänkning på omgivande grundvattentryck och -nivåer, inducering av havsvatteninträning och mobilisering av föroreningar. Desto djupare nivå foten (underkanten) anläggs på, desto större begränsning av inläckage av grundvatten uppnås. Djupet på stödväggarna beror på de hydrogeologiska förutsättningarna vid respektive schakt.

### Botteninjektering

Injektering utförs vid behov i jord eller kalkberg under schaktbotten. Genom tätning av denna kan inläckage av grundvatten minskas vid trycksänkning under bottenplattan. Syftet är dels att minska omgivningspåverkan, dels att minska mängden vatten som behöver hanteras under byggtiden. Injektering, vilken i första hand utförs med cementbaserat injekteringsmedel, bedöms kunna sänka vattengenomsläppligheten i jorden/kalkberget i erforderlig grad.

Princip för botteninjektering visas i Figur 9-1.

Figur 9-1. Principskiss för botteninjektering med cement i jord/kalkberg. Till vänster en sektion och till höger uppifrån.

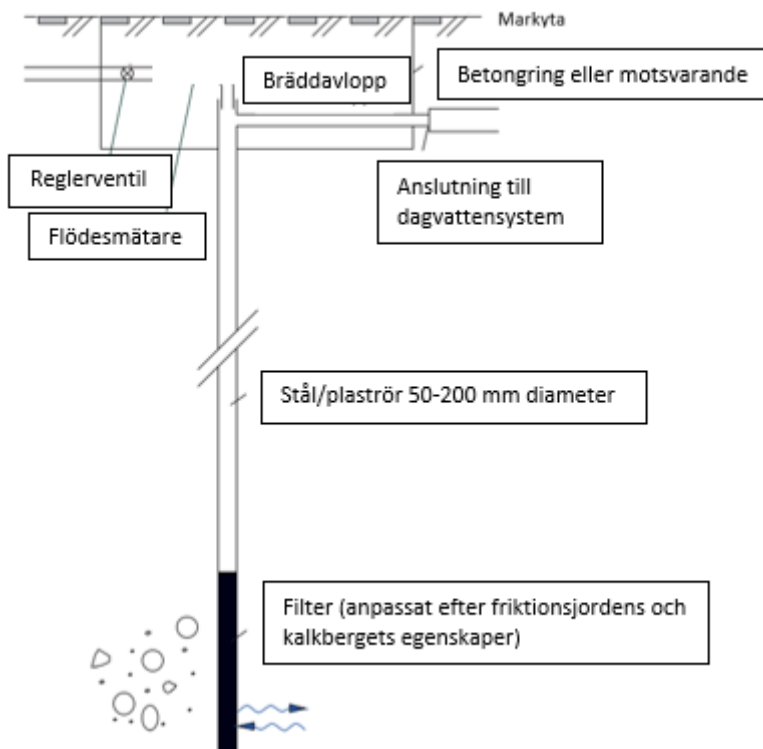


### Skyddsinfiltation

Infiltration som skyddsåtgärd används vid behov för att upprätthålla godtagbara grundvattennivåer och därmed minska grundvattenpåverkan och skydda känsliga objekt mot grundvattenavsänkning. Infiltration av vatten kan ske i omgivande jord, se principskiss i Figur 9-2. Infiltration kan också ske i

ytliga jordlager, till exempel genom översilning av en för ändamålet utsedd markyta. Till infiltration används färskvatten/dricksvatten.

Figur 9-2. Principskiss över infiltration av dricksvatten i en brunn för ej trycksatt vatten (Trafikverket, 2016).



### Arbete under vatten

Vid behov utförs delar eller hela utschaktningsarbetet och efterföljande grundläggningsarbete under vatten. Genom att schakten inte läns hålls och en öppen vattenspiegel bibehålls innanför den täta stödväggen vid hela eller delar av utschaktningen och fram till dess att bottenplattan härdats och stabiliserats kan följande fördelar uppnås:

- Minskat inläckage av grundvatten till schakt
- Minskad påverkan på omgivande grundvattentryck och/eller -nivå
- Minskad risk för hydrauliskt grundbrott vid schakt i jord
- Minskad risk för inre erosion
- Vattenpelaren är skalbar och kan justeras efter behov från någon meter till hela schakten

## 9.2 Behandling av överskottsvatten

Överskottsvatten ska vid behov genomgå lokal behandling, som exempelvis försedimentering, oljeavskiljning och justering av pH.

Efter eventuell behandling avleds vattnet till dagvattennätet, direkt till vattenområden alternativt till det kommunala spillvattennätet. Utgående flöde till recipient anpassas för att undvika överbelastning. I de fallen utsläpp till recipient inte är möjligt transporteras vattnet med tankbil till mottagare med godkänt tillstånd.

Beroende på vattenkvalitet kan det vara möjligt att hantera processvattnet på samma sätt som inläckande grundvatten. Om processvattnet innehåller föroreningar som inte går att behandla med samma tekniker kan transport med tankbilar till mottagare med godkänt tillstånd bli aktuellt.

