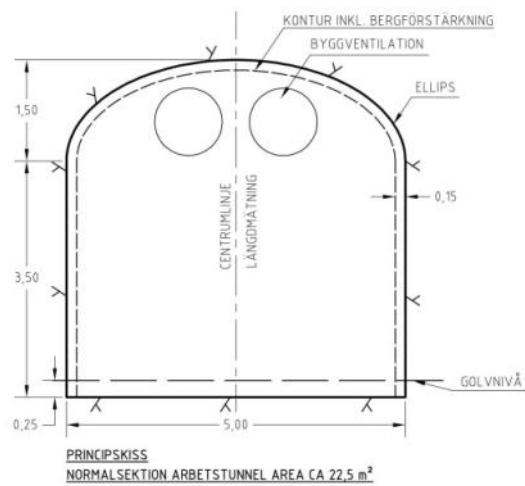
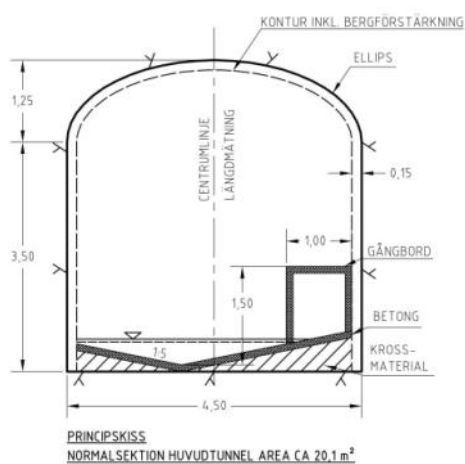


UTREDNING

STOCKHOLM VATTEN VA AB

Västerorts framtida avloppsrening – Underlag inriktningsbeslut

DELRAPPORT 2, LEDNINGSNÄT



REV A

STOCKHOLM

2013-08-16

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Sammanfattning Ledningsnät	4
1.1	VA-teknik	4
1.2	Berg och tunneldrivning	7
1.3	Hydrogeologi och tillstånd för bortledning av grundvatten	8
1.4	Tillståndprocess	8
1.5	Miljöpåverkan	8
1.6	Risker	9
1.7	Investeringskostnad och tidplan	10
1.8	Värdering och rekommendation av alternativ ur ett ledningsnätsperspektiv	10
2	Bakgrund och syfte	11
2.1	Bakgrund	11
2.2	Syften	11
2.3	Organisation för framtagning av utredning underlag inriktningsbeslut, Ledningsnät	12
3	Underlagsmaterial, utförda undersökningar och projektmetodik	13
3.1	Underlagsmaterial och inventering	13
3.2	Utförda undersökningar och arbetsmoment	13
3.3	Projektmetodik	14
4	Förutsättningar	15
4.1	Utredningsavgränsningar	15
4.2	Tekniska förutsättningar	15
5	Beskrivning av alternativ 1-4	16
5.1	Allmänt om beskrivning av alternativ 1-4	16
5.2	Geologisk områdesbeskrivning	18
5.3	Hydrogeologisk områdesbeskrivning	19
5.4	Geologisk och hydrogeologisk beskrivning av alternativ 1-4	20
5.5	VA-teknisk utformning av Mälarpassagen	37
5.6	Sträcknings- och profilbeskrivning av alternativ 1-4	41
5.7	Hydraulisk funktion, utformning och dimensionering av alternativ 1-4	54
5.8	Inläckage av grundvatten till tunnelanläggningen	60
5.9	Val av tunneldrivningsteknik och tunneltvärsnitt för planerade tunnlär	63
6	Identifiering av miljökonsekvenser och tillståndsbehov	66
6.1	Naturmiljö	66
6.2	Kulturmiljö	70

2 (105)

UTREDNING

2013-08-16, REV A

VÄSTERORTS FRAMTIDA AVLOPPSRENING – UNDERLAG INRIKTNINGSBESLUT

DELRAPPORT 2, LEDNINGSNÄT

6.3	Grundvattenrelaterad miljöpåverkan	74
6.4	Riskobjekt för grundvattenavsänkning	77
6.5	Ytvatten	82
6.6	Luft	83
6.7	Buller och stömljud	84
6.8	Identifierade tillståndsbehov och beskrivning av kommande tillståndsprocess	86
7	Bedömning av genomförandetidplaner för alternativ 1- 4	88
7.1	Allmänt om genomförandetidplaner	88
7.2	Genomförandetidplan alternativ 1	88
7.3	Genomförandetidplan alternativ 2	88
7.4	Genomförandetidplan alternativ 3	90
7.5	Genomförandetidplan alternativ 4	91
8	Investeringskostnadsbedömning för alternativ 1- 4	92
8.1	Investeringskostnadsbedömning allmänt	92
8.2	Investeringskostnadsbedömning för alternativ 1	92
8.3	Investeringskostnadsbedömning för alternativ 2	92
8.4	Investeringskostnadsbedömning för alternativ 3	93
8.5	Investeringskostnadsbedömning för alternativ 4	94
8.6	Sammanställning av investeringskostnadsbedömning för alternativ 1- 4	94
9	Kostnadsbedömning av Drift- och Underhållskostnader för alternativ 1-4	95
9.1	Drift- och underhållskostnader för alternativ 1	95
9.2	Drift- och underhållskostnader för alternativ 2	95
9.3	Drift- och underhållskostnader för alternativ 3	95
9.4	Drift- och underhållskostnader för alternativ 4	95
9.5	Sammanställning Drift- och underhållskostnader för alternativ 1- 4	96
10	Översiktlig riskbedömning	97
10.1	Allmänt	97
10.2	Riskvärdering	97
10.3	Riskreducerande åtgärder	101
10.4	Sammanfattning av resultaten från riskvärderingen	102
11	Värdering, prioritering och rekommendation av alternativ 1-4	105
11.1	Jämförelse mellan alternativ 1-4	105
11.2	Rekommendation av alternativ avseende Ledningsnät	105

1 Sammanfattning Ledningsnät

Stockholm Vatten VA AB (SVAB) planerar för att eventuellt förändra fördelningen av spillvattenbelastningen för stadens avloppsreningsverk. SVAB tar därför fram utredningsunderlag inför ett inriktningsbeslut i SVAB:s styrelse hösten 2013. Denna delrapport beskriver och värderar de transportbehov av spillvatten som uppstår vid olika alternativa fördelningar av spillvattenbelastning för avloppsreningsverk.

De alternativ som SVAB valt att undersöka är

- Alternativ 1: Bromma Avloppsreningsverk bibehålls. Spillvattenfördelning mellan avloppsreningsverken som idag.
- Alternativ 2: Bromma/Eolshälls flöden överförs till nytt ARV på Södertörn (50 km söder om Eolshäll). Bromma ARV läggs ned.
- Alternativ 3: Bromma/Eolshälls flöden överförs till Himmerfjärdsverket. Bromma ARV läggs ned.
- Alternativ 4: Bromma/Eolshälls flöden överförs till Henriksdals ARV. Bromma ARV läggs ned.

Denna utredning har utförts av externa konsulter och i samråd med Stockholm Vattens organisation och delprojektledare. En arbetsgrupp med deltagande från driftorganisationen, utredare samt geoteknik har också deltagit kontinuerligt i utredningsarbetet och projektmöten.

1.1 VA-teknik

Dimensionerande spillvattenflöde till/från Bromma ARV bedöms till 5,2 m³/s. Prognosperioden sträcker sig fram till år 2040. Antalet anslutna personer till Bromma ARV var 316 200 år 2011. Antalet anslutna personer bedöms öka med 103 800 t o m 2040 till 420 000, dvs. ca 40 % ökning.

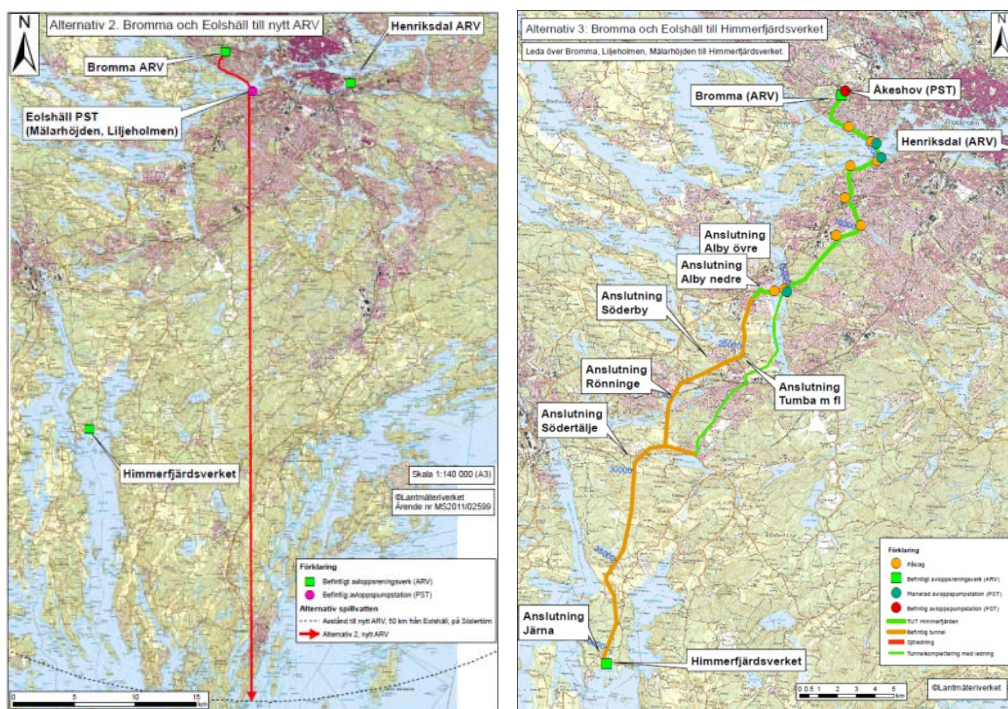
I Eolshäll sker ett flödestillskott från totalt 120 000 personer år 2040 enligt SVAB. Dimensionerande flöde från Eolshäll bedöms vara 1,0 m³/s under maxdygnet 2040.

Dimensionerande flöde från Bromma och Eolshäll blir då 6,2 m³/s.

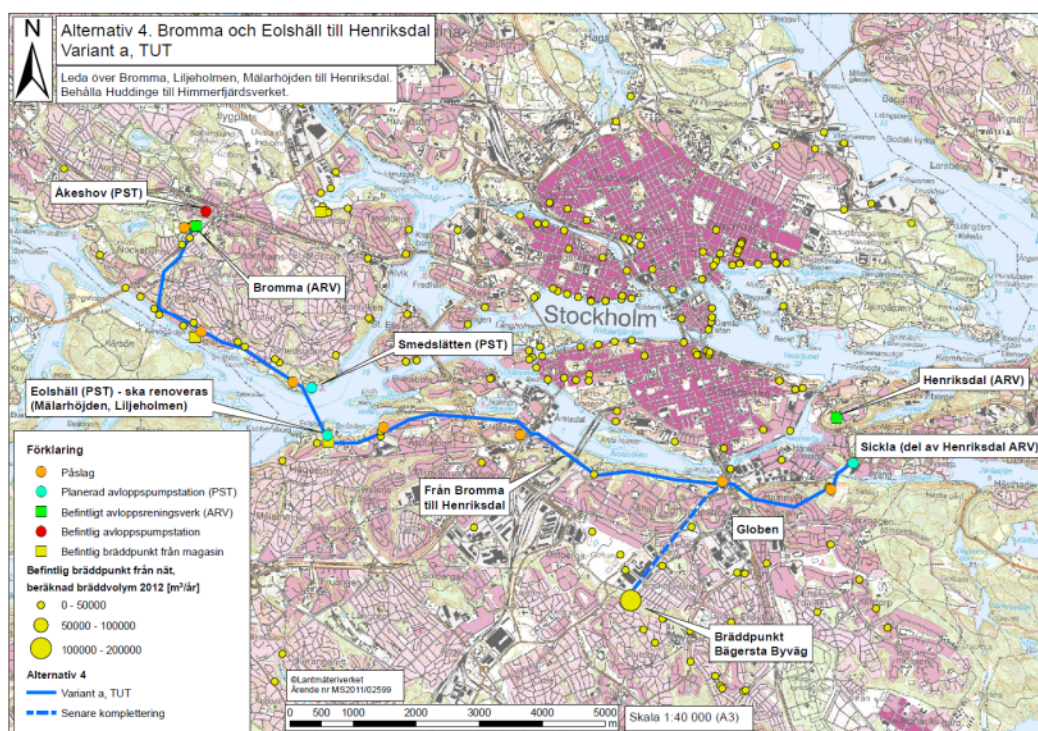
Flödena är av sådan storleksordning att det endast bedöms vara aktuellt med tunnellsnörar för att lösa transportbehoven i alternativ 2-4. För alternativ 1 Bromma ARV bibehålls finns inget transportbehov av spillvatten.

Lämplig tunnellsnör bedöms vara sprängd bergtunnel. Minsta lutning för bergtunnel har antagits till 1 promille, dvs 1 m per kilometer bergtunnel. En sprängd bergtunnel har bedömts utifrån produktionstekniska skäl medföra en tvärsnittsarea på ca 20 m². Detta innebär att hydrauliskt är kapaciteten kraftigt överstigande dimensionerande flödesmängder.

I nedanstående figurer och i tabell 1.1.1 framgår en översiktlig sträckningsbeskrivning som bedömts vara intressantast efter utfört arbete i utredningen.



Figur 1.1.1 Alternativ 2, Bromma ARV till nytt ARV, visas t.v. Alternativ 3, Bromma ARV till Himmerfjärdsverket.



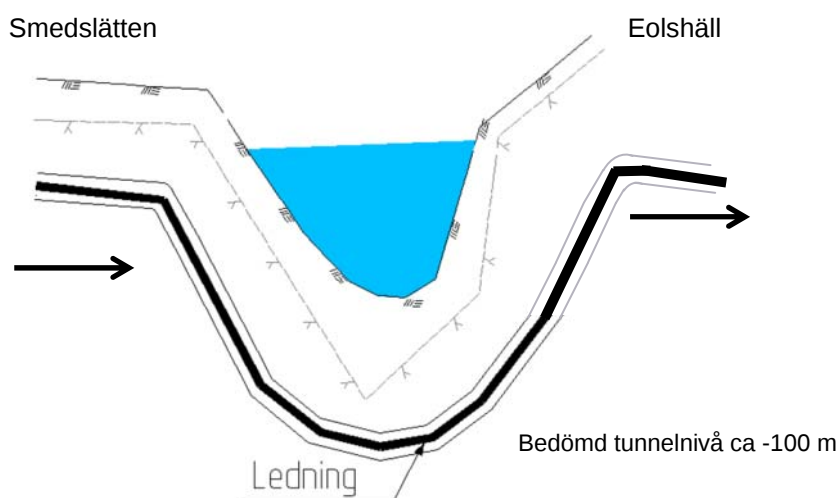
Figur 1.1.2 Alternativ 4. Bromma ARV till Henriksdal ARV

Tabell 1.1.1 Föreslagna transportsystem för spillvattnet redovisas nedan i flödesriktningen

Alternativ 1	Inga nya ledningar eller tunnlar är föreslagna.
Alternativ 2	- Anslutning i Bromma (Åkeshov) till den befintliga Järvatunneln. Den befintliga pumpstationen avvecklas. - Tunnel mellan Bromma och Smedslätten - Pumpstation vid Smedslätten före Mälarpassagen - Tunnel med tre monterade ledningar, diameter 1 400 mm under Mälaren mellan Smedslätten och befintlig pumpstation i Eolshäll. En ledning utgör reserv. - Modifiering av befintlig pumpstation - Ombyggnad av klack m.m. i befintlig spillvattentunnel vid Sätra. - Tunnel mellan pumpstation i Eolshäll och nytt avloppsverk - Pumpstation vid det nya verket.
Alternativ 3	- Anslutning i Bromma (Åkeshov) till den befintliga Järvatunneln. Den befintliga pumpstationen avvecklas. - Tunnel mellan Bromma och Smedslätten - Pumpstation vid Smedslätten före Mälarpassagen - Tunnel med tre monterade ledningar, dia 1 400 mm, under Mälaren mellan Smedslätten och befintlig pumpstation i Eolshäll. En ledning utgör reserv. - Modifiering av befintlig pumpstation i Eolshäll - Tunnel mellan pumpstation i Eolshäll och Albysjön - Undervattensbro vid korsande av Albysjön - Tunnel mellan Albysjön och den befintliga huvudtunneln till Himmerfjärdsverket - Pumpstation vid Albysjöns västra strand - Ledning, diameter 1 400 mm, mellan denna pumpstation och befintlig tunnel i Vårsta - Modifierad befintlig pumpstation före Himmerfjärdsverket
Alternativ 4	- Anslutning i Bromma (Åkeshov) till den befintliga Järvatunneln. Den befintliga pumpstationen avvecklas. - Tunnel mellan Bromma och Smedslätten - Pumpstation vid Smedslätten före Mälarpassagen - Tunnel med tre monterade ledningar, diameter 1 400 mm under Mälaren mellan Smedslätten och befintlig pumpstation i Eolshäll. En ledning utgör reserv. - Modifiering av befintlig pumpstation - Ombyggnad av klack mm i befintlig spillvattentunnel vid Sätra - Tunnel mellan pumpstation i Eolshäll och Sickla. - Pumpstation vid Sickla

Pumpstationerna i Åkeslund, Bromma-Mälarmagasinet samt i Järvatunneln kan avvecklas i alternativ 2, 3 och 4. I alternativ 4 kan även pumpstationen i Örnsberg avvecklas och sannolikt ytterligare stationer efter en närmare studie.

I samtliga alternativ utom alternativ 1 passeras Mälaren. Passagen sker lämpligast ur VA-teknisk synvinkel i närheten av Eolshäll. Utifrån de seismiska undersökningarna skall en mycket djupgående svacka/brant passeras, vilket medför speciella problemställningar. Den tekniska lösningen påverkar därmed kraftigt investerings- samt drift- och underhållskostnader. Särskild vikt har därför lagts på utformningen av passagen. Av figur 1.1.3 framgår vald principiell utformning av passagen. Mälarpassagen rekommenderas att man utför som en torr sprängd tunnel med tre monterade spillvattenledningar, diameter 1,4 m. Strax uppströms på Brommasidan, vid Smedslätten, anläggs en pumpstation för att erhålla självrensning i ledningarna i passagen av Mälaren.



Figur 1.1.3 Principiell skiss för passagen under Mälaren för Alternativ 2, 3 och 4.

1.2 Berg och tunneldrivning

I alternativ 2-4 kommer spillvattnet delvis ledas i nya bergtunnlar. Tunnlarna kommer att drivas med konventionell teknik, borrar och sprängning. Tunnlarna kommer att drivas i mestadels bra berg men kommer att passera några svaghetszoner. Den i utredningen största zonen skall passeras av alternativ 2-4 under Mälaren. Tunnelarean för huvudtunneln på 20 m² är produktionstekniskt anpassad och kommer inte vara begränsande för kommande framtida flöden. Tunnelarean är förhållandevis liten vilket oftast minimerar bergmekaniska problem och att bergförstärkningen blir begränsad. Naturligtvis kan det finnas zoner där även stödjande betongkonstruktion, exempelvis lining måste installeras men dessa är sannolikt starkt begränsade. Lining kan dock komma att krävas utifrån hydrogeologiska orsaker för att minimera det inläckande vattnet, antingen för funktionen eller för ett ställt krav.

Den snäva byggtiden gör att tunnelentreprenaden måste forceras varför ett stort antal arbetstunnlar och tunnelfronter måste påbörjas gemensamt. För alternativ 2 bedöms detta orimligt med 21 påslagslägen och ett 40-tal fronter. För alternativ 3 och 4 är behovet av tunnelpåslag fortsatt mycket stort men bedöms kunna genomföras. Detta påverkar kostnaderna och ökar riskerna i projektet.

