Ansökan om tillstånd
enligt 9 och 11 kap. miljöbalken

Bilaga T3
Teknisk beskrivning Avloppstunnel Söder

Version 3.0

VASYD MAXIMA

BILAGA T3 TEKNISK BESKRIVNING AVLOPPSTUNNEL SÖDER

MAXIMA
Projekt tillstånd
Tillståndshandling
Miljöbalken

2025-05-28 **Slutversion**

Titel: Bilaga T3 Teknisk beskrivning Avloppstunnel Söder

Status: Slutversion

Kontaktperson: Lena Hellberg, VA SYD

Dokumenttyp: Teknisk beskrivning

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

Upprättad av: Sweco Sverige AB

Författare: Cornelia Jarlbo, Julia Lundkvist, Christina Sverdrup

Datum: 2022-03-11

Reviderad av: Sweco Sverige AB

Författare: Mattias Gerdin, Martin Emanuelsson, Rama Al Rifai, Sandra Mols

Utgåva: 3.0

Datum: 2025-05-28

Revisionshistorik i tabell

Datum	Utgåva	Orsak till revidering	Utfört av
2025-05-28	3.0	Slutlig handling ny omfattning inklusive Lund	Mattias Gerdin, Martin Emanuelsson, Rama Al Rifai, Sandra Mols, Sweco Sverige AB
2023-05-30	2.0	Slutlig handling ny omfattning	Cornelia Jarlbo, Elsa Porsbo, Christina Sverdrup, Sweco Sverige AB
2022-03-11	1.0	Slutlig handling inklusive tunnel från Lund	Cornelia Jarlbo, Julia Lundkvist, Christina Sverdrup, Sweco Sverige AB

Innehållsförteckning

1 Läsanvisning 6
2 Bakgrund 6
2.1 MAXIMA 6
2.2 Teknisk beskrivning 6
3 Förutsättningar 8
3.1 VA-tekniska förutsättningar 8
3.1.1 Dimensionerande flöden och kapacitet för flödesutjämning 9
3.1.2 Anslutningspunkter 10
3.2 Geologiska förutsättningar 10
3.3 Hydrogeologiska förutsättningar 13
3.3.1 Grundvatten i berg 14
3.3.2 Grundvatten i jord 14
3.3.3 Ytvatten 15
3.4 Föroreningar i mark 16
4 Redogörelse av systemval 17
4.1 Val av utformning 17
4.2 Val av avloppstunnelsträckning 18
5 Anläggningsbeskrivning för ansökt verksamhet 19
5.1 Systembeskrivning 19
5.1.1 Bräddning 20
5.2 Huvudtunnel 22
5.3 Mikrotunnlar 22
5.4 Tunnelsegment och beläggningar 22
5.5 Sjölunda pumpstation 23
5.6 Schakt 24
6 Utvärdering av bästa möjliga teknik 26
7 Byggmetoder och genomförande 27
7.1 Tidplan 27
7.2 Tunneldrivning 27
7.2.1 EPB-TBM med segmentlining 27
7.2.2 EPB-TBM med pipe jacking 29
7.3 Schakt 31
7.4 Anslutning S15(2) Mariedalsvägen och S16(2) Föreningsgatan 35

7.5 Arbetsområden ... 36
7.6 Vattenhantering ... 38
7.7 Energiåtgång ... 39
7.8 Transporter ... 40
7.9 Hantering av massor ... 41
7.10 Hantering av avfall ... 42
7.11 Hantering av kemiska produkter och material ... 42
7.12 Risk och säkerhet vid tunneldrivning ... 42
8 Skyddsåtgärder ... 43
8.1 Åtgärder för grundvattenpåverkan ... 43
8.1.1 Förlängning av täta stödväggar under schaktbotten ... 44
8.1.2 Botteninjektering ... 44
8.1.3 Skyddsinfiltration ... 44
8.1.4 Arbete under vatten ... 44
8.2 Behandling av överskottsvatten ... 45
8.3 Åtgärder för sättningar orsakade av uttag av jord och bergmassor ... 45
8.4 Åtgärder för sättningar orsakade av tunnelborrning ... 45
8.5 Åtgärder för buller, vibrationer och stomljud ... 45
8.5.1 Buller ... 45
8.5.2 Vibrationer ... 46
8.5.3 Stomljud ... 46
8.6 Åtgärder för luftkvalitet, luktemissioner och klimatgaser ... 47
8.6.1 Luftkvalitet ... 47
8.6.2 Luktemissioner ... 47
8.6.3 Klimatgaser ... 48
8.7 Åtgärder mot damning ... 48
9 Uppföljning och kontroll under byggskedet ... 48
10 Referenser ... 49

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 Arlöv, Hjärup, Lomma och Åkarp till Sjölunda avloppsreningsverk i Malmö. Bolaget ägs av VA SYD.

Byggskede avser tid från att byggnation av respektive anläggningsdel påbörjas och fram till att drift påbörjats enligt ombyggnadsplan och driftsättningsplan.

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 avses när hela Sjölunda avloppsreningsverk och Sjölunda pumpstation har tagits i drift enligt slutlig driftsättningsplan.

Grundvatten är vatten som fyller hålrum i jord och berg och vars portryck är högre än eller lika högt som atmosfärstrycket.

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 gränsyta. 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 ledningsnät är ett avloppssystem där spill- och dagvatten rinner i samma ledningar. Det är vanligt i områden som anlades före 1960-talet och kan innebära en större risk för källaröversvämning vid skyfall.

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 meter i öppna ytliga grundvattenmagasin i jord och 1,0 meter i djupa magasin i jord och berg.

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

Självfall 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 variation i kornstorlek, exempelvis avgränsade enheter av lera, silt, sand eller grus.

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

Tillskottsvatten är det vatten som tillförs en spillvattenledning som inte är spillvatten. Källor till tillskottsvatten kan vara husgrundsdräneringar, felkopplade tak- och gatuytor eller otäta ledningar på både privat och allmän mark.

Överskottsmassor är alla massor som uppkommer och inte kan användas inom 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 Läsanvisning

För att tydliggöra vilken text som har tillkommit i ansökningshandlingarna med anledning av att Avloppstunnel Norr inkluderas i ansökt verksamhet, har text som ingick i föregående tillståndsansökan gråmarkerats i föreliggande dokument. Text som inte är gråmarkerad innefattar således ny information.

För tillgänglighetsanpassningen av ansökningshandlingarnas skull inleds gråmarkerade textstycken med följande markering: **. Vid uppläsning av dokumentet indikerar markeringen att innebörden av gråmarkering ska förklaras.

Föreliggande dokument utgör teknisk beskrivning för Avloppstunnel Söder inklusive Sjölunda pumpstation. Dokumentet beskriver avloppstunnelsystemets eftersträvade tekniska funktion och inkluderar samtliga schakt och tunneldelar fram till bräddutlopp och anslutning till Sjölunda avloppsreningsverk.

Teknisk beskrivning Avloppstunnel Söder är Bilaga T3 och ska läsas jämte *Bilaga T1 Teknisk beskrivning Sjölunda ARV*, *Bilaga T2 Teknisk beskrivning Utloppsledningar* och *Bilaga T4 Teknisk beskrivning Avloppstunnel Norr*.

2 Bakgrund

2.1 MAXIMA

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

Avloppsreningssystemet MAXIMA är VA SYDs satsning på en ny regional infrastruktur för avloppsrening i kommunerna Burlöv, Lomma, Lund och Malmö. Systemet ska även rena avloppsvatten från Bara och Klågerup i Svedala kommun samt Hjärup i Staffanstorps kommun, som sedan tidigare är anslutna till Sjölunda avloppsreningsverk. Det är en av regionens största infrastruktursatsningar 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 avloppsreningssystemet MAXIMA som ingår i tillståndsansökan är ett ut- och ombyggt Sjölunda avloppsreningsverk i Malmös utkant intill Öresund med nya utloppsledningar i Öresund, en ny stor pumpstation vid Sjölunda avloppsreningsverk och två avloppstunnlar. Avloppstunnel Söder sträcker sig under Malmö mellan Turbinen och Sjölunda avloppsreningsverk och Avloppstunnel Norr mellan Källby i Lund och Sjölunda avloppsreningsverk. Överföringsledningar och nödvändiga pumpstationer för att ansluta Bjärred och Borgeby till avloppsreningsverket är en del av MAXIMA men ingår inte i tillståndsansökan.

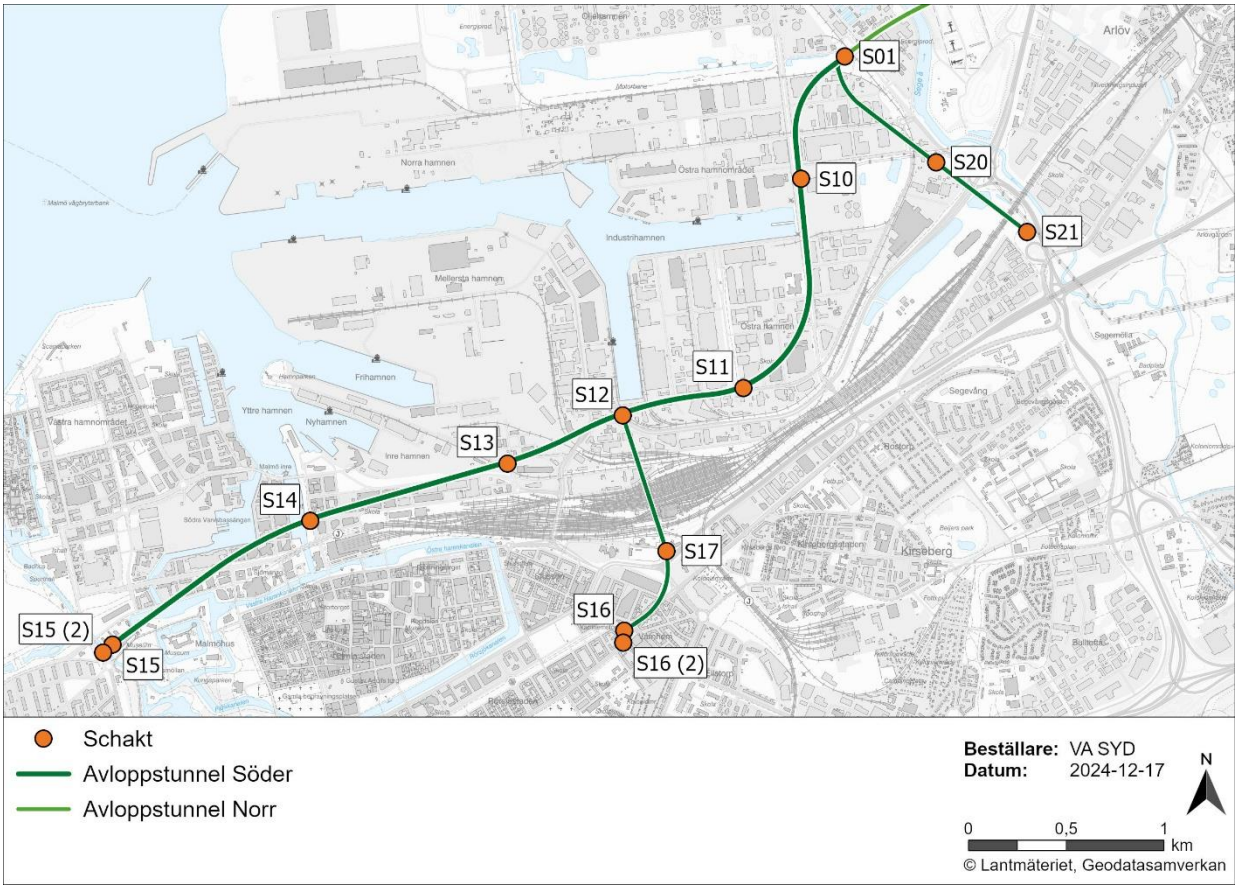
2.2 Teknisk beskrivning

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

Anläggning av Avloppstunnel Söder innebär vattenverksamhet eftersom det krävs bortledning av inläckande grundvatten i tunnel och schakt under byggskedet. Därtill kommer grundvattennivån i anslutning till schakt att behöva sänkas under schaktbottnarnas nivå under del av byggskedet. Ansökt verksamhet innefattar även utförande av infiltration av vattnet till grundvattenmagasinet i syfte att minimera vattenverksamhetens påverkan till följd av grundvattensänkning. Ansökt verksamhet innebär även miljöfarlig verksamhet som följd av exempelvis bullrande aktiviteter, transporter samt hantering av massor och kemikalier.