### 9.3 Åtgärder för sättningar orsakade av uttag av jord och bergmassor

Sättningar i byggnader kan uppkomma under byggskedet till följd av jordrörelser, huvudsakligen vid schaktområden. Potentiella riskobjekt som kan påverkas är:

- Kulturmiljöer
- Byggnader och anläggningar med sättningskänslig grundläggning
- Ställverk

Inga skyddsåtgärder bedöms vara nödvändiga att vidta.

### 9.4 Åtgärder för sättningar orsakade av tunnelborrning

Sättningar i byggnader kan uppkomma under byggskedet till följd av markrörelser orsakade av tunnelborrningen. Potentiella riskobjekt för sättningar beskrivs i avsnitt 9.2.

Inga skyddsåtgärder bedöms vara nödvändiga att vidta.

### 9.5 Åtgärder för buller, vibrationer och stomljud

#### Buller

Arbetsmoment som typiskt sett ger upphov till mest buller och som sker vid bebodda områden utförs under dagtid. Dock sker tunneldrivning dygnet runt och ytterligare några arbetsmoment kan komma att utföras på kväll, natt eller helg.

Verksamheten, inklusive transporter, bedrivs så att personer som bor i anslutning till de olika anläggningsdelarna eller personer som bedriver tyst verksamhet inte utsätts för högre nivåer avseende buller än riktvärden enligt Naturvårdsverkets författningssamling NFS 2004:15, "*Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggplatser*". Riktvärdena gäller för bostäder, vårdlokaler och fritidshus. För arbetsplatser med tyst verksamhet gäller riktvärdet 45 dB(A) helgfri måndag – fredag 07.00 – 19.00. Efter samråd med tillsynsmyndigheten får arbeten förekomma som innebär överskridanden av angivna värden i enlighet med NFS 2004:15 ske.

Åtgärder för att begränsa bullernivåer vidtas på platser där bullerberäkningar visar att riktvärden enligt NFS 2004:15 överskrids utan åtgärd, exempelvis i form av bullerplank eller mobila bullerskydd.

För att minska bullerstörningar väljs metoder med så låga källstyrkor som möjligt, och så tysta arbetsmaskiner som möjligt. Arbetsmaskiner förbesiktigas.

#### Vibrationer

Vid vibrationsalstrande arbeten tillämpas Svensk Standard (SS 02 52 11) Vibration och stöt - Riktvärden och mätmetod för vibrationer i byggnader orsakade av pålning, spontning, schaktning och packning.

Vibrationskritiska arbetsmoment är exempelvis markarbeten vid installation av tät stödvägg, tung trafik i arbetsområden och tunneldrivning med pipe jacking. Byggarbetet kommer huvudsakligen att

utföras under dagtid, men tunneldrivning sker dygnet runt och ytterligare några arbetsmoment kan komma att utföras på kväll, natt eller helg.

Potentiella riskobjekt som kan påverkas av vibrationer är:

- Kulturmiljöer
- Vibrationskänsliga byggnader och anläggningar
- Ställverk

De vibrationer som uppstår bedöms vara av begränsad art. För att undvika skador i vibrationskänsliga byggnader utförs för- och efterbesiktning enligt svensk standard SS 460 48 60. Även övervakande vibrationsmätningar av vibrationskänsliga byggnader görs enligt kontrollprogram. Om skada uppkommer lagas/återställs byggnaden.

Innan arbeten som kan alstra vibrationer påbörjas informeras kringboende om störning och varaktighet.

### Stomljud

Risk för överskridande av riktvärden för stomljud föreligger för byggnader nära schaktanläggningar och längs tunnelsträckningen. Eftersom tunneln till största del byggs på ett betydande djup under markytan förväntas tunneldrivningen inte störa annan verksamhet. Vid passage med TBM under hus kan eventuellt stomljud uppkomma i byggnader med källare, men dessa störningar bedöms vara kortvariga. Stomljud kan också uppkomma vid passage av arbetståg i tunneln, om arbetstågens spår inte dämpas med exempelvis gummi. Om arbetståg används för att transportera segment till TBM-maskinen, eller massor från tunneldrivning, isoleras spåren med underliggande dämpning. Innan arbeten som kan alstra stomljud påbörjas informeras kringboende om störning och varaktighet.

## 9.6 Åtgärder för luftkvalitet, luktemissioner och klimatgaser

### Luftkvalitet

Luftkvaliteten kan under byggskedet påverkas av utsläpp av bl.a. kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) och luftburna partiklar (PM<sub>10</sub>) vid schakten. Halter av NO<sub>2</sub> underskrider i samtliga fall miljökvalitetsnormerna men kan bidra till överskridande av miljökvalitetsmålet *Frisk luft*. För PM<sub>10</sub> beräknas halterna bli mycket låga i förhållande till bakgrundshalterna och påverkan därmed marginell. På lång sikt bedöms luftkvaliteten inte påverkas.