För varje 1 000 m skall det även finnas möjlighet för utrymning, antingen via en arbetstunnel eller via vertikalschakt.

Tunnlarna kommer att ligga med varierande djup och för att om möjligt förenkla projektet har valts att lägga dessa tunnlar mestadels under tidigare tunnlar, s.k. TUT (tunnel under tunnel). Tunneln kommer att ligga som djupast vid Mälarpassagen på nivå ca -100 m.

1.3 Hydrogeologi och tillstånd för bortledning av grundvatten

Vid injektering av bergtunnlar i Stockholmsområdet är det rimligt att räkna med att uppnå en hydraulisk konduktivitet, bergets genomsläpplighet, för tätskärmen om ca 10^{-8} m/s utan större insatser. Denna ambitionsnivå avseende tätning av tunneln resulterar i ett teoretiskt beräknat inläckage om ca 10 l/100 m × min för planerat tunneldjup. För vissa sättningskänsliga delsträckor med förekommande skyddsobjekt behöver man dock räkna med strängare tätningskrav. Om extra injekteringsinsatser sätts in kan man nå ca 5×10^{-9} m/s vilket skulle resultera i ett inläckage om ca 3-5 l/100 m × min. Kostnaden för cementinjekteringen, per löpmeter, förväntas då fördubblas. Om det finns områden med extrema täthetskrav eller där funktionen kräver mindre inläckage kan s.k. betonglining bli aktuellt. För den planerade tunneln kommer det inläckande grundvattnet pumpas tillsammans med avloppsvattnet till avloppsreningsverket varför flödets storlek bör sättas i relation till dessa kostnader för behandling och energibehov. Ett inläckage om 10 l/min × 100 m och en tunnelsträckning om ca 15-20 km (alternativ 3 och 4) resulterar i ett tillskott om ca 25-33 l/s grundvatten till flödet, ca 1 % av det totala medelflödet, år 2040, 2,5 m³/s. Alternativ 2, en betydligt längre tunnel (50 km), resulterar i ett tillskott om ca 83 l/s eller 3 % av det totala flödet.

1.4 Tillståndsprocess

Utifrån resonemanget ovan och texten i rapporten bedöms kostnaderna för pumpning och rening av inläckande grundvatten inte vara styrande för vilka krav som skall ställas på inläckaget av grundvatten till tunneln. Styrande för inläckagekraven, för samtliga alternativ, blir de miljökrav som beslutas vid tillståndsansökan för bortledning av grundvatten i enlighet med miljöbalkens 11:e kapitel om vattenverksamhet.

Det är rimligt att anta att tillstånd om bortledning av grundvatten för tunnelanläggningen kan erhållas först efter ca 1,5 – 2 år efter det att inriktningsbeslut tagits. Tillståndsprocessen inkluderar bl.a. samråd med myndigheter och tredje man, framtagande av miljökonsekvensbeskrivning, tekniska beskrivningar och övriga ansökningshandlingar liksom det formella ansökningsförfarande. Först när tillstånd har erhållits kan entreprenaden påbörjas.

Eventuellt arbete i vatten är även det tillståndspliktigt enligt miljöbalkens 11:e kapitel om vattenverksamhet. Vidare är avbördning av avloppsvatten under byggtiden anmälningspliktigt och kontrollprogram för rening och avbördningen av renat vatten utformas i samråd med tillsynsmyndigheten varvid krav på kvalitet i det vatten som avbördas från bergtunnlar och ytschakter ställs upp.

1.5 Miljöpåverkan

Ett antal miljöpåverkande aspekter för de olika tunnelalternativen har identifierats och presenteras i en översiktlig genomgång av möjliga konfliktpunkter. Utifrån de givna förutsättningarna har på så vis ett grundmaterial tagits fram, som sätter fingret både på de generella hänsyn som skall tas längs sträckningarna och på de parametrar som måste klargöras i ett nästa skede för att erbjuda en rättvisande bild av projektets förväntade

miljökonsekvenser. När väl förutsättningar som påverkansområden för grundvattensänkning eller lägen för och utbredning av eventuella ytliga ingrepp har klart definierats, kan alltså beskrivningen av den inverkan som ett genomförande av tunneln har på de identifierade miljöaspekterna i sin tur förfinas.

Gällande *natur-* och *kulturmiljövärden* har de skydds- och intresseområden av olika slag som ligger i eller i anslutning till respektive sträckning klargjorts, och hänsyn till dessa kan därmed tas både i beslutsprocessen och i inriktningarna på den slutgiltiga utformningen. Generellt kan konstateras att särskilda natur- och kulturvärden förekommer längs samtliga sträckningar och i det område på Brommasidan där sträckningen för alternativen 2, 3 och 4 är gemensam. Längs de södra delarna av alternativet 3 finns exempel på nyckelbiotoper, naturskyddsområden, kulturvärden och fornlämningar som är värda att beakta vid ovanmarksarbeten och i samband med grundvattensänkning. Naturskyddet längs det väst- östliga sträckningsalternativet 4 är än så länge relativt litet i omfattning (även om ett naturskydd kring Årstaviken diskuteras) och kulturmiljövärdena är särskilt begränsade till områden med spridda fornminnen och ett antal byggnadsminnen. För det södergående alternativet 2 är premisserna oklara, men både natur- och kulturhänsyn av större och mindre utbredning förekommer.

Även förekomsten av *riskobjekt för grundvattenavsänkningar* – särskilt byggnader och energibrunnar – översiktligt identifierats längs sträckningarna. Endast ett urval av fastigheterna längs sträckningarna har i detta läge inventerats och för många av dessa är grundläggningssätten dessutom inte klargjorda. Det kan ändå konstateras att den största andelen objekt inom Stockholms kommun som identifierats som känsliga verkar finnas på den för alternativen gemensamma Brommasträckningen, där också energibrunnar är särskilt vanligt förekommande. Längs Aspudden-Liljeholmen-Årsta-sträckningen av alternativ 4 finns ett fåtal känsliga fastigheter och brunnarna ligger relativt glest. På de södergående sträckningarna är förutsättningarna för sättningskänsliga byggnader mer oklara.

Grundläggande resonemang har också förts kring miljöaspekterna *ytvatten*, *buller*, *stomljud* och *luftkvalitet*. Analysen är i dessa avseenden förhållandevis generell på grund av att förutsättningarna ytterligare måste klargöras. Allmänt gäller dock att ett utbrett vattenskydd förekommer längs samtliga alternativsträckningar. Bergtäckningarna utifrån ett stomljudsperspektiv är förhållandevis stora och därmed dämpande samt att luftkvaliteten och det luftburna bullret särskilt vid tunnelpåslagen kommer vara avhängiga främst transporterna.

1.6 Risker

Totalt har nästan 70 oönskade händelser identifierat för samtliga alternativ. De oönskade händelserna har koppling till projektering och utförandetiden. Det har inte beaktats oönskade händelser under driftskedet i denna utredning.

Resultatet visar på en spridning av riskerna på samtliga alternativ 1-4. Risknivåerna är främst knutna till lokalisering, beslutsprocess och den hårt pressade tidplanen vilket återspeglas i en överrepresentation bland röda och gula risknivåer dvs "mycket kritisk eller stor risk" för värderingskriterierna tid och kostnad. För övriga risker bedöms kommande riskreducerande åtgärder kunna sänka risknivån till en acceptabel nivå.

I denna översiktliga riskvärdering har inte riskreducerande åtgärder arbetats in då detta inte kan jämföras för de olika alternativen. Detta kommer först göras under kommande projektering och utförande för det aktuella alternativet.

Dokumentet för riskhantering är ett levande dokument som skall följa projektet genom hela processen till en färdigställd och godkänd produkt.

1.7 Investeringskostnad och tidplan

Investeringskostnad för ledningssystem har bedömts översiktligt för de fyra alternativen. Av nedanstående tabell 1.7.1 framgår resultatet av bedömningen.

Tabell 1.7.1. Bedömda anläggningskostnader.

	Alternativ 1 Bromma bibehålls	Alternativ 2 Bromma till nytt ARV	Alternativ 3 Bromma till Himmerfjärdsverket	Alternativ 4 Bromma till Henriksdal ARV
Investeringskostnad	-	5 334 Mkr	1 855 Mkr	1 445 Mkr

Som framgår är av självklara skäl alternativ 1 (Bromma ARV bibehålls) bäst ur anläggningskostnadssynvinkel. Klart dyrast är alternativ 2 dvs. en tunnel från Bromma ARV till ett nytt ARV, någonstans 50 km söder om Eolshäll.

Alternativ 4 Bromma till Henriksdal bedöms vara i storleksordningen 410 Mkr billigare i investering än alternativ 3 Bromma ARV till Himmerfjärdsverket.

Drift- och underhållskostnader är en viktig del i diskussionen kring en eventuell LCC studie, något som dock inte utförts i denna utredning. Nedan i tabell 1.7.2 redovisas bedömda DoU-kostnader per år.

Tabell 1.7.2. Bedömda DoU-kostnader.

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
DoU-kostnad	-	21 915 125 kr/år	22 108 875 kr/år	13 484 125 kr/år

Möjligheter till genomförande har utretts genom att upprätta översiktliga tidplaner för de olika alternativen. Av tabell 1.7.3 framgår vid vilken tidpunkt som omkoppling av Bromma ARV bedöms kunna ske ur ledningsnätssynvinkel.

Tabell 1.7.3. Bedömda tidpunkter för omkoppling av Bromma ARV.

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
Bedömd tidpunkt för omkoppling av Bromma ARV	Ingen omkoppling sker.	2023-06-01	2019-01-01	2018-10-01

Som framgår tar det klart längst tid att genomföra alternativ 2. Detta trots att troligen orimligt antal maskinparker för tunneldrivning antagits.

Ur genomförandesynvinkel är alternativ 3 och 4 i stort sett jämbördiga vad gäller tidpunkt för när Bromma ARV bedöms kunna kopplas om till respektive annat reningsverk.

1.8 Värdering och rekommendation av alternativ ur ett ledningsnätsperspektiv

Utifrån denna delrapport och under förutsättning att Bromma ARV skall avvecklas anser vi att alternativ 4 är det mest fördelaktiga, se figur 1.1.4. Alternativ 1 är annars det mest fördelaktiga då inga ledningsarbeten utförs i detta alternativ.

2 Bakgrund och syfte

2.1 Bakgrund

Stockholm växer med ca 1,5 % per år, motsvarande 15 000-20 000 personer per år, och är därmed en av Europas snabbast växande städer. Sveriges åtagande enligt Baltic Sea Action Plan, BSAP och EUs vattendirektiv kommer att resultera i skärpta reningskrav, främst med avseende på kväve och fosfor för reningsverken. En förutsättning för stadens tillväxt är en fungerande avloppsrening som kan möta framtidens krav. För Stockholm Vattens avloppsrening utgör stadens tillväxt och de skärpta kraven en stor utmaning som kommer medföra stora investeringar i såväl reningsverken i Bromma och Henriksdal som i det delägda reningsverket Himmerfjärdsverket.

Bromma reningsverk renar avloppsvatten från de västra delarna av Stockholm, Sundbyberg och delar av Järfälla och Ekerö. Bromma reningsverk består av två delar, Åkeshov och Nockeby.

Idag är 330 000 personer anslutna till Bromma reningsverk och anslutningen ökar med ca 1,5 % per år. I upptagningsområdet planeras en förtätning av Västerort "Promenadstaden" med en befolkningsökning på över 50 000 personer. Även anslutna kommuner planerar för en kraftig befolkningsökning. I direkt anslutning till verket planeras för en omdaning av Brommaplan. Tillsammans med Exploateringskontoret och Stadsbyggnadskontoret har Stockholm Vatten utrett hur nära reningsverket nya bostäder kan byggas. Normalt för reningsverk används avståndet 200 m som skyddsavstånd till bostadsbebyggelse. Genom att bygga in eller flytta luktalstrande verksamhet in i berggrum kan skyddsavståndet eventuellt minskas till 100 meter från fastighetsgräns. Länsstyrelsen har inte givit sitt godkännande till denna minskning av skyddsavståndet.

Med anledning av detta har Stockholm Vatten tagit fram fyra alternativa lösningar där befintliga reningsverk (Bromma, Henriksdal samt Himmerfjärdsverket) är involverade. I ett av alternativen föreslås ett nytt reningsverk. För dessa alternativ har vi haft uppdraget att utreda möjliga sträckningar och utformningar av ledningsnät/tunnlar.

För vårt utredningsarbete har vi arbetat med förutsättningen att ny lösning för Bromma reningsverk skall vara driftsatt december 2018.

Utredningsarbetet av delen Ledningsnät påbörjades i slutet av april 2013 med slutdatum för leverans av delrapport den 16 augusti 2013.

2.2 Syften

Målet med utredningen är att ta fram och jämföra olika alternativ för Västerorts framtida avloppsvattenhantering. Målet är att ha en avloppsvattenhantering som skall klara nya reningskrav med god marginal och även blicka framåt mot ytterligare en skärpning av kraven samt möjliggöra åtkomst av mark vid Bromma reningsverk.

I delen Ledningsnät, som denna delrapport avser, har alternativ för tunnelsträckningar studerats för 3 alternativ. Målet med utredningen är att klarlägga den tekniska genomförbarheten, tidplan, investeringskostnader, drift- och underhållskostnader samt risker.

Gällande miljökonsekvenser belyser vi föreslagna tunnelsträckningars och ledningssystemens påverkan med bland annat omgivningspåverkan, lukt, buller, grundvattenpåverkan etc. Detta sammanställs sedan i en gemensam del för Miljökonsekvenser, del 3 – Miljö och Tillstånd, där konsekvenser för både Reningsverk och Ledningsnät sammanfattas.

Utredningen skall utgöra underlag för ett kommande inriktningsbeslut. Delen Ledningsnät är en delrapport av underlaget. De övriga delarna är Reningsverk, sammanfattande Miljökonsekvenser samt Avtal.

2.3 Organisation för framtagning av utredning underlag inriktningsbeslut, Ledningsnät

Denna utredning har utförts av externa konsulter och i samråd med Stockholm Vattens organisation och delpjektledare. En arbetsgrupp med deltagande från driftorganisationen, utredare samt geoteknik har också deltagit kontinuerligt i utredningsarbetet och projektmöten.

De externa konsulterna är representerade av Sweco, Ramböll, WSP och Atkins. Nedan i tabell 2.3.1 redovisas de olika ansvarsområdena för respektive konsult samt teknikansvariga.

Tabell 2.3.1. Organisationen för upprättandet av underlaget till inriktningsbeslutet ledningsnät.

Företag	Roll	Namn
Stockholm Vatten	Delpjektledare Ledningsnät	Gunnar Possebo
Stockholm Vatten	Teknikansvarig Geoteknik	Göran Christensen
Stockholm Vatten	Utredning VA	Mathias von Scherling
Sweco		Lars-Ove Johansson
Sweco	VA specialist	Torbjörn Olsson
Ramböll	Teknikansvarig Berg	Jan Salomonson
Ramböll	Ansvarig Miljö/Tillstånd	Mattias von Brömssen
WSP	Geoteknik	Lars Henricsson
Atkins	Samordnande projektledare Ledningsnät	Anna-Karin Croner

3 Underlagsmaterial, utförda undersökningar och projektmetodik

3.1 Underlagsmaterial och inventering

- Projektdirektiv – Västerorts framtida avloppsrening (SVAB, Lars-Gunnar Reinius, 2013). Av den framgår bl.a. vilka alternativ som skall utredas.
- PM Rapporteringsträd (SVAB, Jonas Grundestam, 2013-03-08)
- Allt underlagsmaterial och arbete som tagits fram i samband med rapporten "Second opinion" på SVAB:s rapport "Henriksdals reningsverk – Utvecklingsalternativ år 2040" (Sweco, 2013-01-25).
- Information om SVAB:s befintliga spillvattentunnlars läge, kapacitet, status och flödesförhållanden från SVAB.
- Information om flöden, flödesvariation och framtida flödesbelastning för Bromma ARV och Eolshälls PST från SVAB.
- Information om SYVAB:s befintliga spillvattentunnlars läge, kapacitet, status och flödesförhållanden från SYVAB.
- Underlaget för denna rapport är främst hämtat från befintligt publikt kartmaterial som är sammanställt, såsom geologiska och byggnadsgeologiska kartblad över Stockholm, generalstabskartor m.m. Utöver detta har information om hemliga anläggningar inhämtats för att kontrollera eventuella konflikter.
- Endast sträckan utmed Alternativ 4 och dess varianter är bedömda av försvarsmakten och där finns inga konflikter med deras anläggningar.

3.2 Utförda undersökningar och arbetsmoment

I utredningen har översiktligt följande undersökningar och arbetsmoment genomförts

- Utförande, strukturering, begränsning och framdrift av projekt och projektomfattning.
- Tretton projektmöten med SVAB:s medarbetare och projektledning (Gunnar Possebo), för planering, samordning och beslutsfattande inom projektet, har hållits 2013-04-15, 2013-04-19, 2013-04-23, 2013-04-26, 2013-05-03, 2013-05-17, 2013-05-31, 2013-06-14, 2013-06-28, 2013-08-05, 2013-08-06 samt 2013-08-16
- Ett större projektmöte/workshop för riskidentifiering hölls hos SVAB 2013-05-22.
- Analys för, och formulering av, transportbehovet av spillvatten för de fyra olika huvudalternativen. Allmänna reflektioner kring transportbehovet.
- Skapande av sammanlagt sex sträckningsalternativ för de olika alternativen. Av dessa sex var fyra varianter av alternativ 4 Bromma ARV till Henriksdals ARV. Baseras på genomgång av kartunderlaget samt kunskap om övrig underlagsinformation och överväganden om hydrauliska funktionen för spillsystemen. Dokumentation av framtagna sträckningsalternativ i ArcGIS-format. Presentation av alternativen vid

projektmöten, revideringar och ny dokumentation av sträckningsalternativen.

- Bedömning av, och skapande av sträckning, vad gäller bräddflöden från Bägersta Byväg för alternativ 4 Bromma till Henriksdals ARV.
- Skapande av mark och tunnelprofiler för tre av alternativen (alternativ 2-4). Dokumentation av framtagna sträckningsalternativ i CAD-format. Dessa har sedan överförts till rapportformatet.
- Skapande av fem varianter av VA-teknisk utformning av Mälarpassagen samt bedömning av vilken variant som är lämpligast.
- Skapande av principiella tunneltvärssnitt för huvudtunnel och arbetstunnel.
- Bedömning av genomförandetidplaner för de fyra alternativen.
- Genomförande och dokumentation av anläggningskostnadsbedömning för de fyra alternativen.
- Genomförande av slutlig värdering, prioritering samt rekommendation av ett av de huvudalternativen.
- Dokumentation av projektet i konceptrapport.
- Revidering av konceptrapport samt dokumentation och distribution till slutrapport.
- Geofysiska undersökningar har utförts med avseende att detektera bergnivåerna för möjliga passager under Mälaren och utmed sjösidan vid Bromma.

3.3 Projektmetodik

Projektet har i stort följt nedanstående översiktliga metodik

1. Formulering och överenskommelse om projektet
2. Identifiering, infordran, kontroll och strukturerings av underlagsmaterial
3. Skapande och dokumentation av de fyra huvudalternativen inklusive investeringskostnadsbedömning och genomförandetidplan för de olika alternativen.
4. Bearbetning och diskussion med SVAB om de fyra alternativen.
5. Samordning miljökonsekvenser med SVAB/Tyréns (underlag till Delrapport 3 - Miljö och Tillstånd).
6. Slutlig värdering och prioritering av rekommenderat alternativ.
7. Dokumentation och redovisning av projektet.

4 Förutsättningar

4.1 Utredningsavgränsningar

I detta skede har ett slutgiltigt krav på inläckage inte studerats, varför en kontinuerlig förinjektering av alla tunnlar har antagits. Injekteringen finns med som kostnad och tid i kalkylen.