En översiktskarta över Avloppstunnel Söder och schakt visas i Figur 2-1. Tunnelsektioner som ingår i avloppstunnelsystemet framgår av Tabell 2-1.

Figur 2-1. Översikt över ansökt verksamhet som omfattas av föreliggande teknisk beskrivning.



Tabell 2-1. Avloppstunnelsektioner som omfattas av föreliggande teknisk beskrivning.

Sträcka	Tunnelsektion
S01 –> S15	Avloppstunnel Söder (inkl. S01 Sjölunda pumpstation)
S21 –> S01	Mikrotunnel (M10 + M11)
S16 –> S12	Mikrotunnel (M12 + M13)

Totalt 11 schakt byggs längs Avloppstunneln Söder, se Tabell 2-2. Utöver dessa tillkommer ledningsschakt för anslutning till det befintliga avloppsledningsnätet.

Tabell 2-2. Översikt schakt längs Avloppstunnel Söder, uppdelat med schaktnummer och benämningar.

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

I avsnitt 5 ges en mer utförlig beskrivning av ansökt verksamhet som omfattas av föreliggande teknisk beskrivning.

3 Förutsättningar

3.1 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 nederbördsmängder 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 kubikmeter per sekund till avloppsreningsverket.

På Sjölunda avloppsreningsverk renas i nuläget även avloppsvatten från kranskommunerna Burlöv, Lomma och Staffanstorp via den så kallade ABMA-ledningen[1], samt från delar av Svedala kommun. Avloppsvatten från Staffanstorp kommer även via den så kallade Foodia-ledningen.

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

3.1.1 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 kunna ta emot höga flöden utan att transportsystemet är begränsande och skapar bräddningar uppströms i avloppssystemet. Vidare ska även avloppstunneln hantera Sjölunda avloppsreningsverks flödesbegränsningar. Detta innebär att avloppstunneln ska möjliggöra magasinering av avloppsvatten när det totala inflödet i systemet överskrider 10 m^3/s, eftersom det är den maximala flödeskapaciteten för Sjölunda avloppsreningsverk. Utifrån detta har en hydraulisk modell tagits fram över det befintliga avloppsledningsnätet som ersätts av den nya avloppstunneln. Med hjälp av modellen har olika tunneldiametrar testats med dimensionerande så kallade 10-årsregn, det vill säga nederbördshändelser som statistiskt sett sker en gång var tionde år.

**Schakten fungerar som förbindelse mellan avloppstunneln och det befintliga avloppsledningsnätet. De utformas därför för att ta emot flöden från de ledningar som är anslutna till respektive schakt. Flödena i den hydrauliska modellen (se Tabell 3-1) representerar torrväder, tioårsregn och maxflöde. Maxflödet baseras på det kraftiga regn som inträffade i Malmö 31 augusti år 2014, med en återkomsttid på över 100 år.

Tabell 3-1. Ungefärliga flöden till schakt längs Avloppstunnel Söder 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^3/s]	Tioårsregn [m^3/s]	Maxflöde [m^3/s]
S21 Spillepengen	0,29	2,9	3,5
S10 Flinträngegatan	0,01	1,1	1,2
S11 Kosterögatan	0,002	1,0	1,0
S12 Skruvgatan	0,25	0,2	0,8
S17 Rosendal	0,16	2,5	3,1
S16 Värnhemstorget	0,09	9,0	9,0
S13 Frihamnsallén	0,02	0,9	0,9
S14 Carlsgatan	0,03	0,5	0,5
S15 Turbinen	0,41	12,1	14,1

Avloppstunneln utformas för att förbättra systemets möjlighet att hantera stora flödesvariationer och begränsa uppströms bräddvolymer. Den hydrauliska modellen visar att detta uppfylls med en diameter om cirka 5 meter.

Sjölunda pumpstation dimensioneras utifrån ett maxflöde på 10 kubikmeter per sekund. Stationen pumpar i medel cirka 1,3 kubikmeter per sekund vid torrväder och upp till 10 kubikmeter per sekund vid kraftigt regn. I kombination med att avloppstunneln dimensioneras utifrån 10-årsregn, resulterar pumpstationens kapacitet i färre bräddningar uppströms, även om behovet av bräddning inte är möjligt att bygga bort fullständigt.

3.1.2 Anslutningspunkter

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

Schakt längs Avloppstunnel Söder placeras i anslutning till befintliga pumpstationer i hamnområdet; S10 Flinträннegatan, S11 Kosterögatan, S12 Skruvgatan, S13 Frihamnsalléen och S14 Carlsgatan. Pumpstationerna vid S17 Rosendal och S21 Spillepengen, pumpstationen vid S15 Turbinen och utjämningsmagasinet vid S16(2) Föreningsgatan.

För anslutning till det befintliga utjämningsmagasinet under Föreningsgatan i Malmö borras eller förläggs ett rör med cirka 2 meter i diameter från S16 Värnhemstorget till Föreningsgatan där borrmaskinen tas upp via ett mottagningsschakt (S16(2) Föreningsgatan). I S16(2) Föreningsgatan anläggs en brunn under mark, på cirka 3 meter i diameter, som fungerar som anslutning mellan magasinet och utgående ledningar. På liknande sätt sker anslutning av S15 Turbinen, där rör trycks eller förläggs under kanalen mellan S15 Turbinen och ett mottagningsschakt intill Mariedalsvägen (S15(2) 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 Skruvgatan respektive S01 Sjölunda pumpstation. Schakt med anslutande rörledningar till Avloppstunnel Söder visas i Tabell 3-2.

Tabell 3-2 Schakt som förbereds för anslutning

Schakt
S21 Spillepengen
S10 Flinträннegatan
S11 Kosterögatan
S12 Skruvgatan
S17 Rosendal
S16 Värnhemstorget
S13 Frihamnsallén
S14 Carlsgatan
S15 Turbinen

3.2 Geologiska förutsättningar

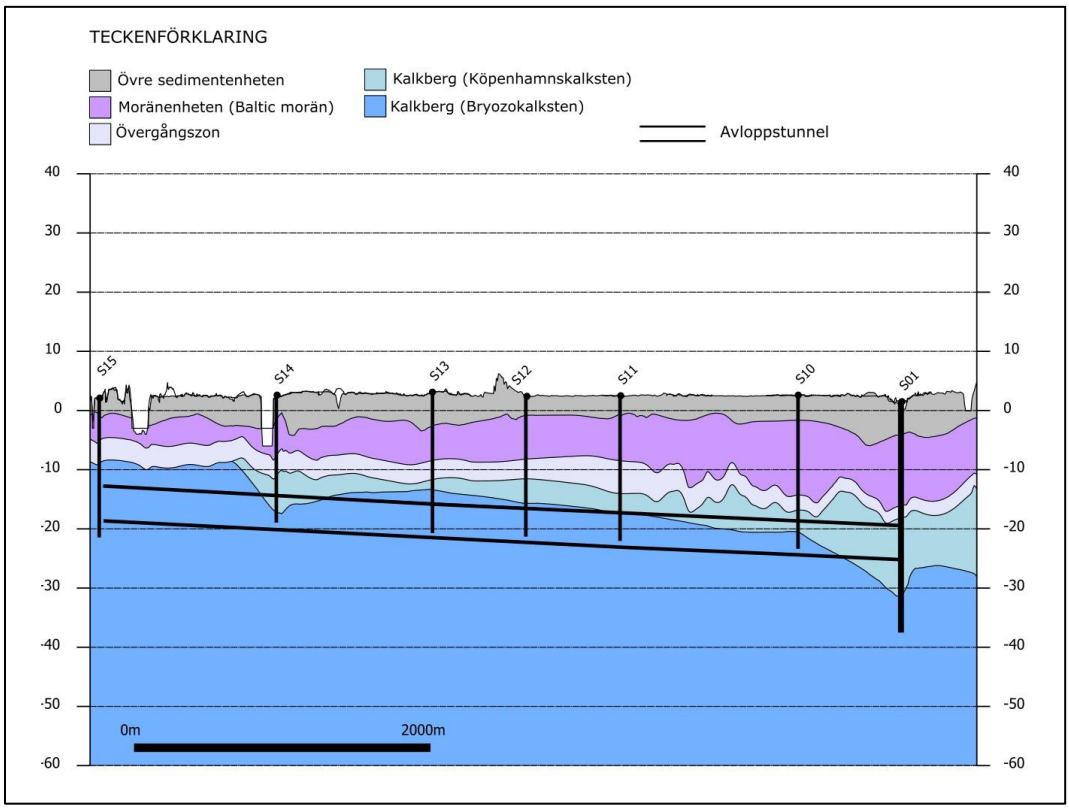
** Nedan ges en översiktlig beskrivning av geologiska förhållanden längs Avloppstunnel Söder. Beskrivningen utgör ett sammandrag av den samlade geologiska modell som byggts upp med hjälp av lokala undersökningar och en omfattande sammanställning av tidigare undersökningar.

De geologiska förhållandena längs Avloppstunnel Söder (se Figur 3-1)[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 meter djupt lager av havssediment som fyller ut svackor i tidigare havsbottnen, och nedanför detta ligger huvudsakligen lermorän. De marina sedimenten består mestadels av sand med inslag av lera, torv och gyttja. Berggrundens övre del i området längs Avloppstunnel Söder 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.

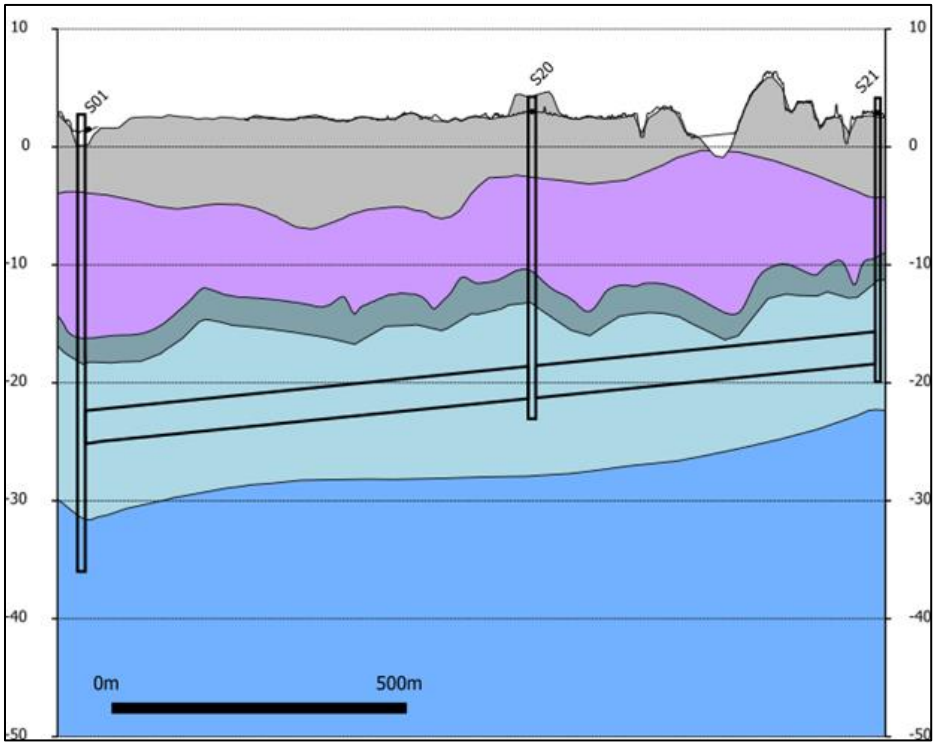
Figur 3-1. Geologisk profil längs huvudtunneln.