Transporter i samband med projektet ska uppfylla kraven i Malmös gällande miljözoner. Vid behov kan avsteg kan göras genom att söka tillstånd hos vägghållaren, se Transportstyrelsens Trafikförordning 2018:1562 § 23f.

Inga ytterligare skyddsåtgärder bedöms nödvändiga att vidta för luftkvalitet.

### Luktemissioner

Under byggskedet bedöms ingen luktstörning förekomma. Dock kan bland annat metan och svavelväte uppstå i avloppstunnelsystemet under driftskedet när bakterier under syrefattiga förhållanden bryter ner organiskt material. Metan är en stark växthusgas och svavelväte orsakar lukt.

Tunnelsystemet utformas så att all luft från tunnelsystemet emitteras via fläktsystem i Sjölunda pumpstation, som säkerställer ett undertryck om cirka -70 Pa i tunnelsystemet. Med undertrycket

undviks att luktande luft emitteras via schakt i anläggningen. För att reducera luktkoncentrationen vid Sjölunda pumpstation installeras reningsutrustning.

Vid extrema regnväder fungerar tunnelsystemet som ett vattenmagasin med väl tilltagen överkapacitet, men vid riktigt stora nederbördsmängder pressas luft ut via schakt då tunneln vattenfylls. Vid sådana tillfällen skulle lukt kunna förnimmas i närområdet. Dock kan avloppsvattnet i en sådan situation förväntas vara kraftigt utspädd med regnvatten och luktkoncentrationen i den utpressade luften därmed förhållandevis låg.

Eventuella luktreducerande åtgärder installeras vid behov, om besvärande lukt uppkommer i omgivningen när anläggningen är i drift. Aktuella schakt förbereds för installation av luktavskiljningsutrustning.

### Klimatgaser

Tunnelsystemet är en betydande källa för metanemissioner medan emissionen av lustgas är väsentligt lägre. Inga skadeförebyggande åtgärder bedöms nödvändiga att vidta för klimatgaser.

För mer information om miljöpåverkan i form av utsläpp till luft, luktemissioner och klimatgaser hänvisas till bilaga M Miljökonsekvensbeskrivning samt tillhörande bilaga M9 Lukt. För information om mätning och kontroll av luft och lukt se bilaga K Förslag till Kontrollprogram.

## 9.7 Åtgärder för damning

Risk för damning föreligger framför allt i samband med hantering av borrh- och schaktmassor och transporter inom arbetsområdena.

Damning förebyggs genom sopning, bevattning och rengöring av gator och andra ytor samt spolning av lastbilar som ska ut på det allmänna vägnätet.

# 10 Uppföljning och kontroll under byggskedet

Kontroll sker av miljöpåverkan som kan uppkomma från byggnation. Aspekter som är aktuella för kontroll för ansökt tunnelsystem är:

- Grundvatten
- Sättningar
- Överskottsvatten
- Masshantering
- Ytvatten
- Buller och stomljud
- Vibrationer

Behov och omfattning av skyddsåtgärder kopplas till uppmätta nivåer av omgivningspåverkan, de gräns- och/eller riktvärden för påverkan som ställs samt villkor i kommande tillståndsbeslut.

## 11 Referenser

Herrenknecht AG. (den 22 september 2021). Hämtat från <https://www.herrenknecht.com/en/>

Naturvårdsverket. (den 1 juli 2016). Hämtat från Riktvärden för förorenad mark :  
<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/fororenade-omraden/riktvarden-for-fororenad-mark>

Sweco. (2018). *Kostnads-nyttoanalys Malmö avloppstunnel – utredningsfas 2* .

Sweco. (2022). *Underlagsrapport Miljökvalitetsnormer* . Malmö: VA SYD.

Vatteninformationssystem Sverige. (2022). Hämtat från SV Skånes kalkstenar:  
<https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA69177643>

Vattenmyndigheterna. (2022). *Vattenmyndigheterna*. Hämtat från Tillståndet i vattnet:  
<https://www.vattenmyndigheterna.se/vattenforvaltning/tillstandet-i-vattnet.html>



## **Om avloppsreningsystemet MAXIMA**

VA SYD planerar ett nytt avloppsreningsystem som möter behovet av utbyggnad och modernisering i kommunerna Burlöv, Lomma, Malmö och Svedala. En gemensam lösning som värnar våra vattenmiljöer och möjliggör växande städer.

Avloppsreningsystemet MAXIMA omfattar i dagsläget ett nytt Sjölunda avloppsreningsverk i Malmö med nya utloppsledningar i Öresund, en ny stor pumpstation vid Sjölunda avloppsreningsverk, en avloppstunnel under Malmö samt överföringsledningar och pumpstationer för att ansluta berörda kommuner till Sjölunda avloppsreningsverk. Överföringsledningar med tillhörande pumpstationer ingår inte i tillståndsansökan enligt miljöbalken.

Läs mer på vår webbsida: [maxima.vasyd.se](https://maxima.vasyd.se)