Information från reningsverken är att kostnaden för inläckande grundvatten endast kommer att vara en pumpkostnad och då är denna förhållandevis liten och därför inte dimensionerande för ett funktionsmässigt krav på inläckage. Styrande för inläckagekravet blir istället i kommande miljökrav vid tillståndsansökan för vattenverksamhet.

I denna utredning har bräddpunkter delvis beaktats men måste utredas vidare vid val av alternativ. Ny tunnel kommer att möjliggöra reduktion av antal bräddpunkter och bräddmängder. En ny tunnel kommer sannolikt även att möjliggöra avveckling av ytterligare befintliga pumpstationer som ej är omnämnda i denna delrapport.

Utsläpp från ledningsnät vid bräddning behandlas, i sin helhet, i delrapport 3 som upprättats av Tyréns.

4.2 Tekniska förutsättningar

Tekniska förutsättningar för denna utredning har antingen lämnats av projektledningen för Stockholm Vatten, av drift- och underhållspersonal eller antagits av utredningsgruppen. Dessa förutsättningar kan komma att förändras i ett senare skede av projektet.

För detta utredningsarbete har projektet arbetat med förutsättningen att en ny lösning för Bromma reningsverk skall vara driftsatt december 2018.

Minsta tunnellutning har ansatts till 1 promille. Dimensionerande flöde i tunnelns normalprofil har bestämts för respektive alternativ, se kapitel 5.7. Bergtunnelns dimensionerande livslängd har antagits till 100 år och kontinuerlig förinjektering har förutsatts.

För att klara tidplanen har projektet varit styrda till ca 1 300 m tunnelfront samt en tunneldrivning med konventionell teknik, dvs borrhning och sprängning. Detta har medfört behov av ett stort antal arbetstunnlar med tillhörande tunnelpåslag och maskinparker. För drift och underhåll av tunnlar har ett önskemål på maximalt avstånd mellan utrymningspunkter angivits till 1 000 m.

5 Beskrivning av alternativ 1-4

5.1 Allmänt om beskrivning av alternativ 1-4

Huvudsyftet med delrapporten är att bedöma de transportbehov för spillvattenflöde som uppstår för de olika alternativen. Spillvattenflödena är av sådan storlek att det är bergtunnlarna som förutsätts uppfylla transportbehoven. Vid särskilda förhållanden kan andra lösningar än tunnlar övervägas.

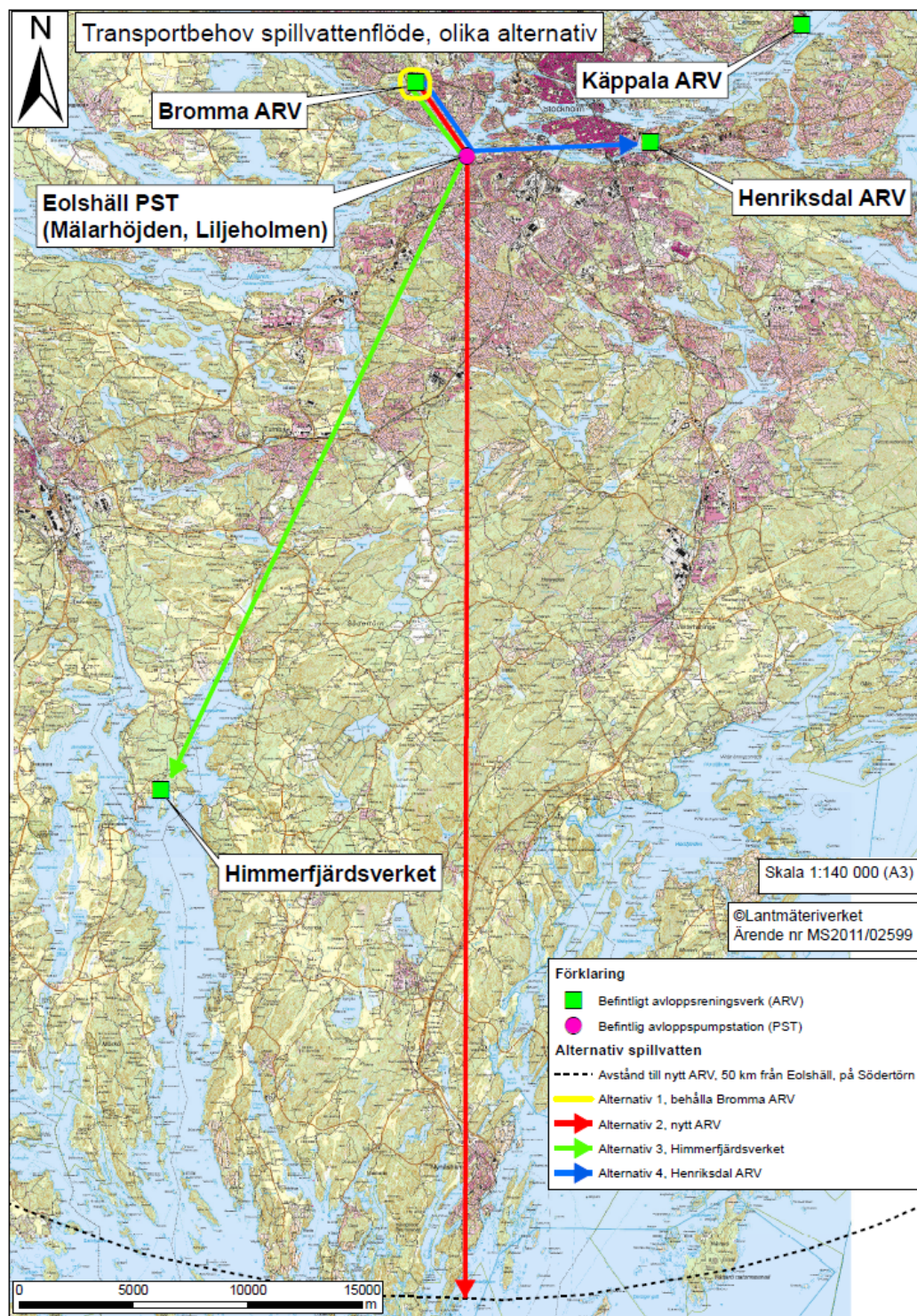
Styrande för bedömning av tunnlar är bl.a. vilken sträckning som bör eftersträvas. Mycket fokus i beskrivningsarbetet har därför lagts på att lokalisera lämpligaste sträckning av tunnlar för de olika alternativen.

I nedanstående tabell klargörs vilka transportbehov som bedöms uppstå för de olika alternativen.

Tabell 5.1.1. De fyra utredningsalternativen.

Alternativ	Funktionsnamn	Transportbehov
1	Bromma ARV bibehålls.	Inget transportbehov
2	Bromma/Eolshälls flöden överförs till nytt ARV på Södertörn (50 km söder om Eolshäll).	Flöden som idag ansluter till Bromma ARV och Eolshälls pumpstation skall transporteras till ett nytt ARV beläget 50 km söder om Eolshäll. Om möjligt/lämpligt skall ytterligare flöden t.ex. bräddpunkter anslutas.
3	Bromma/Eolshälls flöden överförs till Himmerfjärdsverket.	Flöden som idag ansluter till Bromma ARV och Eolshälls pumpstation skall transporteras till Himmerfjärdsverket. Om möjligt/lämpligt skall ytterligare flöden t.ex. bräddpunkter anslutas.
4	Bromma/Eolshälls flöden överförs till Henriksdals ARV	Flöden som idag ansluter till Bromma ARV och Eolshälls pumpstation skall transporteras till Henriksdals ARV. Om möjligt/lämpligt skall ytterligare flöden t.ex. bräddpunkter anslutas.

Av figur 5.1.1 nedan framgår översiktligt de olika transportbehoven av spillvatten i de olika alternativen.



Figur 5.1.1 Transportbehov spillvatten för de olika alternativen.

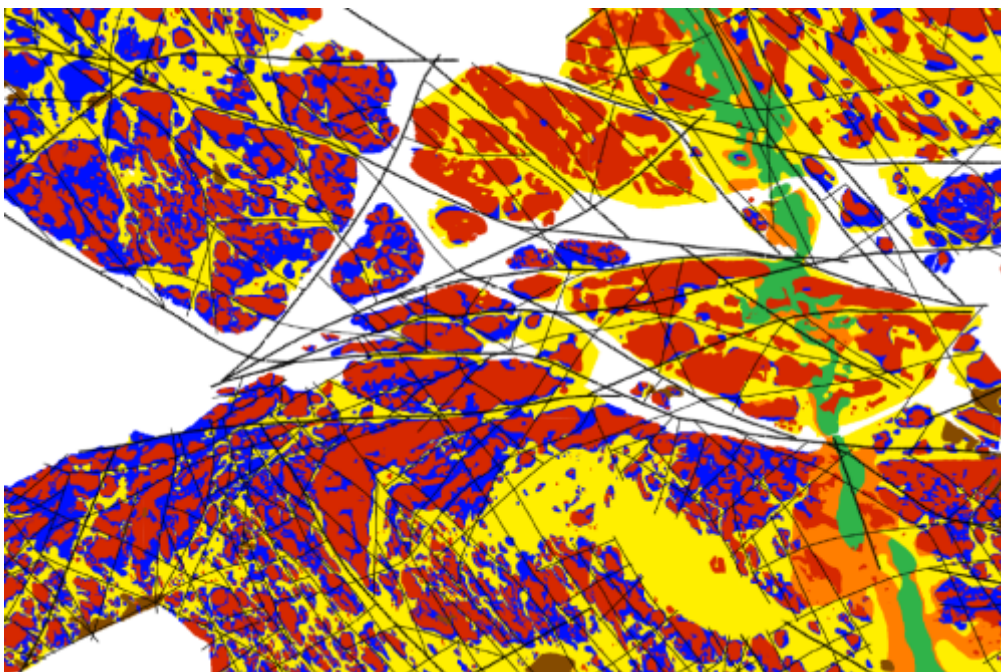
Följande allmänna reflektioner kan göras utifrån ovanstående:

- De olika alternativens transportbehov ger upphov till stora skillnader i längd på överföringssystem (tunnel). Längden påverkar kraftigt t.ex. byggkostnaden för tunneln. Längst sträcka för att lösa transportbehovet har alternativ 2 Bromma/Eolshäll till nytt ARV. Kortast sträcka har alternativ 1, behålla Bromma ARV.
- I alternativ 2-4 måste Mälaren passeras. Passagen kan ge upphov till svårigheter i genomförandet. Även driftsmässiga svårigheter kan uppstå om passagen ej utformas på ett optimalt sätt.
- Antal berörda kommuner är klart lägst i alternativ 1, behålla Bromma ARV och alternativ 4 Bromma/Eolshäll till Henriksdal. I dessa alternativ berörs endast Stockholms kommun. I alternativ 2 Bromma/Eolshäll till nytt ARV berörs sannolikt även t.ex. Huddinge, Botkyrka och Nynäshamns kommuner och möjligen även Haninge. I alternativ 3 Bromma/Eolshäll till Himmerfjärdsverket berörs sannolikt även t.ex. Huddinge och Botkyrka kommuner. Möjligen berörs även Nynäshamn.
- Käppala ARV är ett av Stockholmsområdets största avloppsreningsverk. Det är beläget på Lidingö. Som framgår av figur 5.1.1 ovan, är tex mellan Bromma ARV till ett eventuellt nytt avloppsreningsverk 50 km söder om Eolshäll (alternativ 2).

5.2 Geologisk områdesbeskrivning

Stockholmsområdet utgörs av ett sprickdalslandskap med stora hållområden. Större morfologiska linjer i terrängen, så kallade lineament, korsar hela området. Lineament är en bra indikator på att svaghetszoner finns i berggrunden och är generellt belägna i dalarna i terrängen, dvs borteroderad deformationszoner. De mest framträdande svaghetszonerna visar sig främst som lerfyllda dalar och långsträckta sjöar. Bergplintarna mellan svackorna är med stor sannolikt opåverkad av plastisk eller spröd deformation.

Stockholmstraktens berggrund är varierande och domineras av granatförande sedimentådergnejser (metasediment), granitoider och grönstenar. Svärmar av diabasgångar genomsätter även berggrunden. Berggrunden är storskaligt mjukt veckad och även lokalt förekommer veckstrukturer. Det finns tre regionala sprickset; NV, NO och V-O som även återfinns på lokalnivå. Jordlagerföljden består av morän (sk friktionsjord) avsatt direkt på berggrunden som överlagras av lera. Lokalt förekommer svallsediment och organiska jordarter överst. Stockholmsområdet korsas även av stora isälvsavlagringar, t.ex. Stockholmsåsen, som går i nord-sydlig riktning, se figur 5.2.1.



Figur 5.2.1 Byggnadsgeologisk karta över Stockholm som visar fördelningen av berg (röd), morän (blå), lera (gul) och isälvsmaterial (grön). Källa: Stockholms stad.

5.3 Hydrogeologisk områdesbeskrivning

Grundvattnet i Stockholmsregionen är starkt påverkat. Befintliga tunnlar och andra undermarksanläggningar har påverkat och fortsätter att påverka grundvattennivåer och strömningsriktningar. I tätbebyggda delar är grundvattenbildningen dessutom ofta starkt begränsad genom att stora ytor täcks av hårdgjorda ytor där nederbörden leds bort via dagvattensystem.

5.3.1 Grundvatten i jord

Stockholmsregionen utmärks av s.k. sprickdalslandskap med höjdryggar av berg med tunt eller inget jordtäck och ler- eller vattenfyllda dalgångar. Ovanpå leran förekommer i en del sprickdalar torv och andra organiska jordar. Lerorna underlagras av morän som ofta fortsätter en bit uppför hållslutningarna. Stockholmsområdet korsas även av stora isälvssavlagringar, t.ex. Stockholmsåsen, som går i nord-sydlig riktning. Isälvssavlagringar är generellt avsatta direkt på berggrunden.

Stockholmsåsen (Brunkebergsåsen) är Stockholm stads enda egentliga betydande grundvattentillgång. Grundvattnet i staden är främst en teknisk resurs som bl. a. vissa byggnaders och anläggningars grundläggning är beroende av. I de delar som kan komma att beröras av planerad tunnel är Stockholmsåsen ointressant som dricksvattenresurs.

Grundvattnets uppträdande styrs i hög grad av förekommande jordlager. I östra delen av området är sammansättningen av de lösa jordlagren i hög grad bestämd av Stockholmsåsen/Brunkebergsåsen som går genom Stockholms innerstad i ungefär nordsydlig riktning. Åsen består av grövre jordarter såsom sand och grus som generellt är avsatta direkt på berggrunden. Åsen som ytformation har till stor del blivit bortschaktad i samband med de omfattande ombyggnationer av innerstaden som genomfördes under 50- 60- och 70-tal. Vid sidan om åsen har bergets dalsänkor fyllts av mer finkorniga

jordar, såsom silt och lera. Områden med åsmaterial som inte är täckta av finkorniga jordarter eller hårdgjorda ytor kan vara viktiga infiltrationsområden.

Styrande för grundvattennivån i ett områdes grundvattenmagasin är jordarternas genomsläpplighet (hydrauliska konduktivitet) samt vattenbalansen, d.v.s. balansen mellan tillskott av grundvatten via nederbörd, tillförsel från omkringliggande områden, läckande ledningar och avgång av grundvatten till intilliggande magasin, dränerande undermarksanläggningar och berggrund.

Generellt är grovkorniga jordar mer vattenförande än finkorniga. Åsmaterial är ofta mycket vattenförande medan lera kan betraktas som tät. Med få undantag underlagras lera av morän eller (i närheten av åsen) åsmaterial. Ovanpå lera, eller på tät morän, förekommer ibland ett övre grundvattenmagasin i jord. Grundvatten i övre magasin är ofta uppdelat i mindre magasin och grundvattennivåerna kan variera kraftigt på korta avstånd på grund av inverkan från täta grundmurar och ledningar/ledningsgravar med grovt material.

Grundvatten som förekommer i jordlagren ovan berg utgör ofta ett undre magasin. Undre magasin har ofta kontakt med grundvatten i bergsprickor varför grundvattennivåer i jord kan påverkas även av undermarksanläggningar förlagda i berg.

5.3.2 Grundvatten i berg

Grundvatten i kristallint berg förekommer, nästan uteslutande, i sprickor/sprickzoner. Byggnadsgeologiska kartan liksom kartmaterial från SGU visar översiktlig information om större sprickzoner. Vissa av dessa zoner är läkta med silika och/eller kalcit och består i dag av fast berg.

Större morfologiska linjer i terrängen, så kallade lineament, korsar hela Stockholmsområdet (SGU, 2002). Lineament är en bra indikator på att svaghetszoner finns i berggrunden och påträffas framför allt i svackor i terrängen. Bergplintarna mellan svackorna har med stor sannolikhet relativt sett få sprickor och är därmed i mycket liten utsträckning vattenförande.

Grundvattnet i berg saknar betydelse som dricksvattenresurs annat än för enskilda brunnar/intressenter. Dess betydelse som teknisk resurs är också (i relation till grundvattnet i jord) begränsad. Direkt betydelse har det främst för energibrunnar (s.k. bergvärme) och i viss mån för enskilda brunnar. Indirekt kan påverkan på grundvattennivåer i jord ske, varför även helt bergförlagda anläggningar potentiellt kan ge upphov till stora skador om de utförs på ett olämpligt sätt.

Den hydrauliska konduktiviteten (K [m/s]) i en kristallin berggrund varierar flera tiopotenser, särskilt om större sprickzoner beaktas, men varierar vanligtvis mellan ca 10^{-9} – 10^{-6} m/s. För Stockholmsregionen sedimentgnejs uppges den regionala hydrauliska konduktiviteten vara ca 10^{-6} m/s medan gnejsgraniten är tätare med en hydraulisk konduktivitet om ca 10^{-7} m/s (SGU 1984).

5.4 Geologisk och hydrogeologisk beskrivning av alternativ 1-4

5.4.1 Allmänt

Detaljerade förutsägelser av vilken påverkan en viss sträckning kommer att få på grundvattenförhållandena låter sig inte göras utan detaljerade undersökningar av varje enskild delsträcka. Detta på grund av stadsmiljön, med den långa historiken av mänsklig påverkan med utfyllningar, tidigare avsänkningar av grundvattennivå och andra befintliga

dränerande undermarksanläggningar. En översiktlig bedömning av hur olika alternativa sträckningar förhåller sig till varandra vad gäller grundvattenrelaterade miljökonsekvenser kan dock göras utifrån befintligt kartmaterial och tidigare utförda undersökningar. För passagen under Mälaren har det under juni 2013 utförts geofysiska undersökningar för att bestämma bergnivåer, se vidare kap 5.4.4.

5.4.2 Bromma ARV (Alternativ 1)

Berggrunden i området vid befintligt reningsverk är delvis i dagen och består av granit till granodiorit som är normalt uppsprucken. Enligt byggnadsgeologiska kartan går det en svaghetszon tvärs över område som stryker i V-O riktning. I områdets västra del finns riksintressanta De Geer moräner. De är en typ av morän som är nära besläktad med randmoränen och är av mycket högt geologiskt värde. Moränryggarna är ofta ett antal hundra meter långa och cirka 5 m höga och ofta blockiga i ytan. De har pedagogiska värden för naturundervisning och utnyttjas som exkursionslokal. Väster om Brommaverket ligger Judarskogen som i dag är ett kommunalt naturreservat.

Ingen åsformation eller större grundvattenmagasin är identifierade i området. Brommaverket är lokaliserat vid en lersvacka med jorddjup om ett tiotal meter som omgärdas av morän och berg som går i dagen. I svackan förekommer organiska jordarter, gyttja, enligt byggnadsgeologiska och SGU:s jordartskarta. Lerområden i NO, mot Åkeshov, i anslutning till Brommaverket, kan vara sättningskänsliga vid avsänkning av grundvattennivåer. Området är sedan tidigare dock kraftigt påverkat av sättningar.