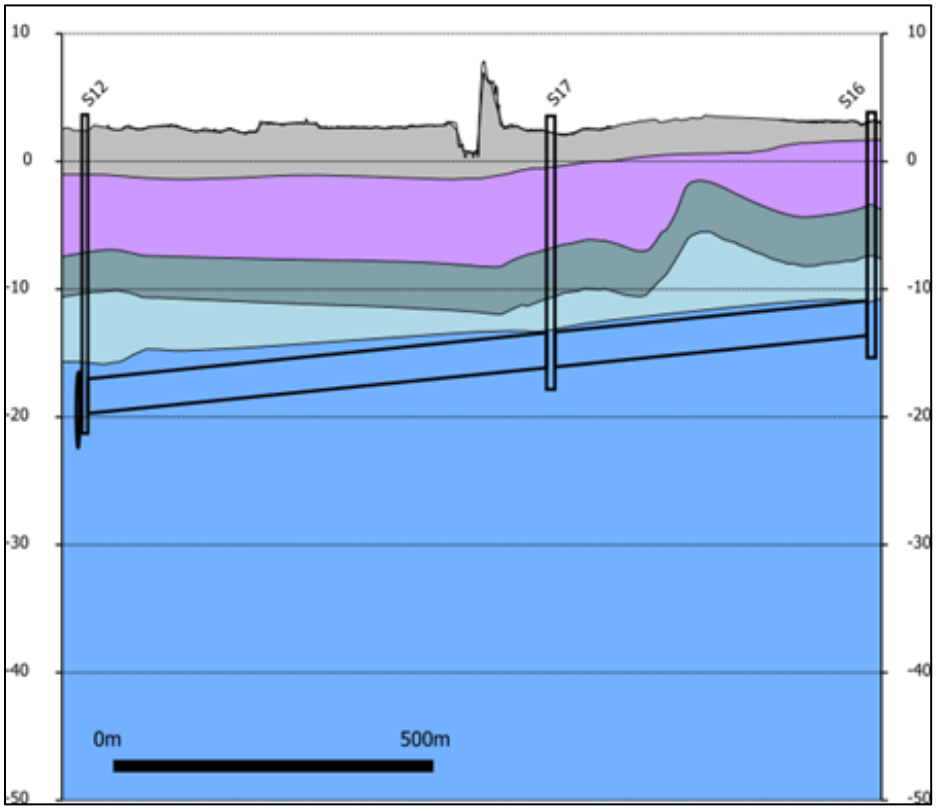
[2] Fyllnadsmaterial och marina sediment illustreras i figurerna som ”Övre sedimentenheten”

De geologiska förhållandena längs mikrotunnel M10 och M11 visas i Figur 3-2och Figur 3-3.

Figur 3-2. Geologisk profil längs mikrotunnel M10 och M11.



Figur 3-3. Geologisk profil längs mikrotunnel M12 och M13.



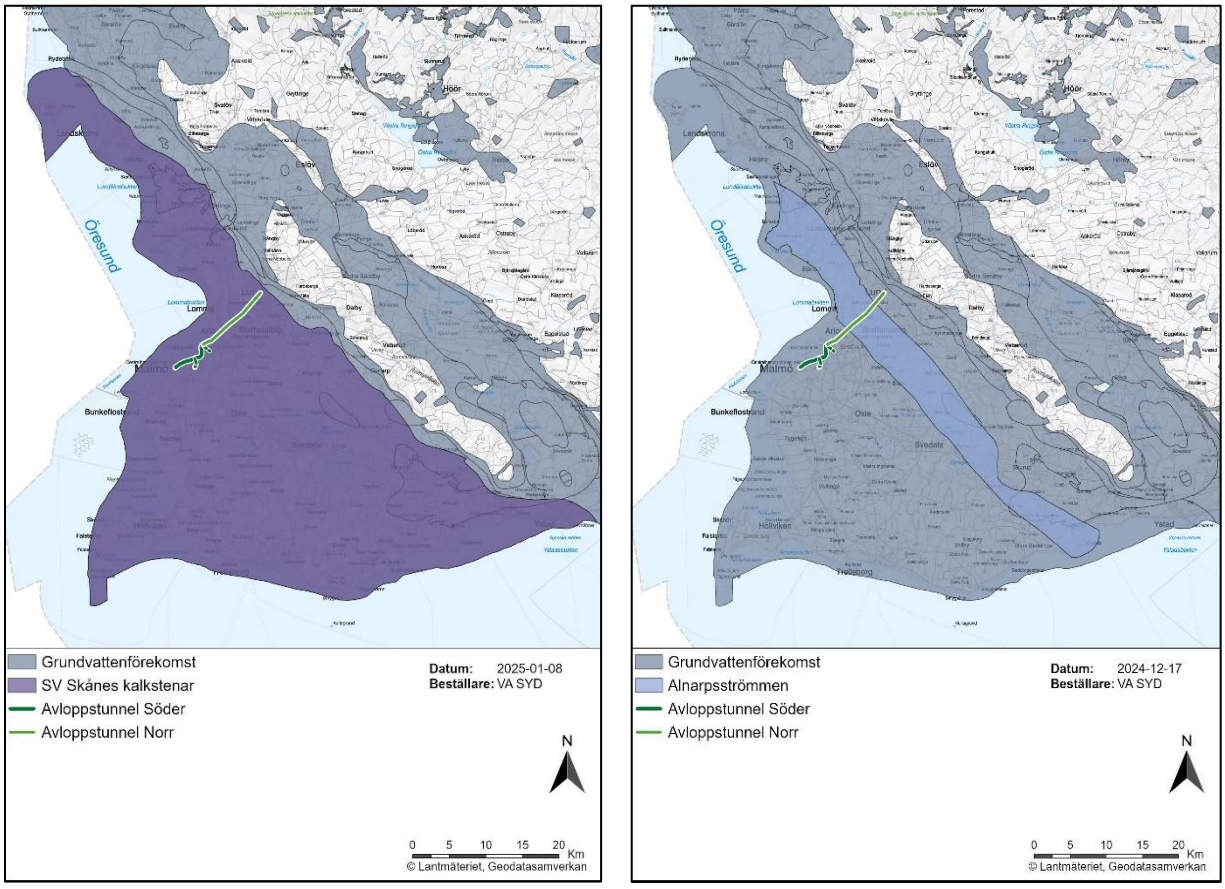
3.3 Hydrogeologiska förutsättningar

** Grundvattenförekomster är skyddade områden och definieras enligt vattendirektivets artikel 7 som vatten i grundvattenmagasin som används för uttag om minst 10 m^3 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 3-4 nedan till vänster. 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 Avloppstunnel Söder, Alnarpsströmmen, som sträcker sig i nordväst-sydöstlig riktning, se Figur 3-4 nedan till höger.

Figur 3-4. Till vänster; Grundvattenförekomsten SV Skånes kalkstenar i lila. Till höger; Grundvattenförekomsten Alnarpsströmmen 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 ämnen ska 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).

Utförda grundvattenanalyser i Malmö visar på tämligen låga föroreningshalter. Det bedöms inte förekomma några föroreningar av betydelse 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 meter under markytan).

3.3.1 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.

Avloppstunnel Söder 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 god kemisk status (Vatteninformationssystem Sverige, 2022).

Grundvattnets sårbarhet beror på vilken typ av påverkan det utsätts för och var i 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. Grundvattnet i området skyddas till stor del mot föroreningar av ett ovanliggande moränlager med mycket låg genomsläpplighet.

Grundvattnet i kalkberget längs Avloppstunnel Söder finns i ett så kallat slutet grundvattenmagasin, där jordlagren (främst lermorän), utgör den övre tätande formationen och kritkalksten den nedre på cirka 90 meters djup. Mellan dessa lager ligger Köpenhamns- och Bryozokalksten, där vattenföringen varierar markant.

3.3.2 Grundvatten i jord

Jordlagrens förutsättningar för att hysa grundvatten bestäms främst av dess kornstorleksfördelning och lagringstäthet. 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 Avloppstunnel Söder. 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 meter.

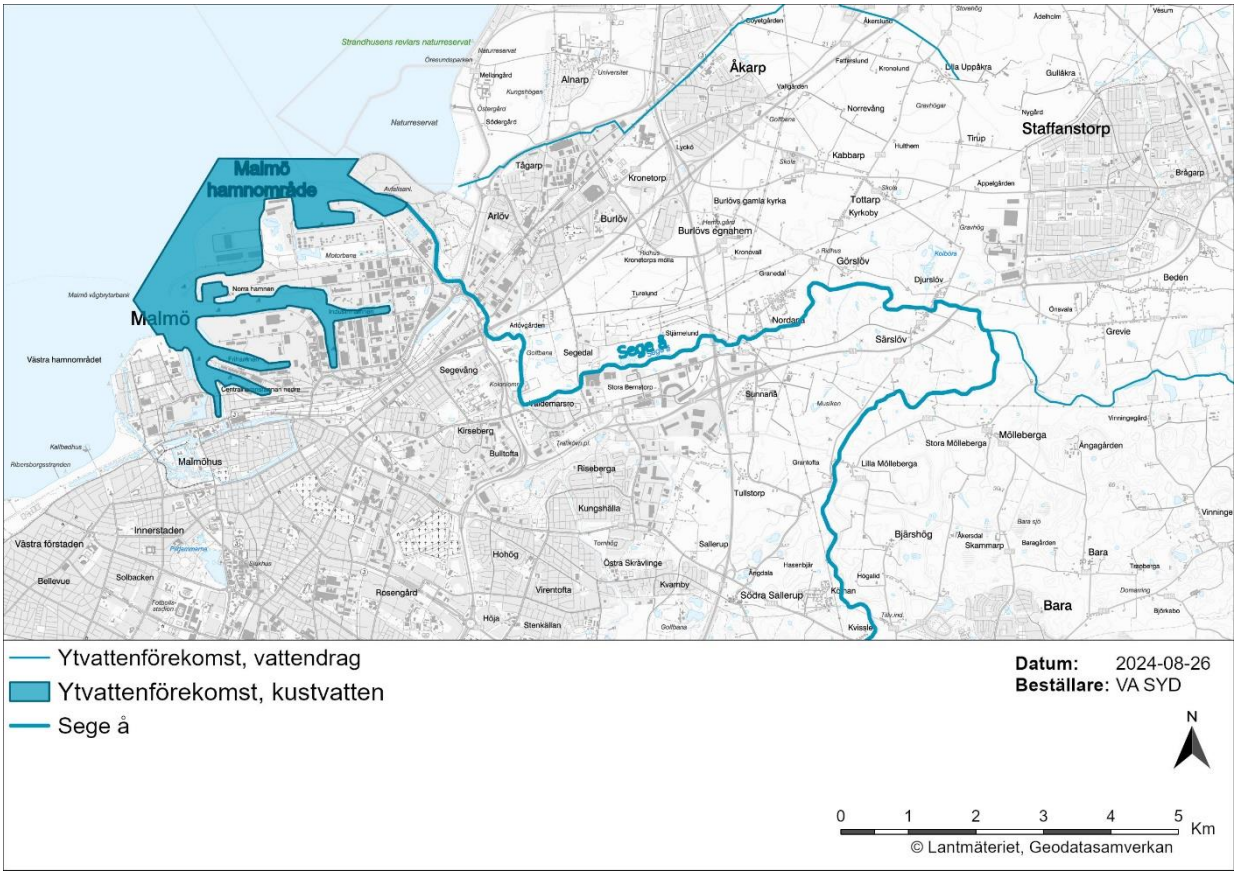
3.3.3 Ytvatten

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 avloppstunnelsystem (se Figur 3-5);