5.4.3 Bromma – Eolshäll (Alternativ 2, 3, 4)

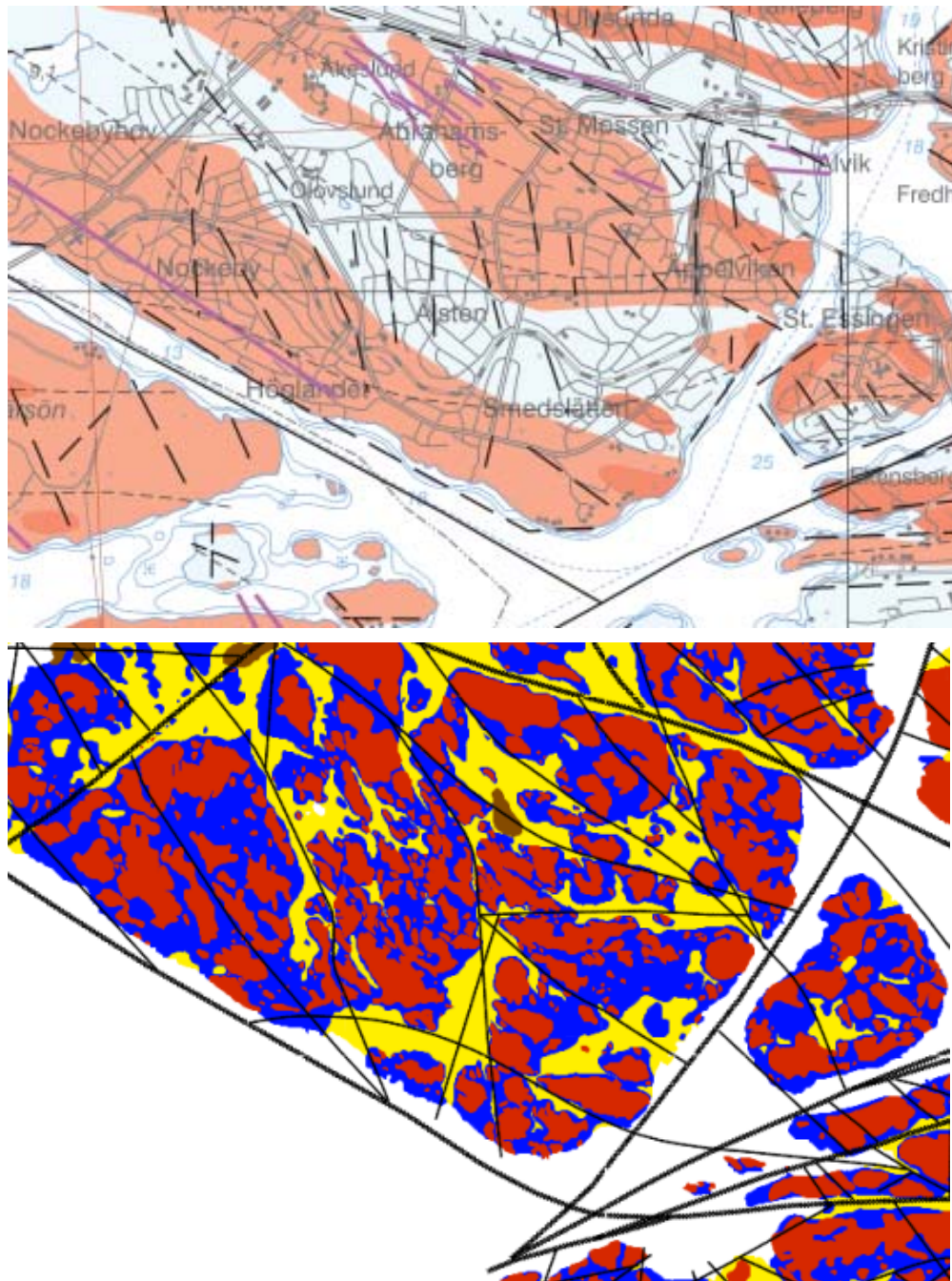
Brommaområdet består till ytan av stora hällområden och därefter av morän- och lerområden. Jorddjupen i lersvackorna har utifrån SGUs jorddjupskarta uppskattats till 5-10 m. De mäktigaste jordlagren är upp till 10-20 m.

Brommaområdet, Stora Essingen, Ekensberg och Aspudden har en berggrund bestående av gnejsig granit till granodiorit varvad med metasediment. Även yngre graniter förekommer sporadiskt såsom Stockholmsgranit, apliter och pegmatiter. En diabassvärm är belägen parallellt med Drottningholmsvägen och en lång solitär diabas stryker parallellt med Nockeby strand (ca 200 m in från strandkanten). Huvudriktningen på diabasgångarna är NV- VNV, se figur 5.4.1.

En ospecificerad deformationszon stryker längs Nockeby strand parallellt med den specificerad deformationszon (spröd) som är belägen i sundet mellan Nockeby och Kårsön.

Likaså vid Mörtviken och Vinterviken förekommer det en ospecificerad deformationszon med höga bergplintar emellan. Jordlagrens mäktighet kan här gå upp till max 5-10 m enligt SGUs jorddjupskarta.

Ingen åsformation eller större grundvattenmagasin är identifierade i området och jorddjupet är relativt grunt längs med största delen av sträckan. Vid Smedslätten (Per Albins väg/Alviksvägen) finns mindre lerområden, som beroende på tunnelns dragning, kan behöva beaktas utifrån dess sättningskänslighet. Deformationszonen som stryker längs med Nockeby strand och dess hydrauliska egenskaper liksom dess eventuella kontakt med Mälaren behöver beaktas vid fastställande av tunnelns slutliga läge då en god hydraulisk kontakt mellan zonen, Mälaren och tunneln kan föreligga.



Figur 5.4.1 Berggrundsgeologisk och byggnadsgeologisk karta över Bromma. Den övre kartan visar bland annat plastisk deformation (små streckad), ospecificerad deformationszon (streckad) och spröd deformationszon (heldragen). Den nedre visar fördelningen av berg (röd), morän (blå), lera (gul) och isälvsmaterial (grön). Källa: SGUs kartgenerator och Stockholms stad.

5.4.4 Passage Mälaren (Alternativ 2, 3, 4)

En eller flera deformationszoner av okänd karaktär går i Mälaren vid aktuellt område. Det kan få stor påverkan på val av teknisk lösning och framdrift av en tunnelanläggning. Geofysiska studier i första hand och geologiska studier (kärnbörning) i andra ger mer information om antalet deformationszoner, deras karaktär, dess bredd, lutning, och zonernas korspunkter. Geotekniska undersökningar med jord-bergsondering och jordprovtagning ger information om bergnivåer och jordens sammansättning, hållfasthet. Undersökningarna korresponderar varandra.

Undersökningarna som utförts för vägprojektet Förbifarten under 2010 och 2011 ger värdefull information om karaktären av Mälarens deformationszoner i intilliggande område. Tolkningar utifrån dessa seismiska undersökningar visar att alla tre undersökta zoner är vertikala och att zonerna inte ligger direkt under det största vattendjupet dvs inte i mitten av sedimentdepressionen. Utifrån kärnbörborringar har det inte påträffats svällande lera i någon av zonerna. Dock förekommer det lerslag med en tjocklek på mindre än en cm. Relikt saltvatten påträffades i kärnbörhålen under Mälaren.

Zonen vid passagen Sätra – Kungshatt är inte distinkt men vertikal och dess bredd har uppskattats till mindre än 10 m. Zonen är läkt, dvs hydrotermalt omvandlad. Breccian är läkt med kisel och kalcit. Ingen kommunikation med sjövattnet i Mälaren noterades när vattenförlust mätningar utfördes i kärnbörhålen. Zonen vid passagen Kungshatt – Lovön är lite sämre än zonen vid Sätra – Kungshatt, enligt Trafikverkets undersökningsresultat.

Under juni 2013 utfördes geofysiska mätningar för den aktuella passagen mellan Smedslätten och Eolshäll. Dessa beskrivs mer ingående i kommande underkapitel.

Vattendjupen på båda sidorna om Stora Essingen är ca 20 m medan vid passagen Smedslätten – Eolshäll är vattendjupen delvis upp till ca 35 m. Sjöbotten består överst av löst lagrade sediment med organiskt innehåll. Därefter följer fast lera och längst ner morän. De mäktigaste sedimenten har i de geofysiska undersökningarna bedömts upp till ca 50 m.

Berggrunden vid passagerna bedöms utgöras av likadana bergarter som på land, dvs gnejsig granit till granodiorit varvad med metasediment. Även yngre graniter kan förekomma sporadiskt. Ingen diabassvärm eller jotnisk sandsten är att förvänta men det går inte att utesluta.

Enligt kartmaterial möts två till fyra stycken spröda deformationszoner (förkastning, sprickzon eller spricka) ute i sundet mellan Smedslätten – Eolshäll. De stryker i NV- respektive NO-riktning. Exakt karaktär, läge och antal zoner är mycket osäkert. En uppskattning kan dock göras utifrån de erfarenheterna från undersökningarna i de tre Mälarpassagerna, för vägprojektet Förbifart Stockholm, att zonen är läkt, vertikal samt ca 10 m bred. Likaså är exakt läge och antal zoner genom sunden på båda sidorna om Stora Essingen mycket osäkert. De stryker i NNO- respektive NO-riktning.

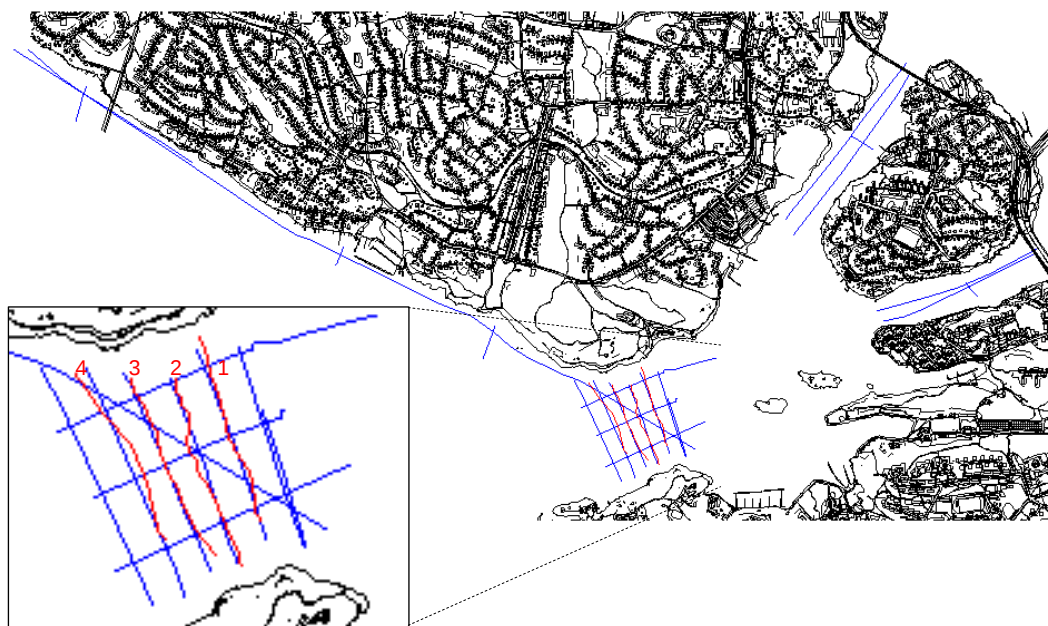
Som nämnts ovan behöver deformationszoner passeras under Mälaren. Styrande för vilka inläckage som fås i tunneln vid passagen under Mälaren kommer att vara den hydrauliska kontakten mellan berget i planerat tunnelläge och den fria vattenmassan i Mälaren, eller med genomsläppliga jordlager som har kontakt med densamma. Eftersom vattentillgången i Mälaren i sammanhanget är obegränsad skulle god kontakt lokalt kunna ge mycket stora inläckage. Dock förekommer med stor sannolikhet förhållandevis täta botten sediment som försämrar den hydrauliska kontakten och därmed håller nere inläckagenivåerna. En annan faktor som styr inläckaget kommer att vara eventuell tätning av tunneln, exempelvis i form av injektering.

Förhållanden kan dock mycket väl skilja sig markant mellan läget för Förbifartens och spillvattentunnelns planerade Mälarpassage. Man bör därför inkludera hydrogeologisk karakterisering av förekommande krosszoner i förundersökningarna för Mälarpassagen. Undersökningarna bör så långt möjligt utföras på planerat tunneldjup. Praktiskt skulle detta kunna innebära undersökningar i borrhål från land.

5.4.4.1 Utförda Geofysiska undersökningar

Under juni 2013 utfördes geofysiska undersökningar av Ramböll Danmarks geofysikavdelning under ledning av Roger Wisén vid planerad passage mellan Smedslätten och Eolshäll samt undersökningar kring Stora Essingen och utmed Brommas sydvästra strandlinje, se figur 5.4.2.

Arbetet har innefattat undersökning dels med marin enkel-kanalsseismik och dels som resistivitetsmätningar.



Figur 5.4.2 Översikt som visar undersökta linjesträckningar. Seismiska undersökningar visas med blå linjer och resistivitetsmätningar med de röda linjerna med tillhörande numrering.

5.4.4.1.1 Metodbeskrivning

Seismiken utfördes som enkanals lågfrekvent marin reflektionsseismik. Ljudenergi skickad mot havsbotten reflekteras i gränsskikten mellan lager med olika densitet och den reflekterade energin mellan dessa gränser skapar en bild som kan tolkas geometriskt. I detta fall syftar tolkningen primärt till att kartlägga gränsen mellan sediment och berg. Utrustningen bestod av en Georesources Geospark 200 sparker källa och en hydrofon streamer med fem element.

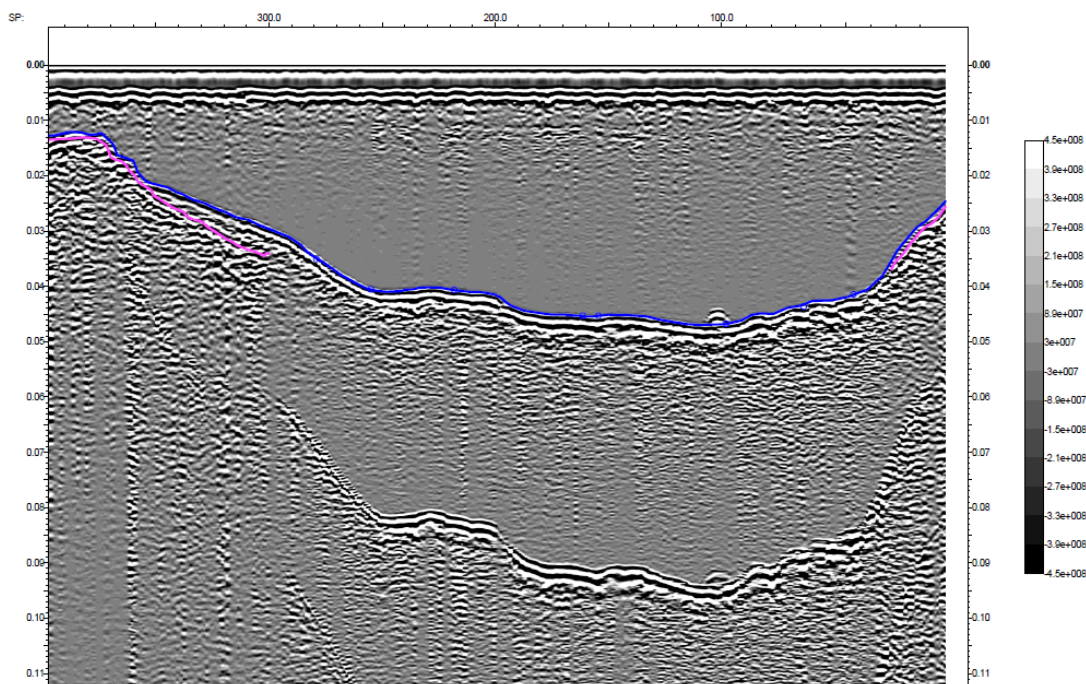
Resistivitetsmätning är en geoelektrisk metod där markens resistivitet kartläggs med hjälp av likström. Mätningarna utförs längs en profil med elektroder med konstant avstånd, mellan elektroderna som sitter monterade längs en kabel. Kabeln som använts för mätningarna har 64 elektroder med ett inbördes avstånd på 7 m och en total utlägglängd på 441 m.

Elektroden förbinds till en mätutrustning via multiledarkablar. För varje enskild mätning används fyra elektroder, två till att sända ström med och två andra emellan vilka det mäts ett potentialfall. Själva mätningarna styrs och utförs av en Terrameter LS från ABEM Instruments AB.

Utöver mätningar ovan utfördes resistivitetsloggning av vattnet i Mälaren i flera punkter. Detta gjordes med en resistivitetssond som ger hög vertikal upplösning och möjlighet att logga flera punkter på kort tid. De absoluta resistivitetsvärdena för dessa logdata kontrollerades i en av punkterna med en konventionell 4-elektrods resistivitetsmätning med kabel med 2 m elektroduttag.

5.4.4.1.2 Resultat

Resultaten presenteras huvudsakligen i ett antal planer och profiler. Datakvaliteten på de seismiska resultaten är generellt mycket god men i ett par områden förhindras penetration till berget av lösa och gasfyllda sediment på botten. Detta sker dels i det djupa området mellan Smedslätten och Eolshäll, se figur 5.4.3 och dels på en sträcka längs Brommas strandlinje men i området längs Brommas strandlinje syns bristen på penetration istället som ett hål i datatäckningen som visar djup till berg i figur 5.4.6.

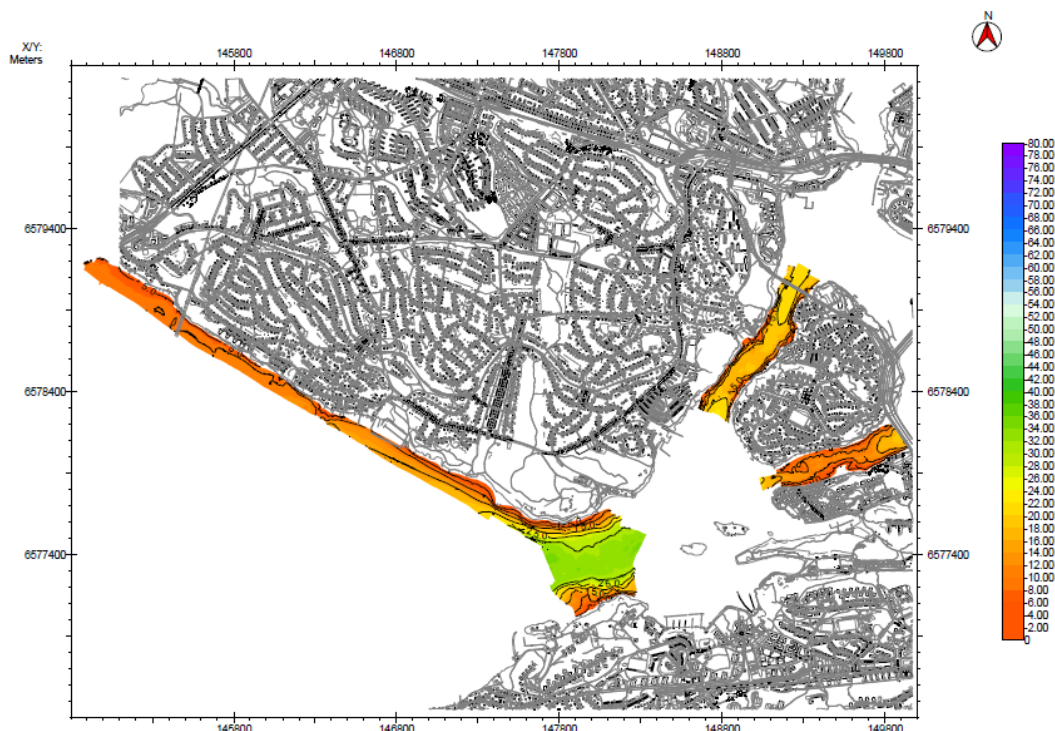


Figur 5.4.3 Del av sjöbotten mellan Smedslätten och Eolshäll är tolkad med en blå linje och bergnivån med violett. X-axeln visar längden utmed linjen och Y-axeln är i millisekunder som i detta fall kan multipliceras med en faktor på 770 för att erhålla enheten m. Den tydliga linjen i figurens nedre del är ett botteneko och skall därför inte tolkas som en bergnivå. Figuren ger ett största bottendjup på ca 35 m.

Figuren 5.4.3 visar samtidigt på behovet av den kompletterande undersökningen med resistivitetsmätningar för att kunna tolka bergnivån.

Höjddata har mottagits från Clinton Mätkonsult AB på bakgrund av bathymetri och positionering av de utlagda resistivitetslinjerna. Höjderna från bathymetrin har

kontrollerats mot djupen från de 6 trycksensorerna på kabeln och felet är generellt mindre än 1 m, se figur 5.4.4.



Figur 5.4.4 Tolkad bottennivå med Bathymetri i området längs linjerna i höjdsystem RH2000.

Resultatet från resistivetsmätningen är mycket goda för de två linjerna längst i öst, linje 1 och linje 2 men betydligt sämre för linje 3 och 4. Anledningen till detta är att det funnits en trolig påverkan från en befintlig sjökabel eller något annat som alstrat elektrisk ström och på så sett stört mätningen och tolkningen. Resultaten från resistivetsmätningen visas som profiler i figur 5.4.5 och som tolkad nivå för berg i figur 5.4.6 med delförstoringar i figur 5.4.7 – 5.4.11 och figur 5.4.7.

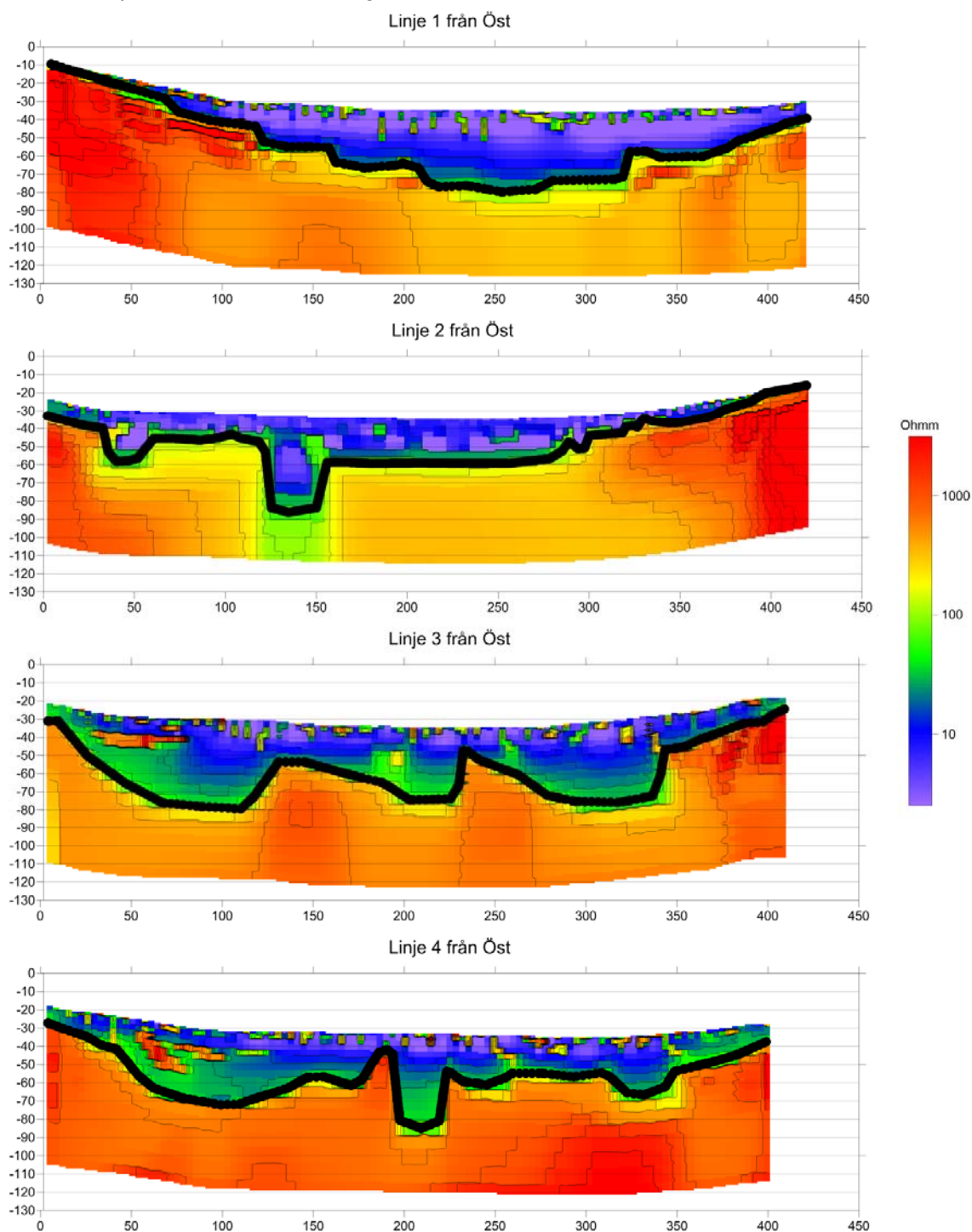
I samtliga fyra profiler har det tolkats en bergnivå. Jordlagren är mycket lågresistiva i toppen, omkring 1 Ohmm, vilket är normalt för t ex marin lera. Det syns en del högresistiva inklusioner i det översta tiotalet meter av jordlagren.

I profil 1 syns inga vertikala strukturer i berget men den djupaste punkten för bergnivå ligger på nivå -80 m.

I profil 2 syns en vertikal struktur med centrum i längdkoordinat 135 m. Denna struktur syns även som en depression i figur 5.4.7. Detta är antagligen en effekt från en ledning eller möjligtvis en vertikal svaghetszon i berget. Bortsett från denna struktur ligger den tolkade bergnivån som lägst på nivå ca -60 m i profil 2.

I profil 3 och 4 varierar bergets nivå tillsynes ganska mycket och är tolkat som lägst i nivå -86 m. Resistiviteten i de tolkade jordlagren under nivå -60 m är betydligt högre här än i profil 1 och 2. Med tanke på de kraftiga störningarna i dessa två profiler kan det inte uteslutas att gränsen till berg kan ligga högre än det som tolkats här. Det syns även högresistiva, långsträckta horisontella strukturer i jordlagren i den vänstra delen av dessa profiler. Bara utifrån resistivetsmätningarna går det inte att säga om dessa kan tolkas

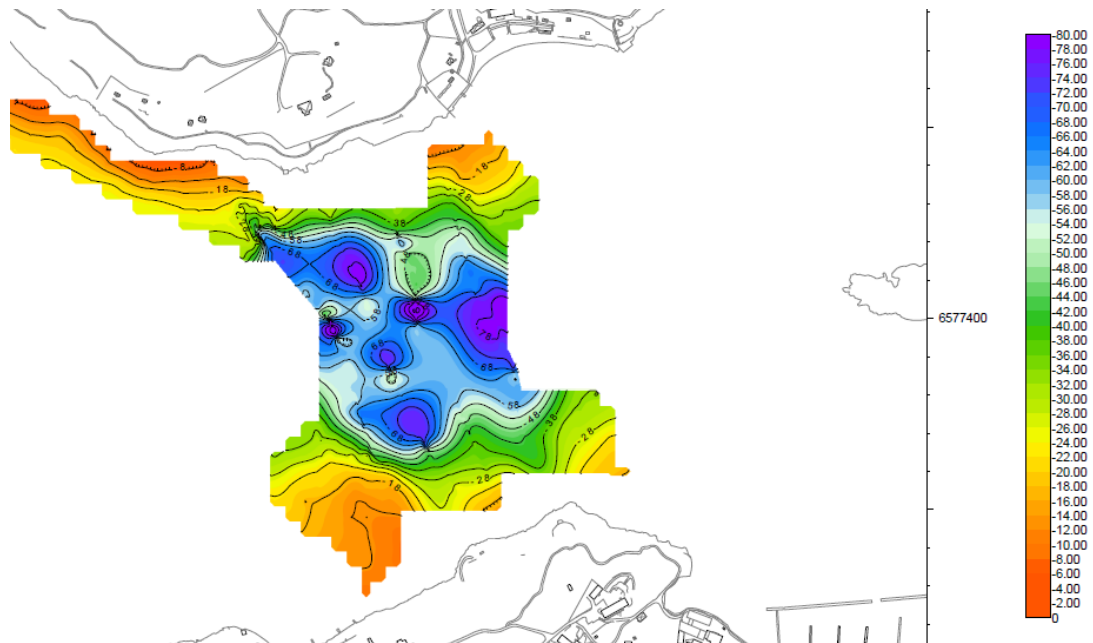
som berg. Här måste man definitivt kontrollera nivåerna med jord-bergsonderingar eller andra kompletterande undersökningar.



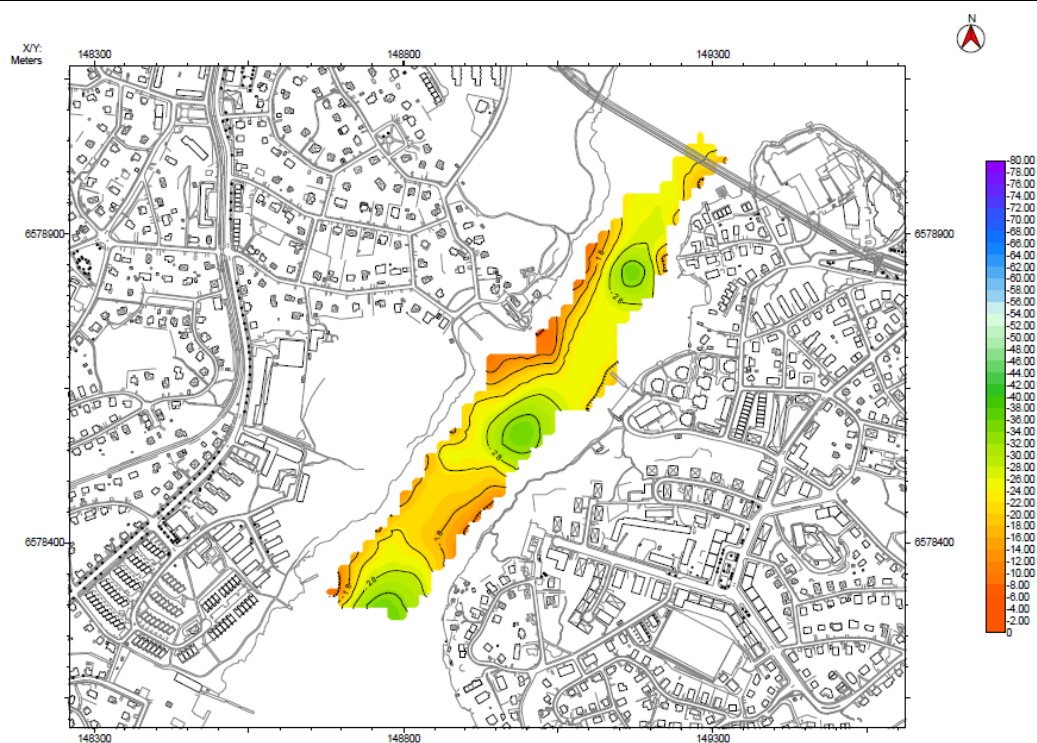
Figur 5.4.5 Resistivetsprofiler från linje 1-4. Profilerna visas från öster till väster. Till höger ligger Eolshäll och vänster Smedslätten.



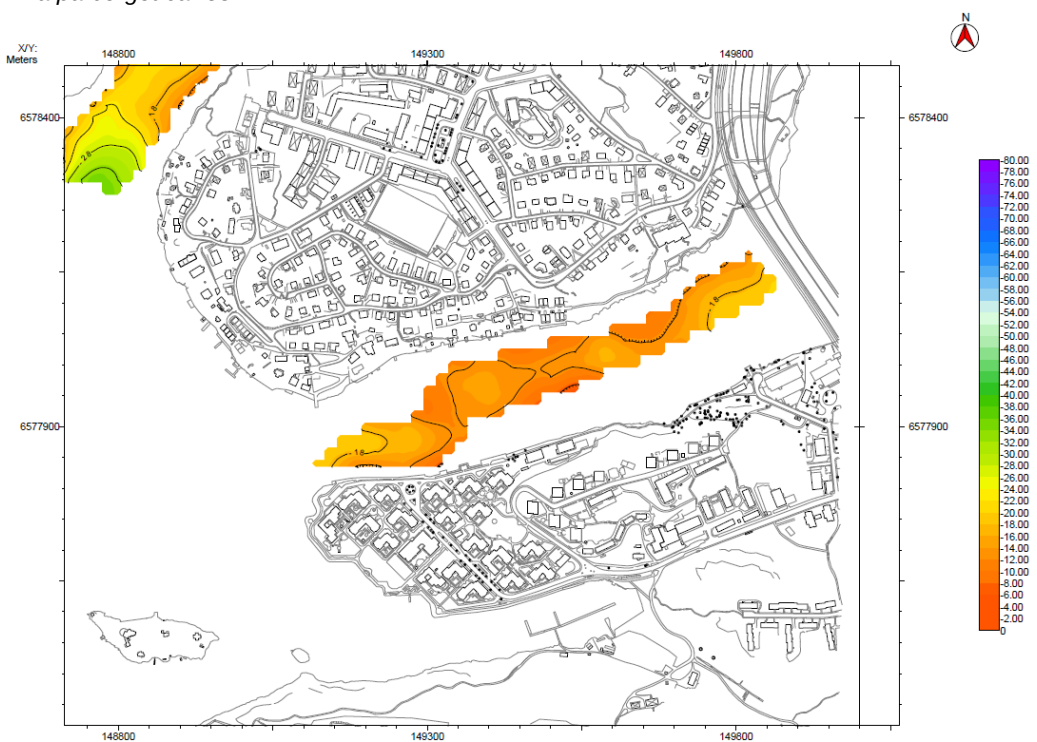
Figur 5.4.6 Översiktskarta som visar nivå på tolkad bergöveryta i RH2000 höjdsystem. Resultatet är baserat på tolkning från både seismik och resistivitetsmätningar.



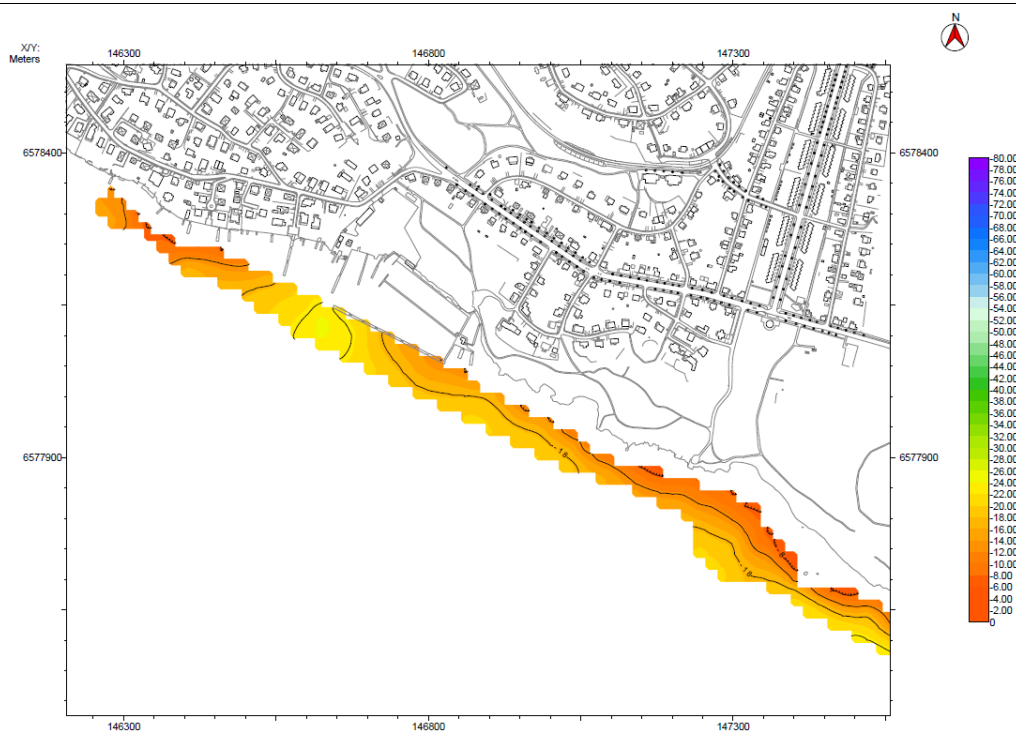
Figur 5.4.7 Detalj som visar specifikt området mellan Smedslätten och Eolshäll med lägsta nivåer på berg kring ca -85 m.



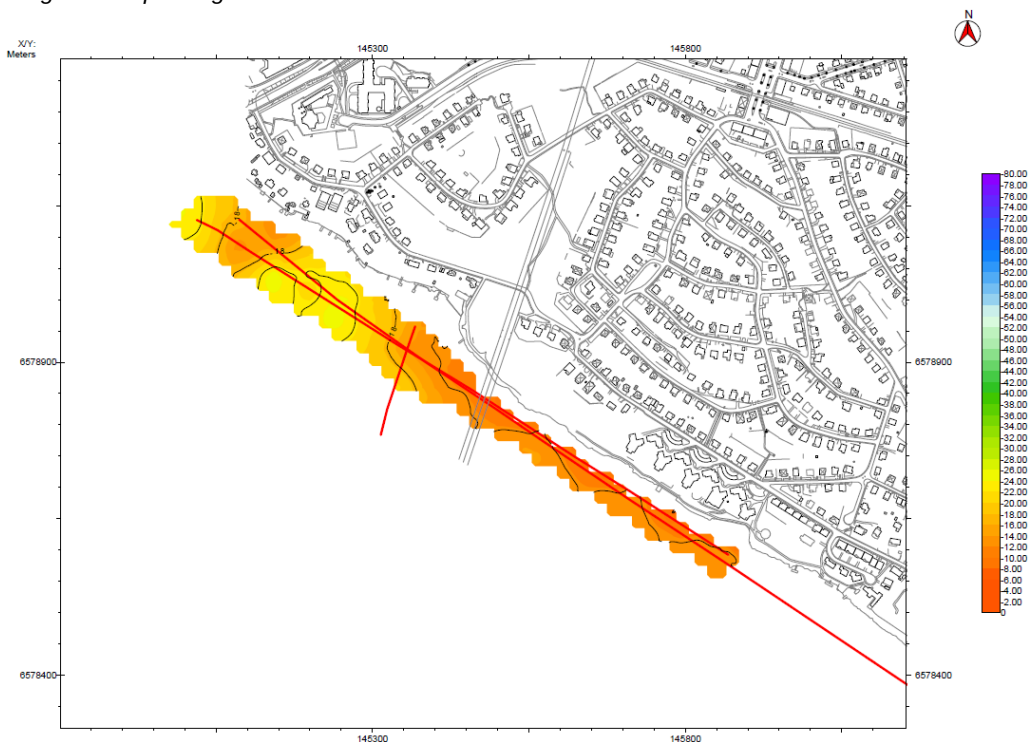
Figur 5.4.8 Detalj som visar specifikt området mellan Äppelviken och Stora Essingen, här lägsta nivå på berget ca -35 m.



Figur 5.4.9 Detalj som visar specifikt området mellan Stora Essingen och Ekensberg, här lägsta nivå på berget ca -20 m.



Figur 5.4.10 Detalj som visar specifikt området mellan Smedslätten/Högländet och Ekerö, här lägsta nivå på berget ca -25 m.