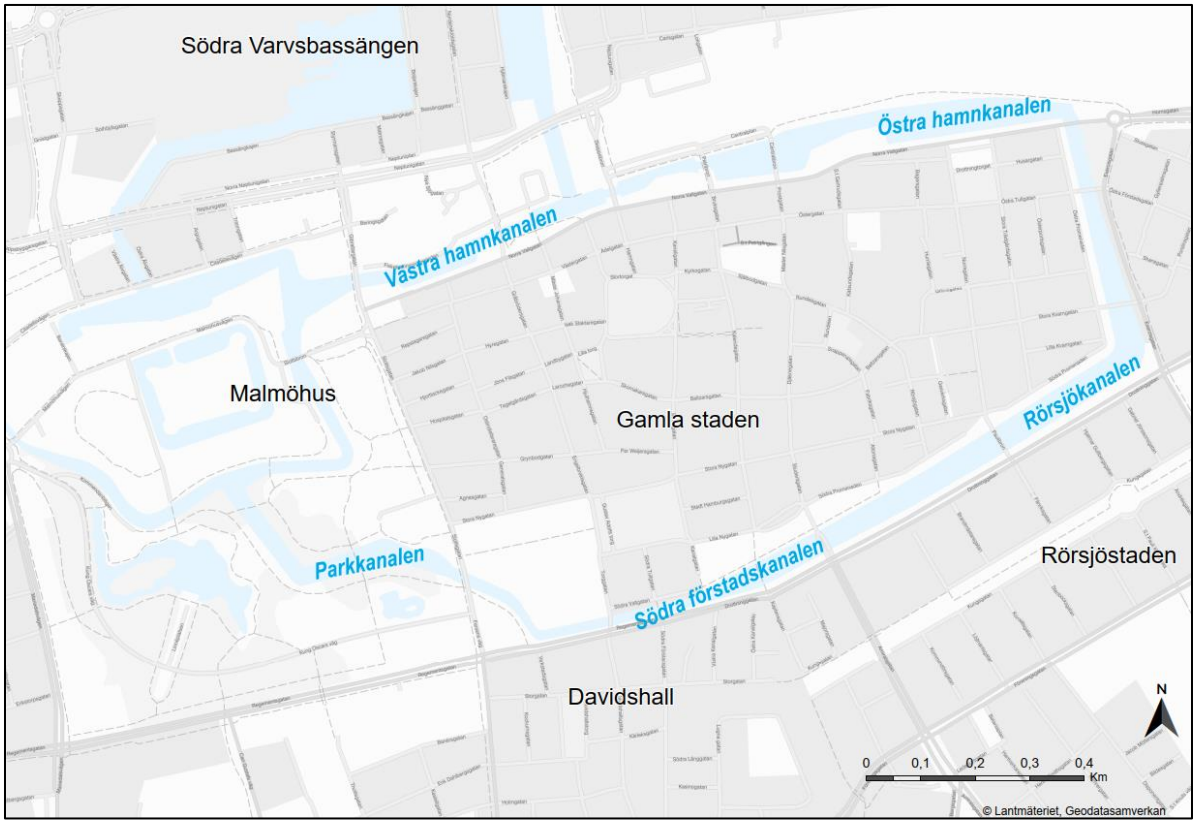
- Sege å: Havet – Torrebergabäcken (vattendrag): Förekomsten har en otillfredsställande ekologisk status och den kemiska ytvattenstatusen uppnår ej god. Vattnet är starkt grumlat och påverkat av urban markanvändning. Mynnar i kustvattenförekomsten Malmö hamnområde.
- Malmö hamnområde (kustvatten): Förekomsten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

Figur 3-5. Översikt över ytvattenförekomster som berörs av Avloppstunnel Söder.



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 3-6).

Figur 3-6. Översiktskarta över Malmös kanaler.



3.4 Föroreningar i mark

** Miljötekniska markundersökningar och provtagningar har utförts längs Avloppstunnel Söder. 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 avloppstunnelsträckningen används Naturvårdsverkets generella riktvärden, som baseras på förväntad markanvändning i området; känslig markanvändning (KM) och mindre känslig markanvändning (MKM) (Naturvårdsverket, 2024).

Områdena för schakt i Malmö utgörs idag huvudsakligen av industrimark och/eller avgränsade områden där endast tillfällig vistelse sker. S14 Carlsgatan, S15 Turbinen och S16 Värnhemstorget 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 föroreningssituationen 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.

Kompletterande markundersökningar har under sommaren 2024 utförts vid S12 Skruvgatan och S13 Frihamnsallén eftersom dessa schaktlägen har omlokaliserats samt vid S01 Sjölunda pumpstation och S10 Flintrännegatan på grund av fördröjt undersökningstillstånd från fastighetsägare.

S21 Spillepengen omlokaliserades i ett tidigare skede och kompletterande markundersökningar vid det nya schaktläget utfördes i juni 2021.

4 Redogörelse av systemval

Nedan beskrivs kortfattat om val av system. För mer information kring alternativ, se *Bilaga M3 Lokaliserings- och alternativutredning.*

4.1 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 kilometer lång tunnel mellan S15 Turbinen och Sjölunda avloppsreningsverk, med en diameter om cirka 5 meter, och två mikrotunnlar med en total längd om cirka 2,4 kilometer och en diameter om cirka 2 meter. Avloppstunneln transporterar avloppsvattnet med självfall till S01 Sjölunda pumpstation där det pumpas vidare till Sjölunda avloppsreningsverk.
- Alternativet med ett nytt TA-system innebär ett trycksatt avloppsledningssystem med nya ledningar och nya 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.

4.2 Val av avloppstunnelsträckning

Vid val av mest lämpliga horisontella och vertikala placering av avloppstunnel, mikrotunnlar och schaktlägen har tidigare erfarenheter från exempelvis Citytunneln och Köpenhamns tunnelbana beaktats, liksom underlag från existerande geotekniska utredningar och arbetsmöten om geotekniska risker.

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

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

Schakten har företrädesvis lokaliserats på så kallad allmän platsmark i detalj-/stadsplaner. Avloppstunnelns 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.

5 Anläggningsbeskrivning för ansökt verksamhet

5.1 Systembeskrivning

I tillståndsansökan ingår en avloppstunnel från Lund (Avloppstunnel Norr) och en avloppstunnel under Malmö (Avloppstunnel Söder), med tillhörande schakt, 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 utloppsledningar, till vilket allt vatten från avloppstunnlarna kommer att ledas.

Avloppstunnel Söder har en total längd om cirka 5,5 kilometer och är designad för att transportera avloppsvattnet med självfall. Pumpning kommer endast att ske vid S01 Sjölunda pumpstation där det inkommande avloppsvattnet från avloppstunneln lyfts till avloppsreningsverkets intag.

Avloppstunnlarnas djupläge har valts dels för att minimera de geologiska riskerna (framför allt för att undvika berggrundens övre uppspruckna delar), dels med hänsyn till driftsekonomin för S01 Sjölunda pumpstation. Då avloppstunnlarna anläggs på en djupare nivå kan befintligt avloppsledningsnät anslutas med hjälp av självfallsledningar till schakt längs tunnlarna.

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

Avloppstunnlarna 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 magasineringskapacitet utifrån 10-årsregn.

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

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

Ritningar över tunnlarnas sträckning och schaktens utformning återfinns i *Bilaga R Ritningsförteckning.*

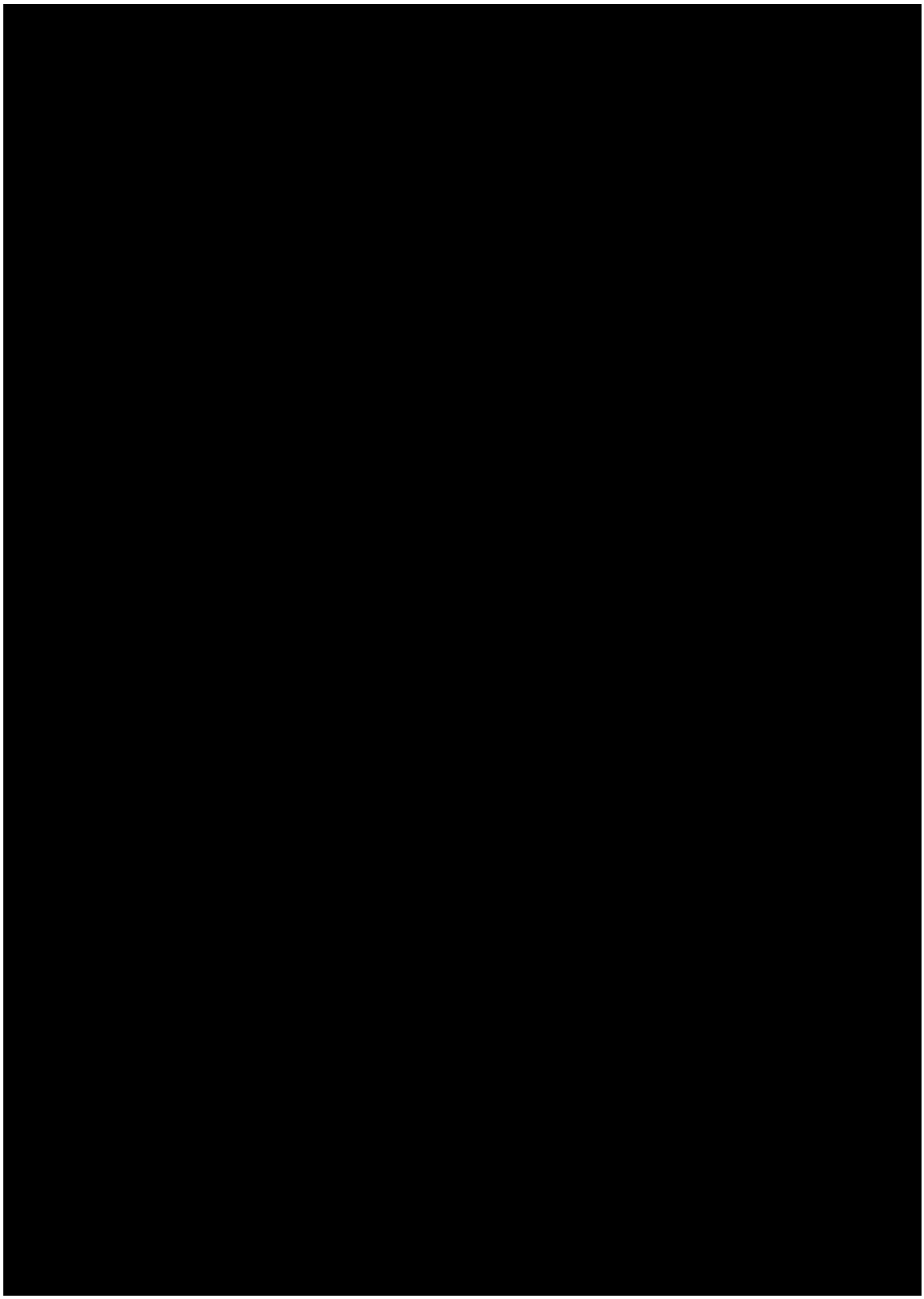
Figur 5-1. Ansökt verksamhet.

5.1.1 Bräddning

Bräddning innebär att avloppsvatten släpps ut obehandlat till recipienten vid förhållanden då avloppsledningsnätets kapacitet överskrids. Det nya systemet ska med sin magasineringskapacitet utjämna flödet till Sjölunda avloppsreningsverk och en följdeffekt av Avloppstunnel Söder är att bräddningen minskar. Mängden bräddat vatten till Sege å, Malmö hamn och Malmö kanaler kommer

att vara låg i jämförelse med dagens bräddvolym. Bräddpunkter som påverkas av Avloppstunnel Söder, redovisas i Figur 5-2.

Figur 5-2. [redacted]



5.2 Huvudtunnel

** Avloppstunnel Söder blir cirka 5,5 kilometer lång med en diameter om cirka 5 meter.

Den vertikala lutningen mellan S01 Sjölunda pumpstation och S12 Skruvgatan är 0,11 procent, medan lutningen mellan S12 Skruvgatan och S15 Turbinen är 0,13 procent. Avloppstunneln anläggs 25–30 meter under markytan och tunnelhjässan ligger cirka 20 – 22 meter under markytan vilket innebär att hela avloppstunneln till största delen ligger i kalkberg. Huvudtunneln i Avloppstunnel Söder kommer i horisontell riktning att utformas med tre kurvor med radie 400 meter, 560 meter och 2000 meter. Drivning av huvudtunneln startar i S01 Sjölunda pumpstation cirka 25 meter under markytan och slutar vid S15 Turbinen.

Det befintliga avloppsledningsnätet i Malmö ansluts till fem schakt längs avloppstunnelsträckningen. Schakten längs huvudtunneln placeras i närheten av befintliga pumpstationer i Malmö hamnområde (S10 Flinträннegatan, S11 Kosterögatan, S12 Skruvgatan, S13 Frihamnsalléen och S14 Carlsgatan). Pumpstationerna vid S17 Rosendal och S21 Spillepengen, bräddavloppet vid S15 Turbinen och utjämningsmagasinet vid S16 Värnhemstorget ansluts till huvudtunneln via schakt och mikrotunnlar.