Figur 5.4.11 Detalj som visar specifikt området mellan Nockebyhov/Nockeby och Ekerö, här lägsta nivå på berget ca -25 m.

5.4.4.1.3 Slutsatser från utförda geofysiska undersökningar

De tolkningar som gjorts här skall kontrolleras och kalibreras med någon form av jordbergsondering. Vad gäller seismiken är den tolkade nivån beroende av hastigheterna i de olika jordlagren. Ett fåtal punkter bör kunna verifiera att korrekt reflektion tolkats som gräns mellan jord och berg samt ge tillräcklig information för att kalibrera tolkningen. Vad gäller resistivitmätningen bör det borras i de positioner där tolkningen visar störst djup. Ett syfte med att borra i de djupaste punkterna är att verifiera att mätningarna verkligen penetrerat tillräckligt djupt i berget för att ge ett resultat med tillräcklig upplösning. Skulle det absoluta djupet inte vara korrekt är det ändå sannolikt att resultatet från resistivitmätningarna ändå visar de relativa djupen till berg rätt vilket kan användas för att styra placeringen av borrhålarna. Ett annat syfte, främst för profil 3 och 4, är att ta reda på om variationen i bergnivån kan vara effekter av ledningar eller andra störningar och att nivån på berget därmed tolkats fel.

Vad gäller de djuphålur som syns i figur 5.4.7 går det inte att se någon trend i nuvarande modell som tyder på att det är utsträckta svackor i berget. Det skall dock noteras att det digitala underlaget inte är heltäckande, information finns endast i de linjer där resistivitmätning gjorts, och därför kan det inte uteslutas att det rör sig om långsträckta svackor. Utifrån ett geologiskt perspektiv av bildningsprocessen är det dock mer troligt att det rör sig om en långsträckt förkastning, eller en korsning av flera odyl. Därför bör även borrhål utföras mellan de utförda linjerna för resistivitmätning. Borrhål bör också göras strax norr om det undersökta området för att se huruvida bergnivån eventuellt stiger mot Stora Essingen.

Utifrån resultaten bör, i denna utredning, inte tunneltaket under passagen av Mälaren ligga yttigare än nivån -95 m, dvs tunnelbotten bör ligga kring nivå -100 m.

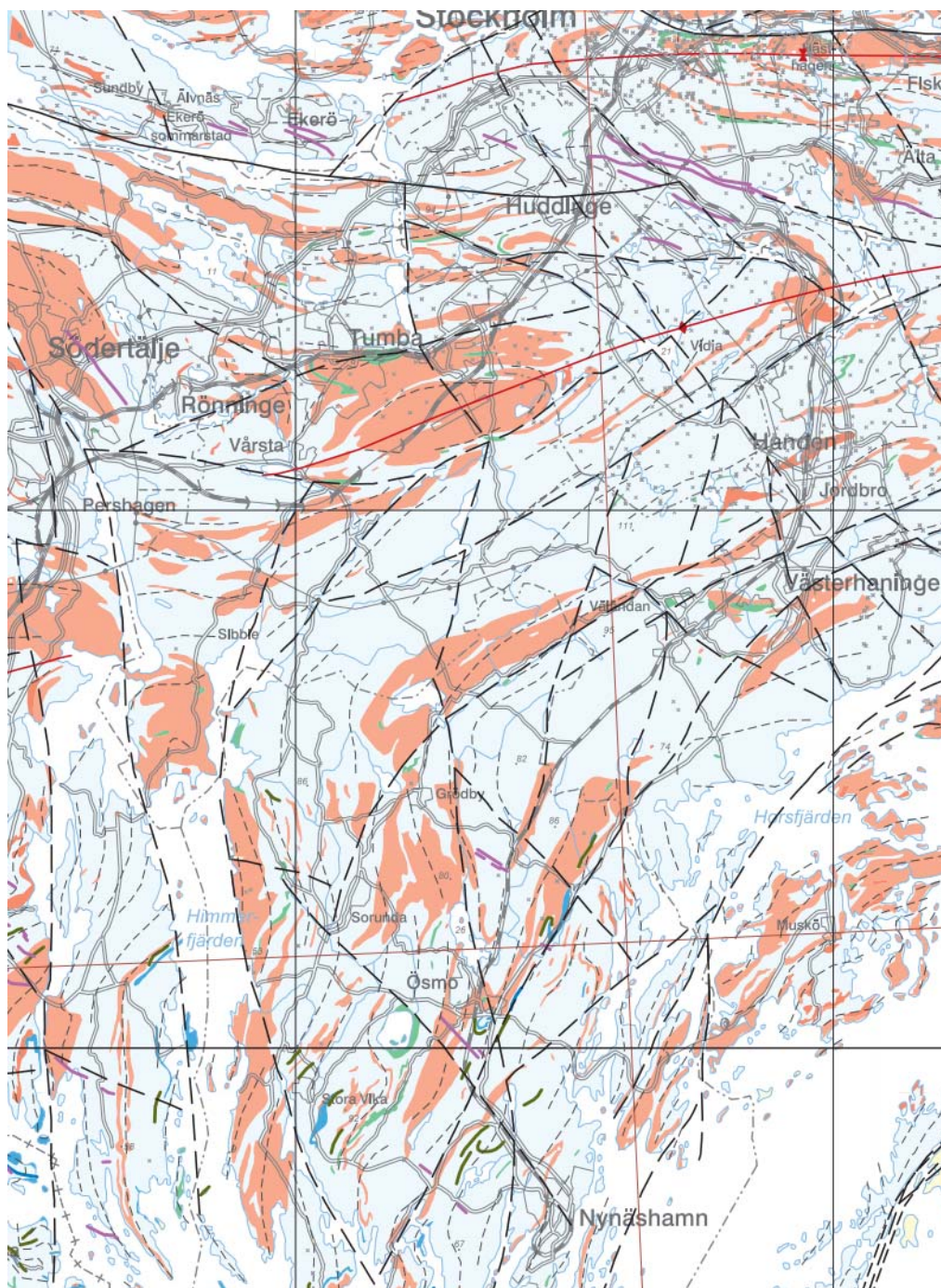
5.4.5 Eolshäll – Söder om Stockholm (Alternativ 2)

Området från Eolshäll och ca 50 km söder ut utgörs av ett sprickdalslandskap med stora hällområden. Svaghetszonerna i berggrunden är generellt belägna i dalarna. Området går mellan två stora isälsavlagringar, Tullingeåsen och Stockholmsåsen, som går i nord-sydlig riktning. Isälsavlagringar är generellt avsatta direkt på berggrunden. Sträckningen går inte under några sund men enstaka sjöar.

Berggrunden är varierande och domineras av granatförande sedimentådergnejser (metasediment), granitoider och grönstenar. Svärmar av diabasgångar förekommer sporadiskt på sträckan. Jordlagerföljden består av morän avsatt direkt på berggrunden som överlagras av lera och överst ställvis av svallsediment och organiska jordarter, se figur 5.4.12.

Uppskattningsvis kommer tunnelsträckningen korsa ett 100-tal lineament (potentiella sprickzoner) som främst går i N-S och NO- SV riktning. Flertalet av lineamenten står för plastisk deformation, ca 10 stycken lineament står för ospecificerad deformationszon och en står för spröd deformationszon som är belägen i V-O riktning vid Huddinge se figur 5.4.12.

Detaljerade förutsägelser av vilken påverkan sträckningen kommer att få låter sig inte göras utan mer detaljerade utredning. Utifrån ett hydrogeologiskt perspektiv är de båda åsarna av intresse vilka även nyttjas som dricksvattenresurser och är skyddade. Vid passage under dessa behöver ev. hydraulisk kontakt mellan ås, sprickzoner och tunneln undersökas. Likaså behöver sättningskänsliga, och framförallt bebyggda, områden kartläggas och konsekvensbedömas för att undvika skador på mark, anläggningar och bebyggelse.



Figur 5.4.12 Berggrundsgeologisk karta över södra Stockholm och Södertörn. Kartan visar bl a plastisk deformation (små streckad), ospecificerad deformationszon (streckad) och spröd deformationszon (heldragen). Källa: SGUs kartgenerator, på hemsidan, http://maps2.sgu.se/kartgenerator/maporder_sv.html

5.4.6 Eolshäll – Alby (Alternativ 3)

Området från Eolshäll sydväst ut över Hägersten och Skärholmen ner till Alby utgörs av ett sprickdalslandskap med stora hällområden. Svaghetszonerna i berggrunden är generellt belägna i dalarna. Området består till ytan främst av hällområde och därefter av morän- och lerområden. Jordlagerföljden består av morän avsatt direkt på berggrunden som överlagras av lera och överst ställvis av svallsediment och organiska jordarter. Jorddjupen i lersvackorna har utifrån SGUs jorddjupskarta uppskattats till 5-10 m. De mäktigaste jordlagren är upp till 10-20 m. Norr om Albysjön finns en stor isälvsavlagring som är en del av Tullingeåsen. Isälvsavlagringar är generellt avsatta direkt på berggrunden. Sträckningen går under ett sund men inte under några sjöar.

Vattendjupen i Albysjön, som har kontakt med Mälaren via ett sund i norr, är ca 25 m i norra delen men grundare i södra delen. Sjöbotten består uppskattningsvis överst av löst lagrade sediment med organiskt innehåll. Därefter följer lera och längst ner morän. Sedimentens mäktighet är okänd men kan uppskattningsvis vara upp till 20 m. Berggrunden ligger lokalt på en djupare nivå än -50 m. Berggrunden består främst av metasediment varvad med gnejsig granit till granodiorit. Även yngre graniter förekommer sporadiskt såsom Stockholmsgranit, apliter och pegmatiter. En svärm av diabasgångar förekommer på sträckan vid Bredäng. Huvudriktningen på diabasgångarna är NV. Berggrund under Albysjön består uppskattningsvis av likadana bergarter som på land, dvs metasediment varvad med gnejsig granit till granodiorit. Även yngre graniter kan förekomma sporadiskt, se figur 5.4.13.

Uppskattningsvis kommer tunnelsträckningen korsa ett 20-tal lineament (potentiella sprickzoner) som främst går i NV, V-O och NNO riktning. Flertalet av lineamenten står för plastisk deformation, ca sju stycken lineament står för ospecificerad deformationszon och en står för en spröd deformationszon som är belägen i NO-riktning och stryker längs Mälarens strand. Denna viker av in vid Hägersten. Det finns även en spröd deformationszon som är belägen öster om Albysjön.

Enligt SGUs berggrundskartor löper en eller två parallella ospecificerade deformationszoner genom Albysjön i N-S riktning. Exakt läge för zonen är osäker men bedöms ligga på den östra sidan. Ytterligare en zon tvärrar sundets södra del. Exakt karaktär, läge och antal zoner är mycket osäkert, se figur 5.4.13.

Förutom vid Albysjön kommer tunneln inte passera några större grundvattenmagasin. Tunneln kommer passera under ett antal tätbebyggda lerområden där det finns risk för sättningsskador. Särskilt sträckan Mälarhöjden – Kolartorp bör utredas närmare. Även tunnelns läge i förhållande till ås- och svallformationerna och ev. sprickzoner, vid Albysjön bör klarläggas för att undvika större grundvatteninläckage. Jorddjupet synes dock relativt grunt vilket är gynnsamt.

har utifrån SGUs jorddjupskarta uppskattats till 5-10 m men även djup upp till 20 m förekommer. Sträckningen går inte under något sund eller någon sjö.

Årstafältet utgör det största området med lera i södra Stockholm. Årstafältet har de mäktigaste jordlagren vilka är upp emot 20-30 m. Området korsas även av en stor isälvsavlagring, Stockholmsåsen, som går i nord-sydlig riktning vid Gullmarsplan. Isälvsavlagringar är generellt avsatta direkt på berggrunden och är stora grundvattenmagasin.

Berggrunden är varierande och domineras av granatförande sedimentådergnejser (metasediment), granitoider och metabasiter (grönstenar). Längs Årstavikens södra strand förekommer metabasiter. Metabasiter kan vara mer vittrade än graniter. Svärmar av diabasgångar genomsätter även berggrunden vis Långbro, Nybohov och Hammarbyhöjden. Huvudriktningen på diabasgångarna är NV- VNV. Det finns tre stycken regionala sprickset; NV, NO och V-O som även återfinns på lokalnivå. Uppskattningsvis kommer tunnelsträckningen korsa ett 30-tal lineament (potentiella sprickzoner) som främst går i NV och NO riktning. Flertalet av lineamenten står för plastisk deformation, ca 10-tal stycken lineament står för ospecificerad deformationszon och två står för en spröd deformationszon som går i V-O riktning och stryker längs Aspudden och Liljeholmen och sedan ut i Årstaviken och längs denna för att sedan sammanstråla till en zon som går i V-O riktning och stryker strax norr om Hammarbyvägen, se figur 5.4.14.

Enligt SGUs berggrundskarta stryker en ospecificerad deformationszon längs Årstavikens södra strand, parallellt med stranden. Detta bör undersökas i nästa skede då det eventuellt kan ha påverkan på tunnelsträckningen. Deformationszonen finns inte redovisad på den byggnadsgeologiska kartan, se figur 5.4.14.

Tunneln kommer att passera ett flertal sprick- och krosszoner och den kan komma att passera under ett antal sedimentfyllda svackor av varierande storlek, exempelvis Årstafältet/Enskedefältet. Beroende på balansen mellan nybildning av grundvatten och tillförsel från omkringliggande områden kan inläckaget i tunneln ge upphov till sänkning av grundvattennivåer i jord i närheten av tunnelsträckningen. Detta i sin tur är kopplat till risker för sättningar i lerområden och eventuellt påverkan på känslig vegetation. Årstafältet är ett område där mäktiga, lösa leror ger stor känslighet för grundvattennivåsänkningar.

Vid passage under jordlager med hög vattenförande förmåga (Stockholmsåsen) finns risker för påverkan på större avstånd från tunnellen och även lokalt större inläckage om god hydraulisk kontakt med större grundvattenmagasin förekommer.

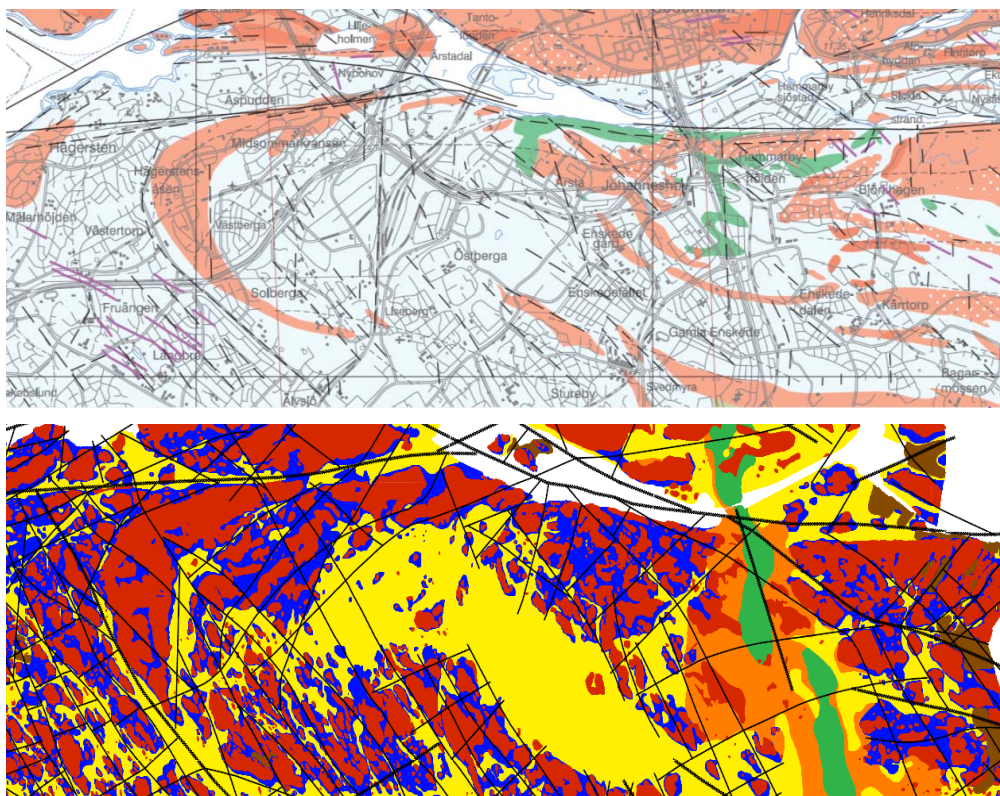
Till saken hör att flera befintliga tunnlar, kraftledningstunnlar, Södra länken etc., finns i området sedan tidigare. Detta kan dels medföra att vissa områden är extra känsliga, men det kan också medföra att en del lerområden redan är dränerade, varför ytterligare påverkan inte ger ytterligare sättningar. Exakt omfattning av inläckage, grundvattennivåsänkning och sättningsrisker mm kräver mer detaljerade undersökningar för att förutsäga i detalj.

Det senast genomförda tunnelprojektet i området är kraftledningstunnel Skanstull-Solberga. Denna varierar i djup mellan +3 och -22 m och har en tvärsnittsarea av samma storleksordning som planerad tunnel. I förundersökningarna för denna har rapporterats inläckagenivåer om som högst 7,7 l/min × 100 m tunnel vid passagen under Årstafältet. Man rapporterar också att inläckage i då befintlig kraftledningstunnel minskade från 6 till omkring 2-3 l/min × 100 m tunnel då Södra Länken byggdes. Den hydrogeologiska konduktiviteten i bergmassan utanför förekommande zoner har vid vattenförlustmätningar

inför Södra Länken enligt uppgift beräknats ligga kring $1-4 \times 10^{-7}$ m/s respektive $<10^{-7}$ m/s i olika delsträckor. Generellt längs kraftledningstunneln uppskattades konduktiviteten vara $<10^{-7}$ m/s utanför förekommande sprickzoner.

Vid projekteringen av kraftledningstunneln Skanstull-Solberga har riktvärden för inläckage satts till mellan 1,5 och 7 l/min $\times$ 100 m tunnel. Dessa riktvärden sattes med hänsyn till risken för sättningar till följd av grundvattennivåsänkningar. Vid passagen under Borensvägen övervägdes lining som skyddsåtgärd, då detta normalt möjliggör kraftigare sänkning av inläckage än konventionell injektering.

Om tunnelsträckningen innebär passage under åsen nära Mälaren/Saltsjön bör man omsorgsfullt, genom arkivstudier av tidigare utförda utredningar och vid behov, av fältundersökningar, undersöka risken för hydraulisk kontakt med Stockholmsåsen. Detta skulle kunna ske via genomsläppligt åsmaterial och sprickzoner i berggrunden, jämför avsnitt Mälarpassagen ovan. Förekommande bergklackar i åsen eller tidigare avsänkning av grundvattennivåer, p.g.a. t.ex. Södra länken, kan dock utgöra ett effektivt skydd för detta. Även sekundär påverkan på lerområden nedströms åspassagen bör utredas. På grund av den urbana miljön är sannolikt åsens funktion som grundvattenmagasin kraftigt störd i och med befintliga urschaktningar för vägar etc.



Figur 5.4.14 Berggrundsgelogisk och byggnadsgeologisk karta över södra Stockholm. Den övre kartan visar bl a plastisk deformation (små streckad), ospecificerad deformationszon (streckad) och spröd deformationszon (heldragen). Den nedre visar fördelningen av berg (röd), morän (blå), lera (gul) och isälvsmaterial (grön). Källa: SGUs kartgenerator och Stockholms stad, www.stockholm.se/ByggBo/Kartor-och-lantmater/Bestall-kartor/Byggnadsgeologisk-karta

5.5 VA-teknisk utformning av Mälarpassagen

5.5.1 Allmänt

Avloppsvatten skall i alternativ 2-4 avledas från Bromma över till Eolshäll. En tänkbar passage av Mälaren är mellan Smedslätten och Eolshäll. Största vattendjupet är där ca 35 m. De seismiska undersökningarna av området visar på att bergytan partiellt i passagen ligger mycket djupt, som djupast ca 85 m under vattenytan. Sedimenten på botten är på sina håll också mycket mäktiga.

Fem alternativa lösningar av passagen med Mälaren kan tänkas utifrån ett VA perspektiv:

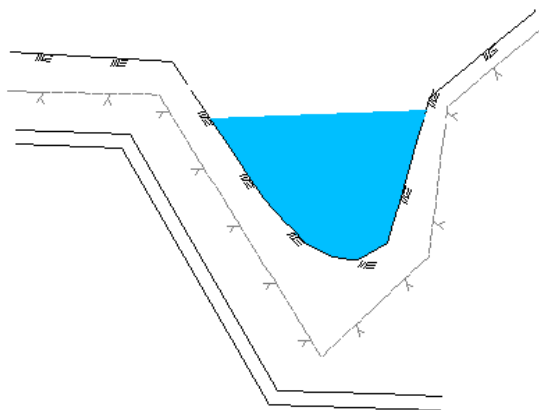
- Variant A: Tunnel med vatten i bottenränna och med jämn lutning i vattnets riktning
- Variant B: Tunnel i form såsom en dykarledning
- Variant C: Tunnel i form såsom en dykarledning men torr och med monterade spillvattenledningar
- Variant D: Mikrotunnel i lera under sjöbotten
- Variant E: Sjöledning

Alternativen beskrivs i följande kapitel.

5.5.2 Variant A. Tunnel med vatten i bottenränna och med jämn lutning i vattnets riktning.

Inkommande tunnel antas ha en bottennivå på ca -40 m. För att kunna passera i berget kommer tunneltaket att i djupaste läget ligga på ca -95 m. Spillvattenytan bör då ligga på ca -100 m. Då finns en säkerhetsmarginal på ca 10 m till den bedömda bergnivån, se figur 5.5.1.

Problemet med denna lösning är att uppfodringshöjden vid den eller de nödvändiga pumpstationerna blir onödigt stor, vilket i sin tur medför höga pumpkostnader.



Figur 5.5.1 Principiell figur för variant A. Vattnet rinner från vänster till höger i figuren.

Om man antar att den extra uppfodringshöjden är 35 m samt att medelflödet är ca 2 m³/s blir de årliga extra kostnaderna ca 7.7 Mkr/år i ett initialt skede, om kostnaden är

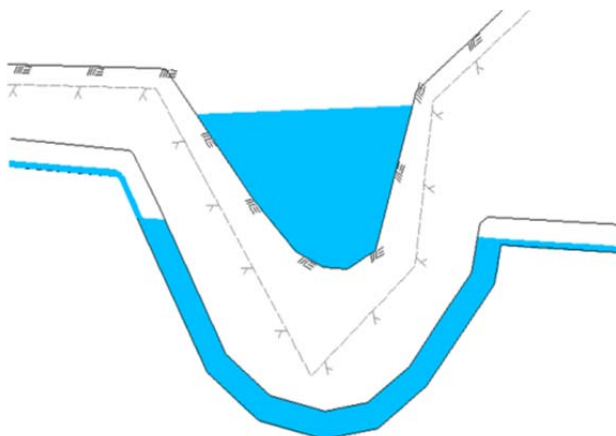
1 kr/kWh. År 2040 beräknas flödet öka till ca 2,5 m³/s och energikostnaden ökar då till 10,9 Mkr/år vid samma energipris.

Vid antagande av real räntesats om 3 % blir nuvärdet av energikostnaderna ca 175 Mkr.

Om man endast har en pumpstation vid Sickla kommer även vattnet från Eolshäll behöva lyftas 35 m extra. Om denna mängd är, 0,4 m³/s nu och 0,5 m³/s om 30 år blir nuvärdet 200 Mkr.

5.5.3 Variant B. Tunnel i form såsom en dykarledning.

I detta alternativ låter man bergtunneln stiga efter passagen till en nivå som är något lägre än nivån före densamma, se figur 5.5.2.



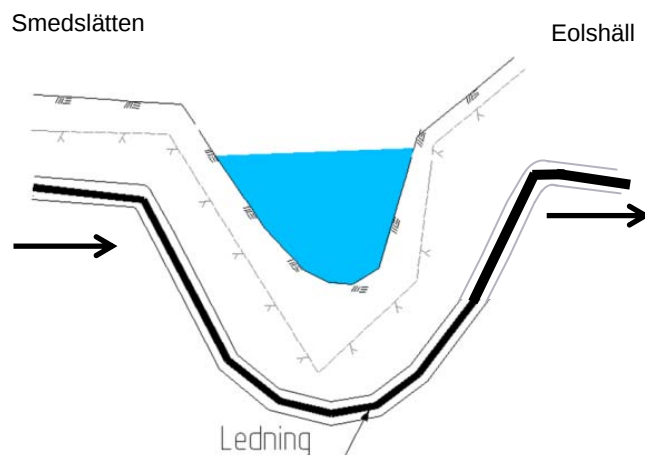
Figur 5.5.2 Principiell figur för variant B. Vattnet rinner från vänster till höger i figuren.

Problemet med denna lösning är att tunneln i lågpunkten blir helt fylld med vatten. I normala fall rinner vattnet i ränna på tunnelgolvet med viss hastighet. Då tunneln blir fylld minskar vattenhastigheten dramatiskt och i princip får man en sedimenteringsbassäng. Rensning är i praktiken i princip omöjlig om inte tunneln töms och då måste orenat spillvatten bräddas ut i sjövattnet i stora mängder, något som knappast kommer att accepteras av ansvariga myndigheter.

För att kunna tömma tunneln är det knappast realistiskt att anlägga en stor temporär pumpstation uppströms Mälarpassagen samt pumpa det höga flödet via grova temporära ledningar. Av dessa skäl kan inte alternativ B rekommenderas.

5.5.4 Variant C. Tunnel i formen som en dykarledning men torr och med monterade spillvattenledningar.

Tunnelns profil är i princip lika förra alternativet men spillvattnet leds genom tunneln via ledningar, som monteras på tunnelväggen eller annan lämplig plats, se figur 5.5.3.



Figur 5.5.3 Principiell figur för variant C. Vattnet rinner från vänster till höger i figuren.

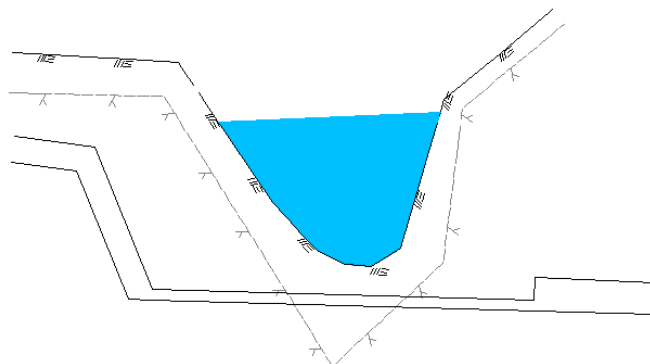
Ledningarna ansluts till en i sammanhanget mindre pumpstation som placeras före vattenpassagen eller en något större station som placeras vid Brommaverket.

Fördelen med detta alternativ jämfört med föregående är att vattnet pumpas via ledningar varigenom självrensningshastigheten kan garanteras. Ledningarna blir inspekterbara. Vid behov kan ytterligare ledningar installeras.

Kostnader för ledningar, ny pumpstation samt tunnel med större dimension blir överslagsmässigt billigare än variant A om pumpstationen placeras omedelbart före Mälarpassagen.

5.5.5 Variant D. Mikrotunnel i lera under sjöbotten

Normalt vattentryck är 20 à 30 mvp för denna typ av lösning. Det är möjligt att utföra denna lösning vid ett tryck av 50 mvp men vid ännu större tryck fordras speciallösningar, se figur 5.5.4.

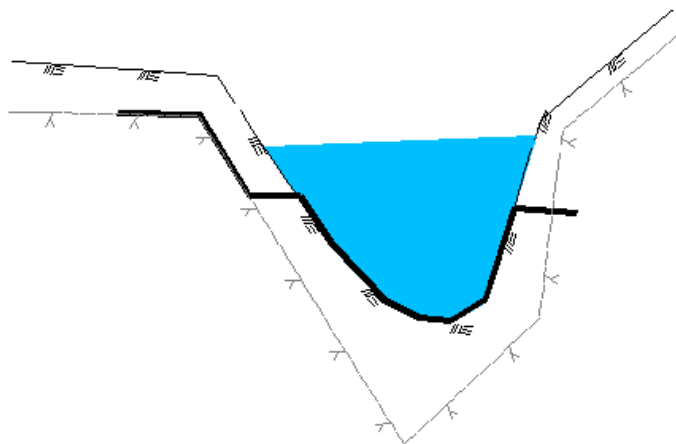


Figur 5.5.4 Principiell figur för variant D. Vattnet rinner från vänster till höger i figuren.

För att metoden skall fungera krävs att leran/sedimenten bör ha en tryckhållfasthet som överstiger 100 kPa samt en skjuvhållfasthet som överstiger 20 kPa vilket bör undersökas i framtida fältundersökningar.

5.5.6 Variant E. Sjöledning

Tre sjöledningar av stål, vardera med en diameter på 1,4 m, är möjligt att användas vid passagen av Mälaren. En av dessa skall utgöra reservledning. Om möjligt läggs dessa med ett inbördes avstånd av 100 m då de ligger i en farled. Konsekvensen vid en skada vid en eventuell dragning med ankare då skulle minimeras till en ledning, se figur 5.5.5.



Figur 5.5.5 Principiell figur för variant E. Vattnet rinner från vänster till höger i figuren.

5.5.7 Rekommendation av VA-lösning under Mälaren

Projektgruppen har gemensamt, med rådande kunskap, valt att gå vidare med alternativet med torr tunnel (Variant C) enligt kapitel 5.5.4 för denna utredning.

Eftersom man i framtiden kan behöva öka ledningskapaciteten väljs en något större tunnelarea i detta tunnelavsnitt. Då finns plats för fyra rör vardera med diametern 1,4 m. Totalt kan då ca 9 m³/s pumpas genom tre rör och det fjärde finns som reserv.

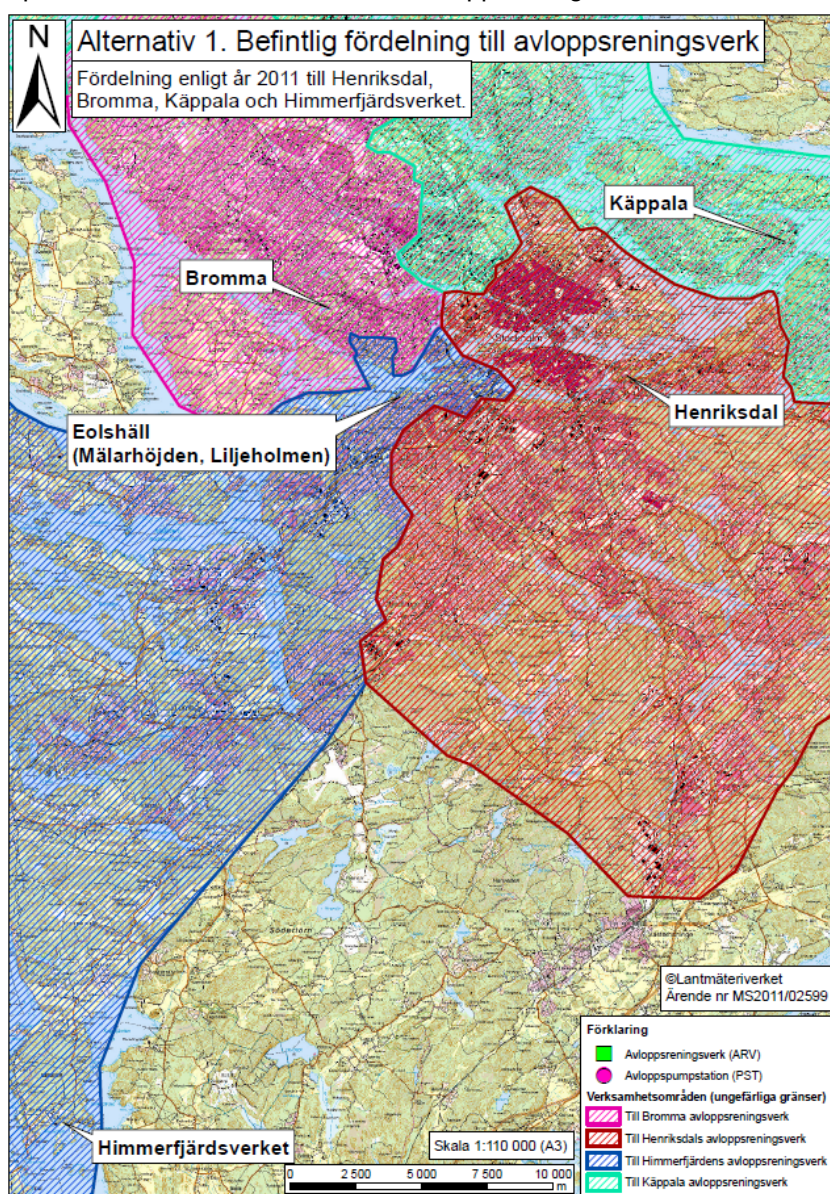
Eftersom tunneln är torr kommer det inte att behövas något "gångbord" i tunneln vid passagen under Mälaren mellan Smedslätten och Eolshäll.

5.6 Sträcknings- och profilbeskrivning av alternativ 1-4

5.6.1 Alternativ 1 Bromma ARV bibehålls

Alternativ 1 innebär inte något transportbehov av spillvatten varför den inte ingår i delen Ledningsnätets utredning.

Alternativet innebär således att den fördelning av upptagningsområde för spillvatten mellan avloppsreningsverken som gäller i dagsläget, förutsätts bibehållas i framtiden. Av figur 5.6.1 framgår den ungefärliga befintliga fördelningen av upptagningsområde för spillvatten fördelat mellan de olika avloppsreningsverken.

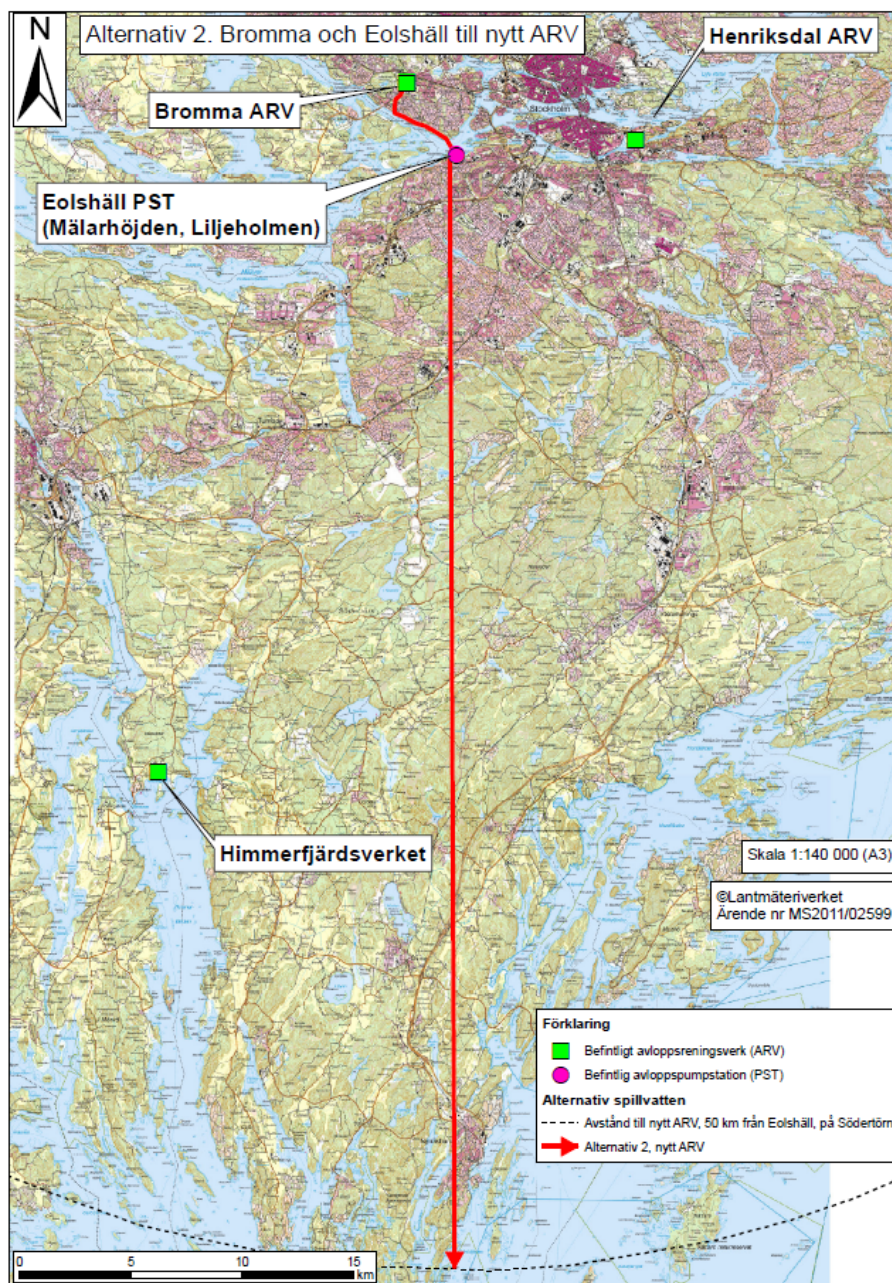


Figur 5.6.1 Befintlig fördelning upptagningsområde Stockholms större avloppsreningsverk

5.6.2 Alternativ 2 Bromma/Eolshälls flöden överförs till nytt ARV på Södertörn

5.6.2.1 Plan Alternativ 2

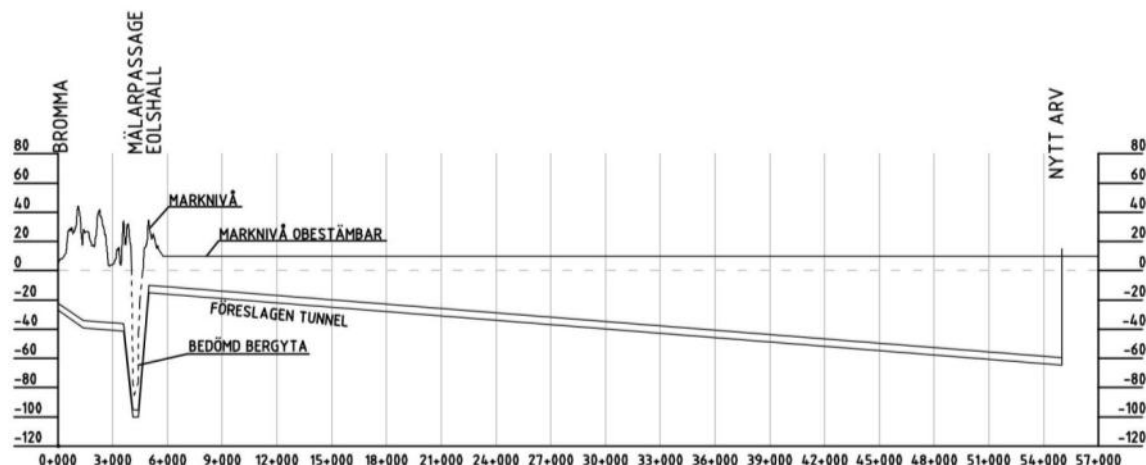
I detta alternativ förutsätts att avloppsvattnet leds från Bromma via Eolshäll till ett nytt avloppsverk 50 km från denna plats. Läget är inte närmare bestämt, men som figuren 5.6.2 visar är det tänkt att någonstans på en cirkelradie skall läget förutsättas.