För mer information om anslutning till befintligt system se avsnitt 3.1.2.

5.3 Mikrotunnlar

Till Avloppstunnel Söder ansluts två mikrotunnlar, uppdelade på fyra delsträckor som benämns M10, M11, M12 och M13. De har en sammanlagd längd om cirka 2,4 kilometer och en diameter om cirka 2 meter.

Mikrotunneln från S21 till S01 är i horisontell riktning mestadels rak men i närheten av S01 Sjölunda pumpstation finns en kurva. Mikrotunneln från S16 Värnhemstorget till S12 Skruvgatan 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 meter 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 Skruvgatan, som drivs med pipe jacking (se avsnitt 7.2.2), 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.

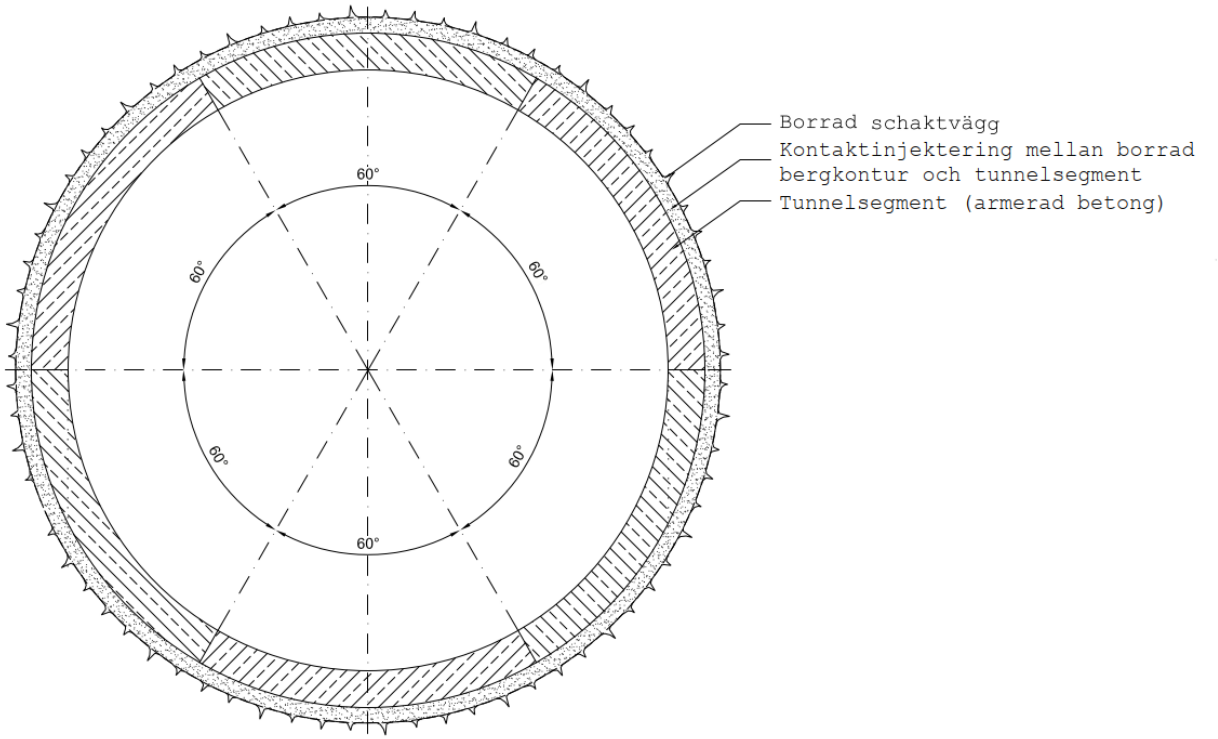
5.4 Tunnelsegment och beläggningar

Avloppstunnel Söder utförs med en tät inklädnad av prefabricerade segment av armerad betong (segmentlining). Avloppstunneln borras med en diameter som är större än diametern på den rörliknande konstruktionen som byggs av de prefabricerade betongsegmenten. Hålrummet som uppstår mellan tunnelröret och berget fylls med cementbaserad injektering (kontaktinjektering) som en integrerad del av TBM-drivningen.

Tunnelsegmentens beständighet mot yttre påverkan (kloridinnehåll i grundvattnet och svavelsyra som bildas av avloppsvattnet) säkerställs genom val av lämplig betongkvalitet och att de förses med ett erforderligt täckande betongskikt för att skydda armeringen mot korrosion.

Ett principiellt tvärsnitt av Avloppstunnel Söder visas i Figur 5-3.

Figur 5-3. Principiellt tvärsnitt av Avloppstunnel Söder.



Mikrotunnlarna utförs med prefabricerade betongrör. Rören dimensioneras med hänsyn till geologiska förhållande, förläggningsdjup, sträcka och laster. Kvalitetskraven är högre för mikrotunnelrör än för vanliga betongrör som används i avloppsledningsnätet. Detta gäller särskilt vinkeln mellan tryckytorna och rörets centrumaxel, tryckytornas planhet, muffdjupet och spetslängden samt skevheten hos röret.

Fogarna utformas vattentäta och så att de inte ger upphov till ökad friktion mot jorden, inte skadas av de höga tryck- eller dragkrafterna, och så att ledningen får en slät utsida.

Se Figur 7-4 för en illustration av möjlig utformning på prefabricerade pipe-jacking tunnelrör.

5.5 Sjölunda pumpstation

[redacted]

[redacted]

5.6 Schakt

** De 11 schakt som ingår i ansökt verksamhet har följande funktioner;

- anslutning mot avloppsledningsnätet
- utrymning under byggskedet
- start för tunneldrivning
- mottagning av tunnelborrmaskin
- åtkomst för inspektion, drift och underhåll

Samtliga schakt är av cirkulär form. Beroende på funktion varierar schaktens diameter. Detaljer om djup, diameter och funktion för respektive schakt återfinns i avsnitt 7.3.

Under byggskedet avses samtliga schakt att användas som utrymningsvägar. Vissa används som startschakt och vissa som mottagningsschakt för tunnelborrmaskinen. Upptagning av borrmassor sker endast från startschakt.

Schakt kommer förses med anslutning för inkommande avloppsvatten som leds ner till avloppstunneln, samt med åtkomstschakt och nedstigningsluckor för de schakt som ska användas för inspektion och underhåll. 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.

Schaktanslutningar utformas med styrning för att kunna stänga för inkommande flöden från kombinerade ledningar från S21 Spillepengen, S17 Rosendal, S16 Värnhemstorget och S15 Turbinen

vid händelse av extremväder. Detta sker när vattennivån i pumpstationen stiger, vilket bedöms kunna ske under ett 10-årsregn.

Schakt förses med överbyggnader för ventilation i form av spjäll eller ventilationsrör. Två alternativ finns för utformning av överbyggnader:

- ett cirka 2,5 meter hög enklare byggnad där spjäll placeras på väggarna, alternativt
- ett nedsänkt ventilationsschakt där spjäll placeras under markytan och bara ventilationsröret är synligt ovan mark (s.k. svanhals).

Principskiss av schakt S11 Kosterögatan, S13 Frihamnsalléen och S21 Spillepengen visas i Figur 5-4.

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

Figur 5-4. [redacted]

6 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 avloppstunneln;

- Tunneldrivningen genomförs med mekanisk metod (borrning) som är väl beprövad för de förekommande förhållandena, till exempel i Citytunnelprojektet i Malmö, i Köpenhamns Tunnelbana och ett flertal avloppstunnlar hos HOFOR i Köpenhamn. Sprängning kommer således inte att utföras.
- All tunneldrivning sker med EPB (Earth Pressure Balance) i tunnelborrmaskinerna för att stabilisera tunnelfronten, minimera sättningar och minimera inläckage av grundvatten under drivningen.
- Tunneln förses kontinuerligt under drivningen med vattentäta inklädnader av förtillverkade segment 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 avloppstunneln, vilket innebär att risken för skador på byggnader ovan mark kan minimeras.
- Begränsad omgivningspåverkan och störningar för tredje man.
- God anpassning till varierande mark- och grundvattenförhållanden längs avloppstunneln.
- Säker arbetsmiljö.
- Snabb byggmetod.

Metoden är mer tidseffektiv än konventionell sprängning eftersom drivningen sker kontinuerligt dygnet runt. Mer information om tekniken finns i avsnitt 7.2.1.

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 7.2.2.

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. 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.

7 Byggmetoder och genomförande

7.1 Tidplan

** Anläggandet 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 tunnelborrmaskin, anläggande av schakt och drivning av avloppstunnel samt pumpstation. Tunneldrivning och schaktningsarbeten delas in i etapper.
    - Förväntad byggtid för avloppstunneln är omkring 4 – 5 år
    - Förväntad byggtid för pumpstationen är cirka 3 år.
    - Byggskedet för respektive schakt varierar mellan cirka 6 månader och 2 år, beroende på schaktens funktion och storlek.
    - Behov av grundvattenbortledning för anläggning av Schakt S01 Sjölunda pumpstation uppgår till cirka 4 – 5 år.
    - Behov av grundvattenbortledning för anläggning av övriga schakt är tidsmässigt begränsad till cirka 1 – 1,5 år.
- Driftskede: Avloppstunneln dimensioneras för en teknisk livslängd om 100 år, men livslängden kan förlängas med planering för underhåll och renovering.

7.2 Tunneldrivning

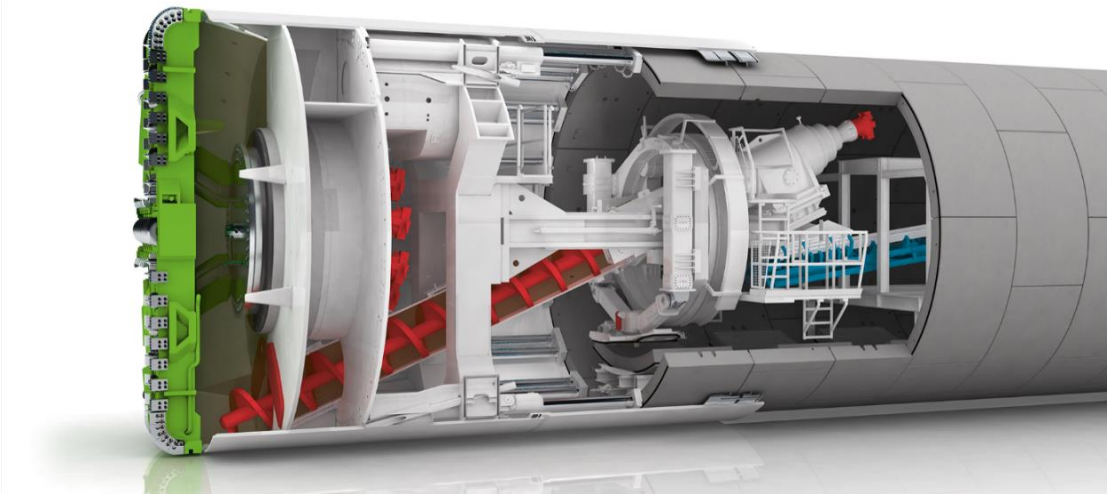
I detta avsnitt beskrivs valda tekniker för tunneldrivningen;

- EPB-TBM med segmentlining (avsnitt 7.2.1)
- EPB-TBM med pipe jacking (avsnitt 8.2.2)

7.2.1 EPB-TBM med segmentlining

EPB-TBM med segmentlining innebär att avloppstunneln byggs med en sköldad EPB-TBM (Earth Pressure Balance Tunnel Boring Machine), se Figur 7-1.

Figur 7-1. Sköldad EPB-TBM, cirka 5 meter 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 avloppstunneln 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.

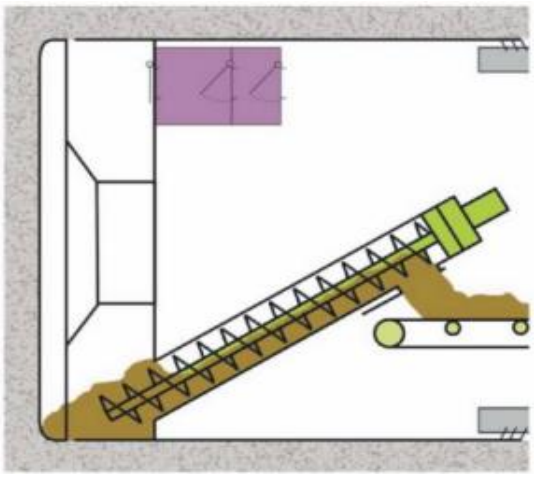
EPB-metoden innebär att det lossbrutna materialet används för att stödja tunnelfronten och begränsa inläckage av grundvatten. Vid behov kan det lossbrutna bergmaterialet mjukgöras med skum och/eller biologiskt nedbrytbara tensider, för att underlätta framförandet av borren och minska borrslitaget. Användandet av tensider bedöms dock erfarenhetsmässigt endast bli aktuellt i marginell omfattning. Vatten som läcker in pumpas ut kontinuerligt. Det utborrade materialet förs vidare bakåt i borrmaskinen 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 borrade tunnelväggen och betonginklädnaden.

EPB-TBM används både för tunneldrivning i jord och mjukt berg. EPB-TBM används vanligen för mjuka kohesionsjordar och kalkberg, 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 förinjektering.

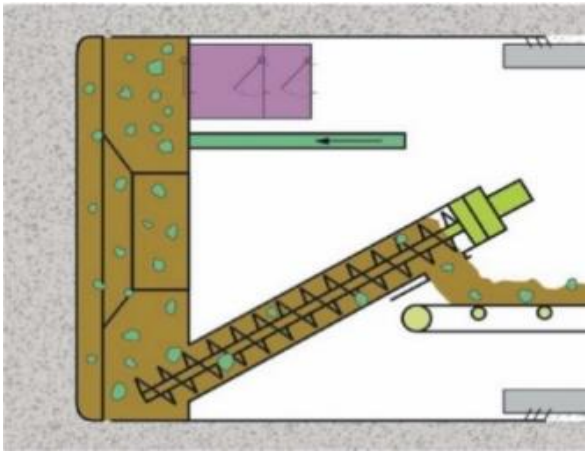
EPB-maskinen körs i antingen så kallat öppet eller slutet läge (se Figur 7-2). I öppet läge förflyttas borrmassor direkt från borrfronten med hjälp av transportskruven och vidare mot startschaktet på transportband.

Figur 7-2 Öppen EPB-TBM (Herrenknecht AG, 2021).



I slutet läge samlas utgrävda massor i borrfronten och skapar ett mottryck mot omgivande massor. Vid behov av underhåll av maskinen kommer injektering utföras i syfte att säkerställa stabilitet och vattentäthet intill borrhuvudet.

Figur 7-3. Sluten EPB-TBM (Herrenknecht AG, 2021).



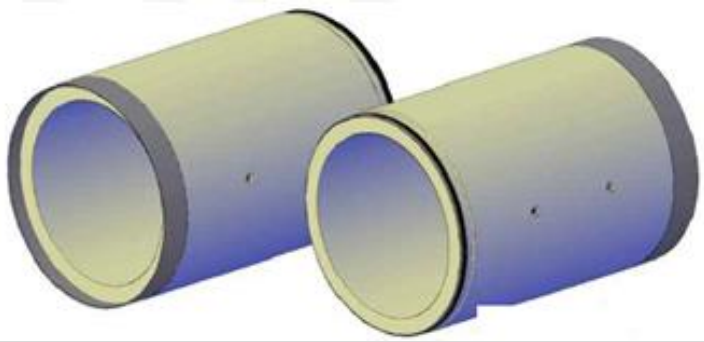
**Förinjektering används vid behov för markbehandling eller för att kontrollera inflöde av vatten till tunneln. Inför start av tunneldrivningen förbereds en så kallad injekteringsplugg utanför stödväggen för att säkerställa stabila och torra förhållanden (”break out plug”).

Även inför mottagning av TBM används en injekteringsplugg för att säkerställa en säker och torr miljö (”break in plug”). Mottagningsschaktets 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.

7.2.2 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 7-4, trycks framåt med hjälp av hydrauliska domkrafter (“jacks”) från ett startschakt (s.k. jacking-station).

Figur 7-4. Illustration av möjlig utformning på förtillverkade rörsegment, cirka 3 meter långa. Mellan rörsegmenten läggs en tätning.



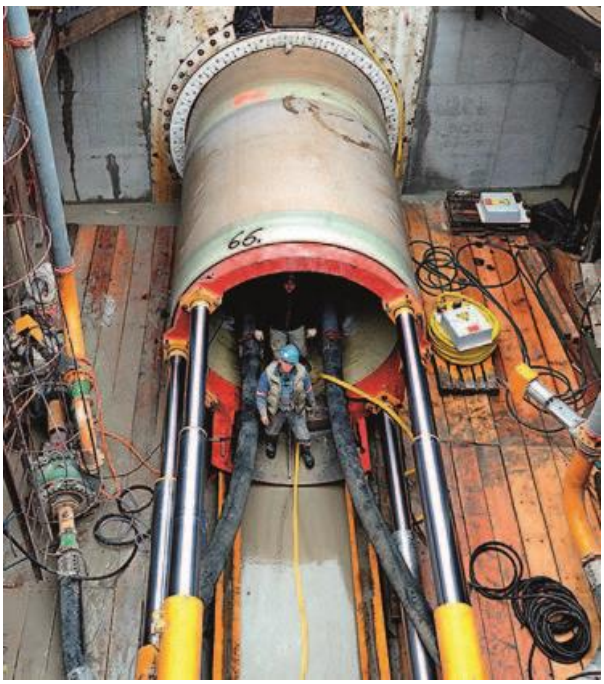
Metoden är lik den som beskrivs i avsnitt 7.2.1, med skillnaden att TBM:en skjuts framåt med domkrafter i intilliggande schakt med betongsegment mellan maskinen och stationen, i stället för att betongsegment kontinuerligt installeras bakom drivningsfronten. Borrning och uttag av jord/kalkberg sker i fronten med ett borrhuvud med skärverktyg valda utifrån aktuell geologi. Utborrade massor tas ut genom den borrade tunneln till närmaste startschakt.

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

Exempel på hur en s.k. jacking-station kan se ut visas i Figur 7-5 och Figur 7-6.

Figur 7-5. Startschakt (Projekt H3-4 Emschertunneln)

Figur 7-6. 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 avloppstunneln är färdigbyggd.

7.3 Schakt

Totalt 11 schakt, vars funktion beskrivs i avsnitt 5.6, byggs längs avloppstunnelns sträckning. Därtill kommer schakt för anslutning till det befintliga avloppsledningsnätet. Schakten har placerats för att minimera omfattningen av anslutningsarbeten och påverkan på befintlig infrastruktur samt dimensionerats utifrån funktion under bygg- och driftskede. Byggmetoder och genomförande beskrivs i detta avsnitt.

Av logistiska skäl, för att enkelt kunna ansluta till befintliga avloppssystem (se avsnitt 3.1.2), 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 35 meter. Tunneldrivning av huvudtunneln startar i schakt S01 Sjölunda pumpstation och går mot S15 Turbinen, där maskinen demonteras och tas upp. Tunneldrivning av mikrotunnlar startar i S17 Rosendal respektive S20 Borrgatan.

Ungefärliga djup, dimensioner och funktion under bygg- och driftskede för respektive schakt visas i Tabell 7-1.

Tabell 7-1. [redacted]

[redacted]

**Schaktet S01 Sjölunda pumpstation är beläget i den nordöstra delen av projektområdet och används till följande:

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

S01 Sjölunda pumpstation är det största schaktet, där drivning av huvudtunneln startar. En principskiss av schaktet i byggskedet visas i Figur 7-7, 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 schaktbottnen vid behov. Schaktningen sker i etapper ned till en tillfällig botten under markytan, där tunnelborrmaskinen

monteras och tunneldrivningen påbörjas. Då tunneldrivningen är slutförd fortsätter schaktningen ner till slutlig nivå och permanent bottenplatta med eventuella dragstag installeras.

Figur 7-7. [redacted]

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

1. Installation av täta stödväggar, till exempel slitsmur eller sekantpålvägg, som utförs en bit under schaktbotten.
2. Verifiering av täthet med provpumpning i borrhål.
3. Schaktning ner till underkant TBM.
4. Botteninjektering alternativt brunn utförs vid behov.
5. Schaktning sker efter avslutad tunneldrivning till planerad nivå. Länshållning av schakt utförs, vilket medför en trycksänkning i grundvattnet i berggrunden.
6. Utförande av inre betonglining.
7. Utförande av bottenplatta med eventuella dragstag.

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

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

En principskiss av schakt S10 Flintrännegatan, S11 Kosterögatan och S13 Frihamnsalléen i byggskedet visas i Figur 7-8. Principskisser på samtliga schakt visas i *Bilaga R Ritningsförteckning.*

Figur 7-8. [redacted]

[redacted]

Behovet av botteninjektering alternativt brunn utvärderas separat för varje schakt. För mer information om botteninjektering se avsnitt 8.1.

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, samt eventuellt behov av trycksänkning med brunn. I driftskedet är schakten helt täta. 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 bottenupptryckning i schakten. Överskottsvatten kan kräva behandling före utsläpp.

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

Vibrationskritiska arbetsmoment är exempelvis markarbeten vid installation av tät stödvägg och bedöms även 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 och vid omfattande gjutningar av konstruktioner som kräver kontinuerlig gjutning. Tunneldrivningen sker dygnet runt. Stomljud bedöms även kunna uppstå vid passage under byggnader.

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 meter under markytan eller inuti en byggnad kommer ljudet på markytan sannolikt att vara marginellt. Under drift bedöms avloppstunnelsystemet 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 nederbördsmängder att pressas ut via de permanenta schakten då avloppstunneln vattenfylls, vilket kan medföra luktemissioner.

7.4 Anslutning S15(2) Mariedalsvägen och S16(2) Föreningsgatan

Huvudtunneln avslutas i S15 Turbinen och därifrån anläggs en kort anslutning till S15(2) Mariedalsvägen där i sin tur det befintliga avloppsledningsnätet kopplas in. På liknande sätt så avslutas ena mikrotunneln i S16 Värnhemstorget och en kort anslutning anläggs till utjämningsmagasinet och S16(2) på Föreningsgatan.

Anläggandet av dessa anslutningar kan utföras på två olika sätt. Alternativ A är en borrad tunnel med cirka två meter i diameter. Metoden beskrivs ofta som en ”schaktfri metod”. Alternativ B är traditionell förläggning av anslutningsledningar medelst schakt och spontning och innebär ett cirka sex meter brett öppet schakt vari en ledning om cirka två meter diameter förläggs. För att minimera schaktens utbredning och täta mot vatteninträngning spontas schaktväggarna. Se Figur 7-9 nedan samt *Bilaga R Ritningsförteckning* för illustration av de två metoderna.

Figur 7-9. [redacted]

Alternativ B mellan S15 Turbinen och S15(2) Mariedalsvägen korsar Turbinkanalen med spont och schakt. Arbetet kan utföras växelvis i halva kanalen åt gången så att vattenflödet alltid bibehålls alternativt endast blockeras under en kortare period där eventuell störning av VA SYDs befintliga pumpning och skapande av flöde i Turbinkanalen begränsas. Tidigare undersökningar visar att Turbinkanalen är grund och att det översta lagret består av mjuka sediment (Tyréns AB, 2003). För att minska risken att sprida grumlande vatten kan silt- eller bubbelgardin användas.

Arbetsmomentet med spontning medför visst buller men planeras att utföras som en borrad spont med stämp. Arbetet medför inte tilläggsbuller utöver vad anläggning av schaktens täta stödväggar medför och pågår under en mycket kortare tid. Efter avslutat arbete tas sponten antingen bort eller kapas cirka 2 meter under markytan.

Slutlig val mellan de två metoderna sker i ett senare skede.

7.5 Arbetsområden

**I anslutning till schakten upprättas arbetsområden. Dessa områden används för bland annat upplag av material och utrustning, uppställning av arbetsbodar, miljöstation och utrustning för vattenbehandling, 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 kan även variera över tid inom området, beroende på aktuellt arbetsmoment. Generellt ligger ytorna på ett intervall mellan cirka 4 000 – 8 000 kvadratmeter, med undantag för arbetsområdet för S01 Sjölunda pumpstation som utgör totalt cirka 160 000 kvadratmeter (varav cirka 50 000 kvadratmeter är vid schaktet och resterande yta i närområdet), arbetsområdet för S17 Rosendal som utgör cirka 13 000 kvadratmeter, och arbetsområdet för S20 som utgör cirka 15 000 kvadratmeter.

Arbetsområdena kan bland annat inrymma följande:

- Utrymme för schakt och installation av detta.

- Lagringsutrymme för betongsegment (startschakt).
- Plats för mobilkran för att lyfta ner/upp TBM och lyfta ner betongsegment etcetera i schakt.
- Pumpanläggning för grundvattensänkning och infiltration, inklusive nödström till denna.
- Dieselaggregat.
- Betongpump och betongbilar.
- Lager för media till tunneldrivning såsom luft och vatten, ytor för transporter, på- och avlastning.
- Utrustning för behandling av överskottsvatten.
- Utrymme för anläggandet av Sjölunda pumpstation och dess installationer.
- Utrustning för gjutning och borrning av slitsmur eller dylikt.
- Grävmaskin.
- Yta för masshantering.
- Lagringsutrymme för armering och gjutform.
- 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 7.2.2), kan tunnelborrmaskinen behöva göra ett planerat uppehåll för underhåll och byte av skärverktyg för att minimera tidsåtgång samt risk för fastkörning vid borrning under järnvägen. För detta arbete behövs en arbetsyta i markplan om cirka 10x10 meter samt tillgänglighet för lastbilar, borrmaskin, borrstänger, injekteringspump med mera.

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 byggskedet, förbättrad belysning eller signalreglerad in-/utfart är lämpliga åtgärder. Trafiksäkerhetsåtgärder vidtas vid S16 Värnhemstorget där gång och cykel prioriteras för att säkerställa säkerheten för bland annat 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. Vid S16 Värnhemstorget påverkar val av byggmetod, se avsnitt 7.4. För Alternativ A, den schaktfria metoden, kommer cirka tre träd att behöva avverkas och vid 16(2) Föreningsgatan flyttas två träd. För Alternativ B, schakt och spontning, kan upp till ytterligare cirka fyra träd behöva tas ner på Värnhemstorget och ytterligare ett träd på Föreningsgatan påverkas. Träden vid S16 Värnhemstorget kompenseras genom nyplantering och träden vid S16(2) Föreningsgatan flyttas temporärt och återplanteras i närheten. Övriga biotopskyddade träd som berörs av arbetet skyddas med hjälp av avspärrning kring träden inklusive rotzon, inbrädning 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. Arbetsområden kommer att förberedas innan byggstart genom att verifiera att ingen ny etablering av arter har skett. Inventering av invasiva arter görs också inför förberedning av arbetsområden.

**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. Schakt förses med nedstigningslucka och/eller överbyggnad, vilket beskrivs närmare i avsnitt 5.6.

7.6 Vattenhantering

Under byggskedet uppkommer överskottsvatten bland annat från avledning av grundvatten, dagvatten och dräneringsvatten inom arbetsområden samt från eventuell avvattning, kylvatten, släckvatten och processvatten. Processvatten kommer främst att användas för borrning och högtryckstvätt av berget i samband med tunneldrivning och för betongkonstruktioner, men även för bland annat dammbekämpning och tvätt av utrustning. 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 tunnel och schakt i byggskedet används pumpar placerade i schakten. Bortledning av grundvatten kan även ske från anlagd brunn i eller intill schakt. Enligt utförd grundvattenmodellering väntas begränsade grundvatteninflöden i schakten eftersom tät stödvägg går ner under schaktbotten samt att kompletterande injektering görs av själva schaktbottnen vid behov. Beräknat/bedömt inläckage till respektive schakt under byggskedet framgår av Tabell 7-2. Behovet av grundvattenbortledning under byggskedet är beräknat till mellan cirka 3–30 liter per sekund per schakt i berg.

Tabell 7-2 Beräknat/bedömt ungefärligt inläckage av grundvatten till respektive schakt i byggskede.

Schakt	Bedömda flöden [l/s]
S01 Sjölunda pumpstation	30
S20 Borrgatan	7,5
S21 Spillepengen	6
S10 Flinträннegatan	3
S11 Kosterögatan	3
S12 Skruvgatan	6
S17 Rosendal	7,5
S16 Värnhemstorget	6
S13 Frihamnsallén	3
S14 Carlsgatan	3
S15 Turbinen	9

Till följd av olika nivåer för schaktbotten, skillnader i geologi, närheten till havet och även storleken på schakt ges en variation i beräknade resultat för påverkansområden. De bedömda påverkansområdena visas i Figur 7-10.

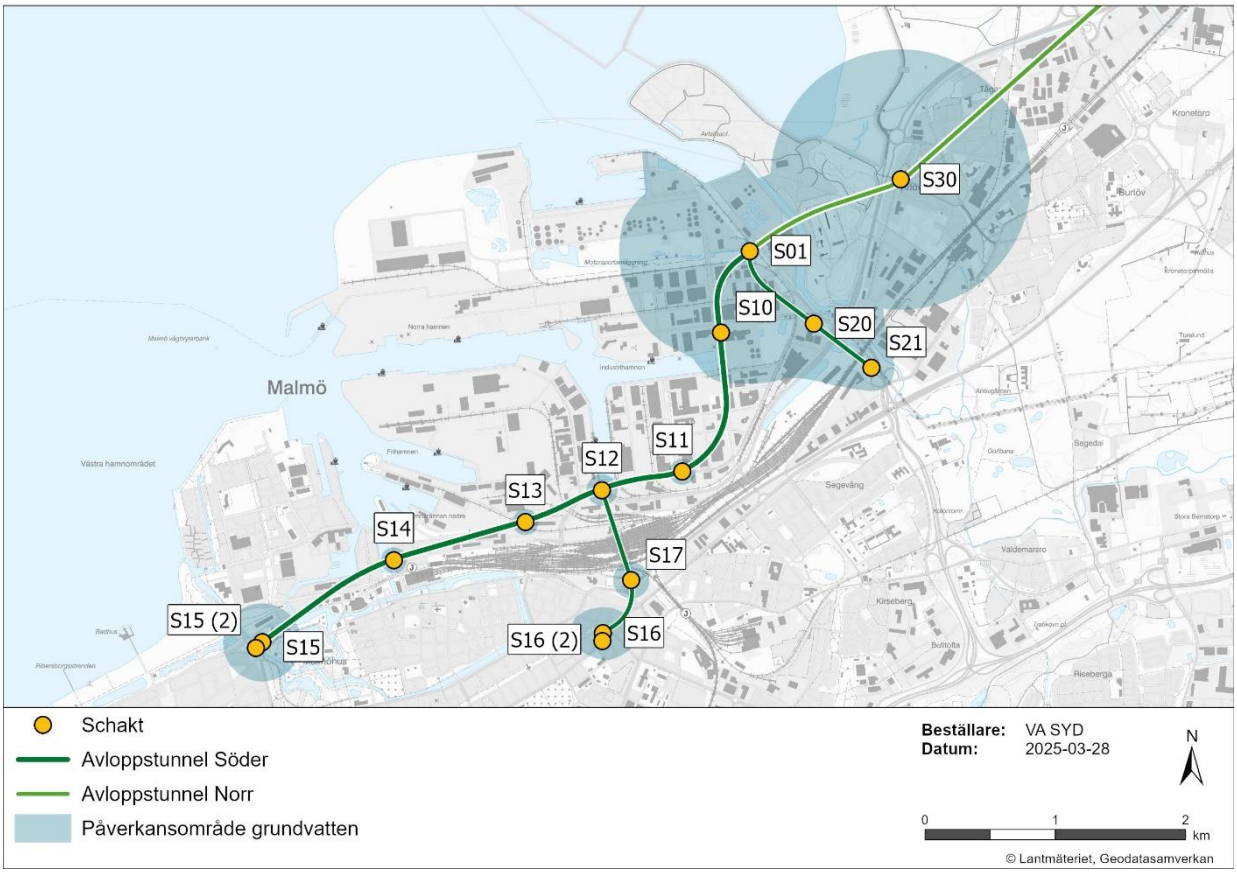
Överskottsvatten behandlas vid behov och ska under byggskedet avledas till följande utsläppspunkter i sjunkande rangordning:

1. till recipient, antingen direkt eller via dagvattennätet

2. spillvattennätet
3. tankbil för vidare transport till mottagare med godkänt tillstånd

Närliggande vattendrag anges i avsnitt 3.3.3. I undantagsfall, då utsläpp till recipient eller spillvattennät inte är möjligt, kommer vattnet att transporteras med tankbil till godkänd mottagare.

Figur 7-10. Påverkansområde för grundvatten, Avloppstunnel Söder.[3]



7.7 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 avloppstunnelkonstruktionen.

TBM kommer att i sin helhet drivas av el från elnätet alternativt från installerade dieselgeneratorer på arbetsområdet. Tunneldrivning av Avloppstunnel Söder inklusive uttransport av massor i avloppstunneln bedöms ha ett ungefärligt energibehov av 22 000 MWh.

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

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

[3] Se *Bilaga M5 Hydrogeologi och riskexponerade objekt* för detaljer
Bilaga T3 Teknisk beskrivning Avloppstunnel Söder
Dokument-ID: 8178-TH-MB-TB-T3-001
Bilaga T3 Teknisk beskrivning Avloppstunnel Söder utg 3.0
maxima.vasyd.se

7.8 Transporter

Trafikrörelser till och från arbetsområden under byggskedet kommer bland annat att utgöras av transporter av massor, material, maskiner och avfall. Transporter i enlighet med lokala bestämmelser och Naturvårdsverkets riktlinjer för byggbuller (se *Bilaga M10.5 Buller, vibrationer och stomljud i bygg- och driftskede Avloppstunnel Söder*). Avvikelser kan dock ske, exempelvis vid stora betonggjutningar. Avvikelser kan även ske i industriområden där störningar från trafiken inte uppstår.

** Vilka material som transporteras varierar beroende på projektskede. Under drivningsfasen kommer bland annat injekteringscement, sprutbetong och drivmedel att transporteras. Under byggskedet kommer även arbetsmaskiner, betong (rotorbil), arbetsmaterial, stängsel med mera 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. Totalt uppskattas cirka 50 000 lastbilstransporter till och från arbetsområdena att ske under byggskedet.

Den totala trafikökningen bedöms som marginell i förhållande till nuvarande trafikmängd, och sker främst under byggskedet. Transporter sker även i driftskedet, framför allt till och från Sjölunda pumpstation i samband med löpande underhåll, men i mycket mindre utsträckning än under byggskedet.

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

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

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

7.9 Hantering av massor

Överskottsmassor uppkommer vid följande bygg- och anläggningsaktiviteter:

- Urschaktning av jord och berg inom arbetsområden från schakt inför tunneldrivning och ledningsomläggningar för anslutning till avloppstunneln
- Tunneldrivning i jord och berg

Under byggskedet uppskattas cirka 157 000 teoretiskt fasta kubikmeter (tfm^3) överskottsmassor uppstå från tunneldrivningen. Från schakt och ledningsanslutningar uppskattas cirka 142 000 kubikmeter teoretiskt fasta massor uppstå. Se Tabell 7-3 för sammanställning.

Tabell 7-3. Uppskattad mängd teoretisk fasta överskottsmassor (tfm), Avloppstunnel Söder.

Enhet	Överskottsmassor		Totalt
	Från tunneldrivning	Från schakt och ledningsanslutningar	
tfm^3	157 000	142 000	299 000
Ton	346 000	294 000	640 000

Vid drivning av avloppstunneln förs borrmassorna med en skruv bakåt för vidare transport genom tunneln, exempelvis med transportband eller arbetståg. Överskottsmassorna förflyttas sedan till en vertikal transportör som för upp massorna till markytan.

Överskottsmassor transporteras från arbetsområden till godkänd mottagare. Då ansökt verksamhet har nära till Malmö hamn kan det bli aktuellt med transport av överskottsmassor från S01 Sjölunda pumpstation till hamnen via transportband, innan vidare transport till mottagare med pråm/fartyg. I de fall där mottagande av överskottsmassor är stängt över helger och temporär lagring (<3 dagar) sker på arbetsområden, arrangeras en invallad hårdgjord yta där avrinnande vatten samlas upp och behandlas. Inga överskottsmassor planeras att återanvändas inom MAXIMA.

**Schaktmassor från schakt samt förberedande markarbeten 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 avloppstunnelsystemet. Generellt sett är föroreningsgraden i marken låg. Förorenad jord har påträffats främst i området vid S01 Sjölunda pumpstation, generellt sett begränsad till jordlagrens översta del. Om det påträffas okända föroreningar i marken stoppas det aktuella schaktningsarbetet, så att det kan utredas om det behövs vidtas åtgärder.

Överskottsmassor från ledningsanslutningar som anläggs för anslutning av befintligt avloppsledningsnät till schakt, 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 Avloppstunnel Söder transporteras dessa med täta och täckta containrar direkt till godkänd mottagningsanläggning. Under tider då transport 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.

7.10 Hantering av avfall

Avfall som uppkommer under byggskedet går till material- eller energiåtervinning. Med att ”återvinna avfall” avses avfallshantering som beskrivs i bilaga 1 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.

Det farliga avfall som uppstår i Avloppstunnel Söder utgörs främst av förorenade schaktmassor innehållande oljor och fetter. Hydrauloljor som används uppfyller miljöegenskapskraven i Svensk Standard SS 155434. Farligt avfall som uppstår i samband med anläggandet av Avloppstunnel Söder kommer omhändertas av godkänd mottagare. Avskilt slam från behandling 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.

7.11 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 inom Avloppstunnel Söder:

- Betongprodukter
- Tätningsprodukter
- Tunnelborrningskemikalier (till exempel 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.

I byggskedet kan oljehantering, inklusive tankning, och uppställning av arbetsmaskiner tillfälligt ske utanför hårdgjord yta. Utrustning för uppsamling och sanering av spill finns lättillgängligt inom arbetsområdet. Kemikaliehanteringen beskrivs närmare i *Bilaga M11.3 Kemikaliehantering Avloppstunnel Söder*.

7.12 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 avloppstunneln ska ha nödvändig säkerhetsutbildning.

Tunnelinstallationer ska inte blockera utrymningsvägar. I brist på svenska riktlinjer för schaktavstånd används riktlinjer från Tyskland och Österrike. Grundkonceptet innebär ett maximalt avstånd på 1 000 meter för extern räddning. När detta inte kan uppnås gäller i stället ett maximalt avstånd på 500 meter för självräddning till en räddningskammare placerad i tunneln.

TBM:en är utrustad med sprinklersystem för brandskydd och allt arbete i tunnel och schakt omfattas ett systematiskt brandskyddsarbete.

Ventilationsmätningar utförs under byggskedet.

Kontakt hålls med räddningstjänst inför och under byggskedet.

8 Skyddsåtgärder

8.1 Åtgärder för grundvattenpåverkan

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

Omgivningspåverkan under driftskedet bedöms vara försumbar förutsatt att anläggningen uppnår de erforderliga krav satta på hög täthet mot omgivande vattentryck. Inga skyddsåtgärder är därmed nödvändiga när avloppstunneln 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 primärt schakten, omgivande grundvattentryck och -nivåer under byggskedet. Detta ger en viss påverkan på grundvattengradienter och förändrade grundvattenflödesriktningar.

Grundvattenuttaget i kalkberget medför inga betydande förändringar av grundvattentrycket i jordlagren. Därmed bedöms Avloppstunnel Söder inte ge upphov till sättningsskador till följd av grundvattensänkning. Kontrollprogram kommer att upprättas så att skada inte ska uppkomma inom påverkansområdet.

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 erforderlig 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

- Skyddsinfiltration
- Arbete under vatten

8.1.1 Förlängning av täta stödväggar under schaktbotten

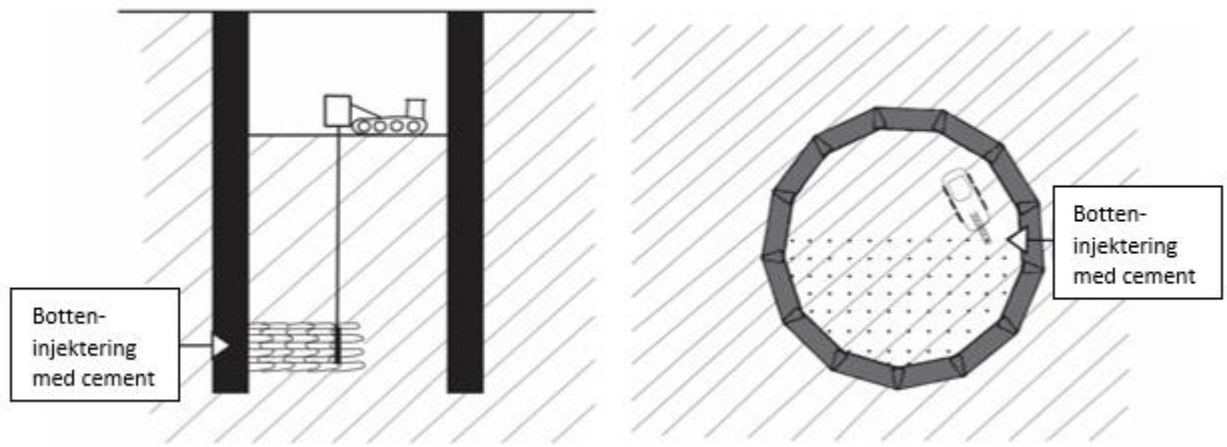
Schakten utförs med en stödkonstruktion som sträcker sig ned under schaktbotten i syfte att ta upp omgivande marktryck, minimera risk för påverkan i form av avsänkning på omgivande grundvattentryck och -nivåer, inducering av havsvatteninträngning och mobilisering av föroreningar när tunneln fylls. Desto 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.

8.1.2 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 byggskedet. 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 8-1.

Figur 8-1. Principskiss för botteninjektering med cement i jord/kalkberg. Till vänster en sektion och till höger uppifrån.



8.1.3 Skyddsinfiltration

Infiltration med vatten som skyddsåtgärd används vid behov för att upprätthålla grundvattennivåer och därmed minska grundvattenpåverkan och skydda känsliga objekt mot grundvattenavsänkning. Infiltration av vatten kan ske i omgivande jord. Infiltration kan också ske i ytliga jordlager, till exempel genom översilning av en för ändamålet utsedd markyta. Till infiltration används färskvatten/dricksvatten.

8.1.4 Arbete under vatten

Vid behov utförs delar eller hela utschaktningsarbetet och efterföljande grundläggningsarbete under vatten. Genom att schakten inte länshålls och en öppen vattenspegel bibehålls innanför den täta

stödväggen vid hela eller delar av utschaktningen och fram till dess att bottenplattan härdat och stabiliserats kan vissa fördelar uppnås: minskat inläckage av grundvatten till schakt och påverkan på omgivande grundvattentryck och/eller -nivå, minskad risk för hydrauliskt grundbrott vid schakt i jord, samt minskad risk för inre erosion. Fördelarna vägs upp av ett flertal nackdelar såsom kontroll på utförande av byggaktiviteter, arbetsmiljörisker, och avvattning av massor.

8.2 Behandling av överskottsvatten

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

Efter eventuell behandling avleds överskottsvatten i första hand direkt till recipient eller till dagvattennätet för vidare transport till recipient, och i andra hand till det kommunala spillvattennätet. Utgående flöde till recipient anpassas för att undvika överbelastning. I de fallen utsläpp till recipient inte är möjligt eller föroreningar inte går att behandla lokalt, transporteras vattnet med tankbil till godkänd mottagare med tillstånd. För närmare beskrivning av hantering av överskottsvatten, se *Bilaga M8.3 Överskottsvatten Avloppstunnel Söder*.

8.3 Åtgärder för sättningar orsakade av uttag av jord och bergmassor

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

- Kulturmiljöer
- Byggnader och anläggningar med sättningskänslig grundläggning
- Verksamheter, som till exempel ställverk

Infiltration kan användas för att förhindra eller begränsa sättningar som annars kan leda till skador. Inga andra skyddsåtgärder bedöms vara nödvändiga att vidta, baserat på förhållanden och valda styva konstruktioner.

8.4 Åtgärder för sättningar orsakade av tunnelborrning

** Sättningar i byggnader kan uppkomma under byggskedet till följd av markrörelser orsakade av tunnelborrningen. Baserat på erfarenheter från anläggning av Citytunneln blir sådana sättningar försumbara.

Inga skyddsåtgärder bedöms vara nödvändiga att vidta på grund av vald metod och eftersom avloppstunneln placerats i stabila grundförhållanden med fast jord och kalkberg.

8.5 Åtgärder för buller, vibrationer och stomljud

8.5.1 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 genomförda bullerberäkningar och kommande mätningar under byggskedet, visar att riktvärden enligt NFS 2004:15 överskrids utan åtgärd.

Se *Bilaga M10.5 Buller, vibrationer och stomljud i bygg- och driftskede Avloppstunnel Söder* för detaljer.

8.5.2 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
- Verksamheter, som till exempel ställverk
- Verksamheter med vibrationskänslig utrustning

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.

8.5.3 Stomljud

Risk för överskridande av riktvärden för stomljud föreligger för byggnader nära schaktanläggningar och längs avloppstunnelsträckningen. Eftersom avloppstunneln 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, men dessa störningar bedöms vara kortvariga. Stomljud kan också uppkomma vid passage av arbetståg i avloppstunneln, om arbetstågens spår inte dämpas. 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.

För närmare beskrivning av buller, vibrationer och stomljud, se *Bilaga M10.5 Buller, vibrationer och stomljud i bygg- och driftskede Avloppstunnel Söder*.

8.6 Åtgärder för luftkvalitet, luktemissioner och klimatgaser

För mer information om miljöpåverkan i form av utsläpp till luft, luktemissioner och klimatgaser hänvisas till *Bilaga M Miljökonsekvensbeskrivning*. För information om mätning och kontroll av luft och lukt se *Bilaga K Förslag till Kontrollprogram*.

8.6.1 Luftkvalitet

** Luftkvaliteten kan under byggskedet påverkas av utsläpp av bland annat kvävedioxid (NO_2) och luftburna partiklar (PM_{10}) vid schakten. Halter av NO_2 beräknas i samtliga fall underskrida miljökvalitetsnormerna, men kan bidra till överskridande av miljökvalitetsmålet *Frisk luft*. För PM_{10} beräknas halterna bli mycket låga i förhållande till bakgrundshalterna och påverkan därmed marginell.

Transporter i arbetet med Avloppstunnel Söder ska uppfylla kraven i Malmös gällande miljözoner. Vid behov kan avsteg medges från berörd myndighet, se 13 kap. §3 i Trafikförordning (SFS 1998:1276).

Skyddsåtgärder, till exempel transportplanering och andra trafikrelaterade åtgärder, kommer att vidtas vid behov under byggskedet.

8.6.2 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.

Avloppstunnelsystemet utformas så att all luft från avloppstunnelsystemet vid normal drift emitteras via fläktsystem i Sjölunda pumpstation, som säkerställer ett undertryck om cirka -70 pascal i avloppstunnelsystemet. Med undertrycket undviks att luktande luft emitteras via schakt i anläggningen. För att reducera luktkoncentrationen vid Sjölunda pumpstation installeras reningsutrustning.

Vid extrema regnväder fungerar avloppstunnelsystemet som ett vattenmagasin med väl tilltagen överkapacitet, men vid riktigt stora nederbördsmängder pressas luft ut via schakt då avloppstunneln vattenfylls. Vid sådana tillfällen skulle lukt kunna förnimmas i närområdet. Dock kan avloppsvattnet i en sådan situation förväntas vara kraftigt utspätt 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.

8.6.3 Klimatgaser

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

8.7 Åtgärder mot damning

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

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

9 Uppföljning och kontroll under byggskedet

Kontroll sker av miljöpåverkan som kan uppkomma under byggskedet. Aspekter som är aktuella för kontroll för ansökt avloppstunnelsystem är:

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

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, se *Bilaga K Förslag till Kontrollprogram.*

10 Referenser

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

Naturvårdsverket. (den 16 11 2024). 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* .

Tyrens AB. (2003). *Fördjupad studie: Alternativ stenfilter.* Malmö: Malmö stad, VA-verket.

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

VASYD MAXIMA

maxima.vasyd.se