Figur 5.6.2. Plan visande tänkt placering av ett nytt ARV

5.6.2.2 Profil Alternativ 2

Figur 5.6.3 nedan visar en profil avseende ledning mellan Bromma och ett nytt avloppsreningsverk beläget 50 km från Eolshäll. I alternativet ingår två pumpstationer; den ena före Mälarpassagen och den andra i tunneln vid det nya verket. Ingen av dessa pumpstationer finns markerade i profilen.



Figur 5.6.3. Profil mellan Bromma och nytt ARV

5.6.2.3 Tunneldrivning alternativ 2

Alternativet innebär en tunnel från Bromma ARV till Eolshäll och sedan söderut ca 50 km. Då det idag inte finns någon lokalisering för ett nytt eventuellt ARV blir det en schablonmässig bedömning.

Tabell 5.6.1. Sammanställning av alt 2 för mängder, längder, antal arbetstunnlar och påslag mm.

Alternativ 2	
Tunnel 50 km söder om Eolshäll	Delmängder
Bromma – Eolshäll, sträcklängd	5 350 m
50 km söder om Eolshäll, sträcklängd	50 000 m
Totallängd huvudtunnel	= 55 350 m
Volym bergschakt huvudtunnel, antag 20 m ²	1 107 000 m ³
Antal arbetstunnlar	21 st
Antal fronter från arbetstunnlarna	40 st
Totallängd arbetstunnlar	6 195 m
Volym bergschakt arbetstunnlar, antag 25 m ²	154 875 m ³
Antal vertikalschakt	35 st
Volym bergschakt vertikalschakt, antag 2,5 m ²	4 860 m ³
Total bergschaktvolym	1 266 735 m ³

För att klara byggtiden med driftsättning i december 2023 behövs 21 arbetstunnlar och maskinparker för att driva totalt 40 fronter. Detta är något som kommer vara omöjligt att uppbära. Därför har en forceringskostnad knutits till bergdriften med förbehåll för den gällande tidplanen. Innan byggstart måste placering av ett nytt verk fastställas vilket också är behandlat som en stor risk för detta alternativ.

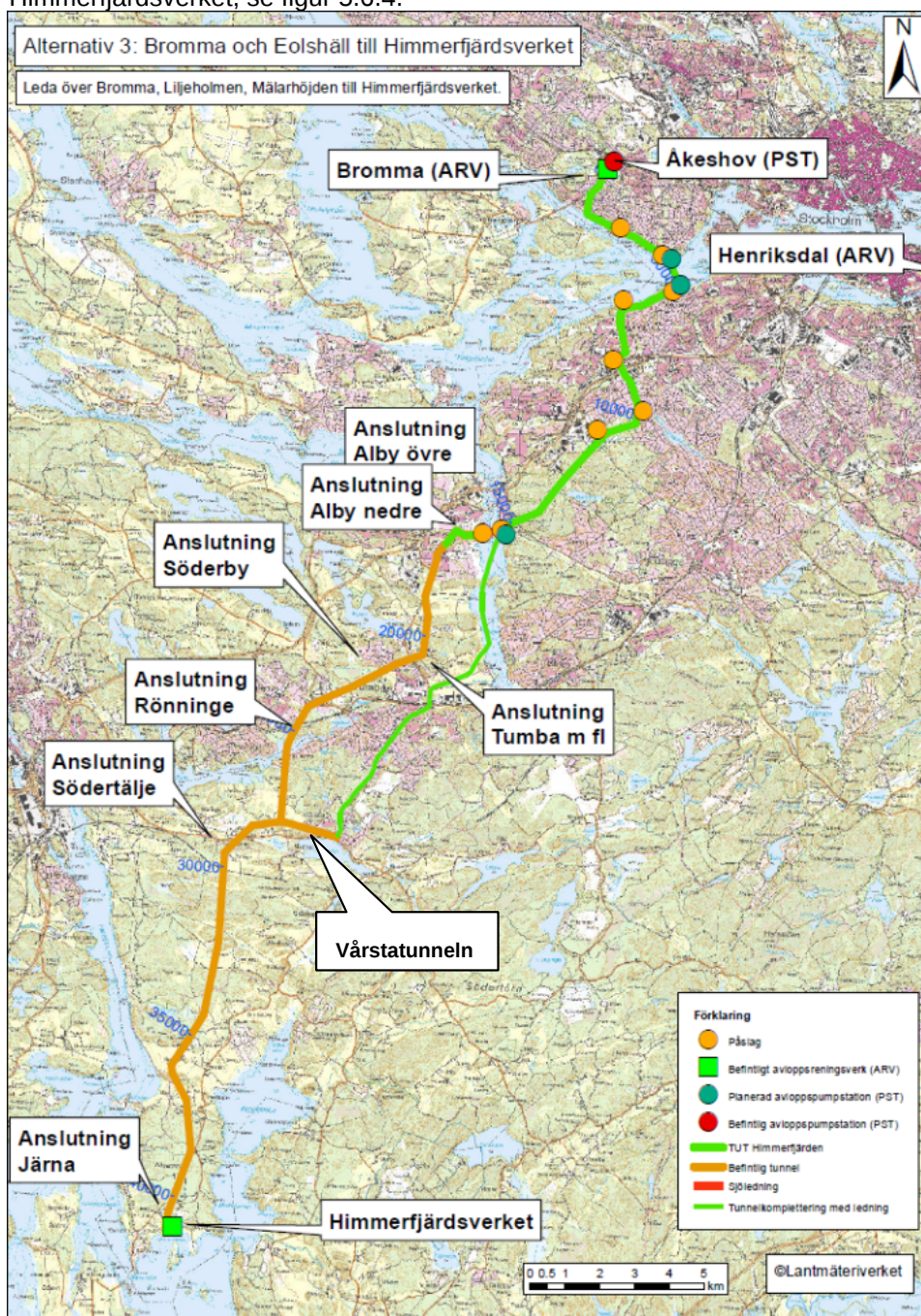
Projektet skulle under längre sträckor drivas relativt fritt från bebyggelse vilket ger en del frihetsgrader både i plan och i profilläge.

För detta alternativ är allt söder om Eolshäll i princip okänt varför det krävs en hel del fältundersökningar och kontakter/avtal med berörda kommuner.

5.6.3 Alternativ 3 Bromma/Eolshälls flöden överförs till Himmerfjärdsverket

5.6.3.1 Plan Alternativ 3

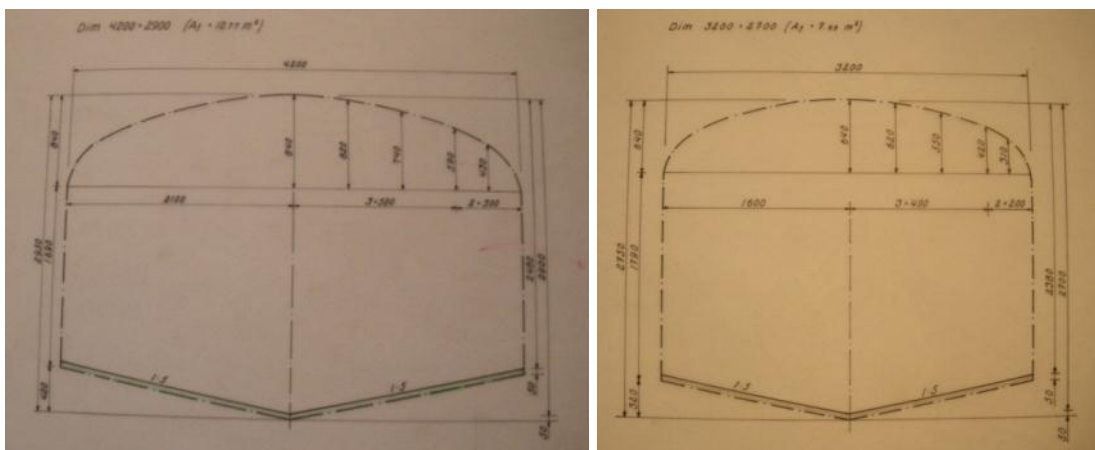
I detta alternativ förutsätts att avloppsvattnet leds från Bromma via Eolshäll till Himmerfjärdsverket, se figur 5.6.4.



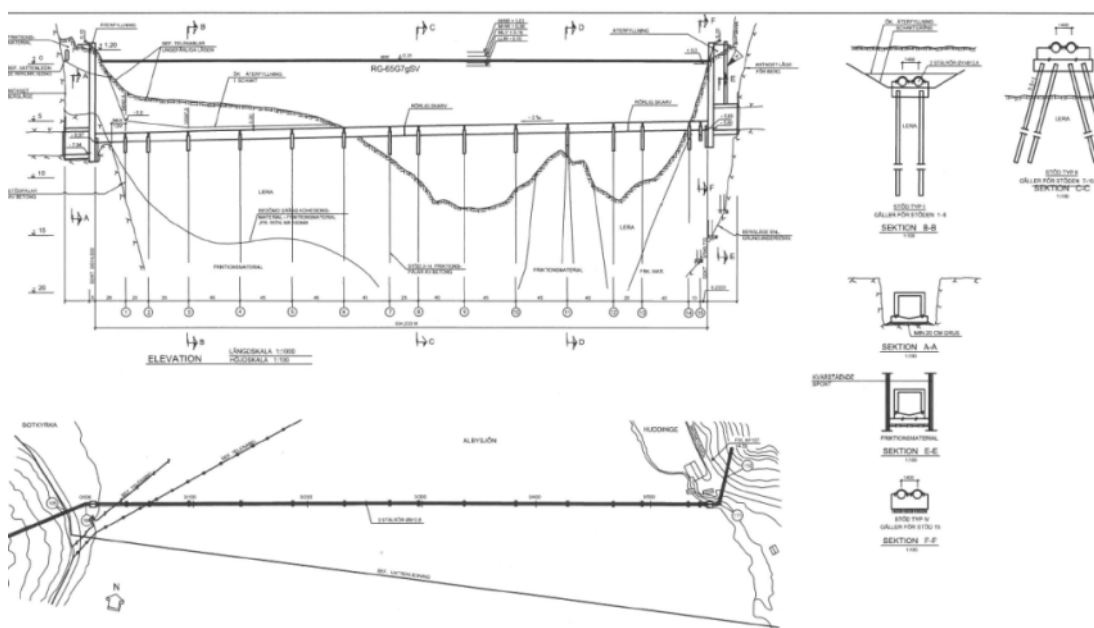
Figur 5.6.4 Plan på föreslagna tunnlar och ledning samt befintlig tunnel mellan Bromma ARV och Himmerfjärdsverket.

5.6.3.2 Befintlig tunnel Alby Nedre – Himmerfjärdsverket

Två väsentliga tvärsektioner av den befintliga tunneln nedströms den anslutande tunneln från Vårsta visas i figur 5.6.5. Tunneln omedelbart nedströms Vårstatunnelns anslutning kommer inte att klara kommande kapacitetsökning och utgör en trång sektion.



Figur 5.6.5. Tvärsektionen till vänster visar det större tvärsnittet 4,2x2,9 m som avser tunnelsträckan närmast Himmerfjärdsverket. Det högra tvärsnittet med måtten 3,2x2,9 m är från befintlig tunnel omedelbart söder om Vårstatunnelns anslutning.



Figur 5.6.6. Befintlig undervattensbro vid passage av Albysjön

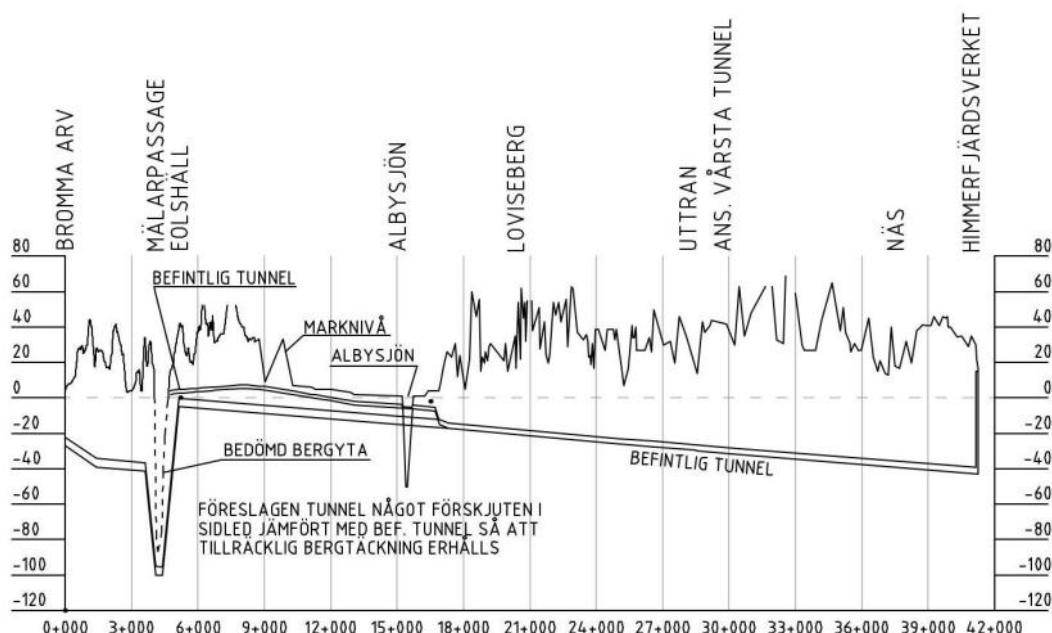
Figur 5.6.6 visar översiktligt den befintliga passagen av Albysjön. Det finns tunnlar på vardera sidan om sjön men själva sjön passeras via en undervattensbro som två ledningar är förlagda på. I det nya förslaget kommer de båda ledningarna kompletteras med ytterligare ledningar på en lägre belägen undervattensbro. Dessutom kommer en pumpstation att anläggas på västra stranden i den nya tunneln och en delström kommer vid behov pumpas via en ny ledning till den befintliga Vårstatunneln som är ansluten till

SYVAB:s huvudtunnel till Himmerfjärdsverket. På den aktuella tunnelsträckan har den befintliga tunneln för liten kapacitet.

5.6.3.3 *Profil Alternativ 3*

Figur 5.6.7. visar en profil avseende tunnel mellan Bromma och Himmerfjärdsverket. I alternativet ingår fyra större pumpstationer; den första före Mälarpassagen, den andra vid Eolshäll, den tredje före Albysjön samt en ombyggd pumpstation i tunneln vid Himmerfjärdsverket. Ingen av dessa pumpstationer finns markerade på profilfiguren. Pumpstationen vid Eolshäll är en befintlig pumpstation som byggs om och används som reserv, om tunneln mellan Eolshäll och Albysjön behöver avlastas vid eventuella reparationer eller underhållsarbeten.

Pumpstationen vid Albysjön ansluts till en ny ledning som förstärker den befintliga tunnelns kapacitet mellan Albysjön och Vårsta.



Figur 5.6.7. Profil mellan Bromma ARV och Himmerfjärdsverket

5.6.3.4 Tunneldrivning alternativ 3

Alternativet innebär en tunnel från Bromma ARV till Eolshäll och sedan söderut mot Albysjön där en ny markförlagd ledning skall leda vidare spillvattnet till befintlig tunnel norr om Himmerfjärdsverket. Förutom Mälarpassagen som skall forceras av alternativ 2-4 skall även Albysjön korsas. Det finns även här indikationer på väldigt stora djup till berg. Här finns det dock andra lösningar som eventuellt kan tillämpas exempelvis bro strax under vattenytan likt den som finns idag.

Tabell 5.6.2. Sammanställning av alt 3 för mängder, längder, antal arbetstunnlar och påslag mm.

Alternativ 3	
Bromma - Himmerfjärdsverket	Delmängder
Bromma – Eolshäll	5 350 m
Eolshäll – Albysjön	8 300 m
Tunneldrivning söder om Albysjön - Bef system	1 500 m
Totallängd huvudtunnel	= 15 150 m
Volym bergschakt huvudtunnel, antag 20 m ²	303 000 m ³
Antal arbetstunnlar	7 st
Antal fronter från arbetstunnlar	12 st
Totallängd arbetstunnlar	2 145 m
Volym bergschakt arbetstunnlar, antag 25 m ²	53 625 m ³
Antal vertikalschakt	8 st
Volym bergschakt vertikalschakt, antag 2,5 m ²	1 100 m ³
Total bergschaktvolym	357 725 m ³

För att klara byggtiden med driftsättning i december 2018 behövs 7 arbetstunnlar och maskinparker för att driva totalt 12 fronter. Detta är något som fortfarande är omfattande men bör inte vara omöjligt att få fram. Även här finns det med en forceringskostnad.

Även i detta projekt är det stora delar som behöver undersökas samtidigt som det också är ett flertal kommuner inblandade. Detta alternativ är mer komplext än de andra alternativen med avseende på bla tekniska lösningar och ledningsvariationer.

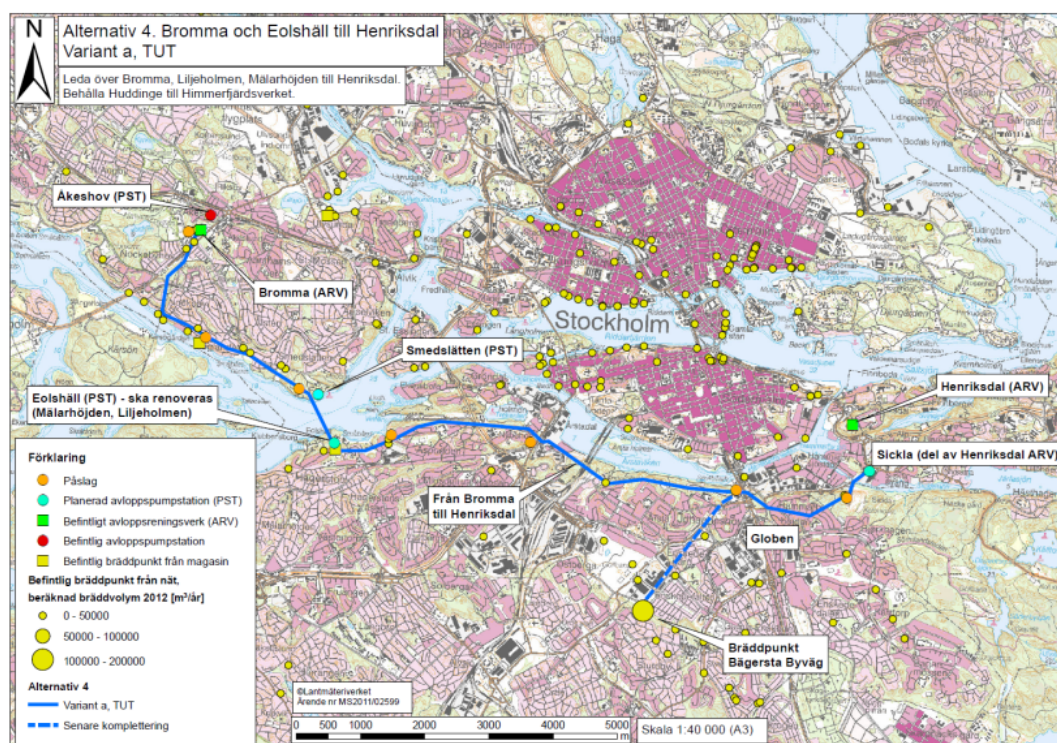
5.6.4 Alternativ 4 Bromma/Eolshälls flöden överförs till Henriksdals ARV

5.6.4.1 Variant alternativ 4a TUT

5.6.4.1.1 Plan Alternativ 4a

Detta alternativ innebär att en ny tunnel ansluts till den befintliga Järvatunneln i Bromma på nivån – 27 m och dras till Henriksdal via Eolshäll under befintliga avloppstunnlar (tunnel under tunnel; TUT) en stor del av sträckan. Avloppsvattnet rinner med självfall ner till en ny pumpstation som anläggs vid Smedslätten. Stationen trycker avloppsvattnet via ledningar från nivån -40 m upptill nivån -15 vid Eolshäll. Därifrån rinner avloppsvattnet återigen med självfall till en ny pumpstation vid Sickla, som där lyfter upp vattnet till ett första reningssteg, se figur 5.6.8.

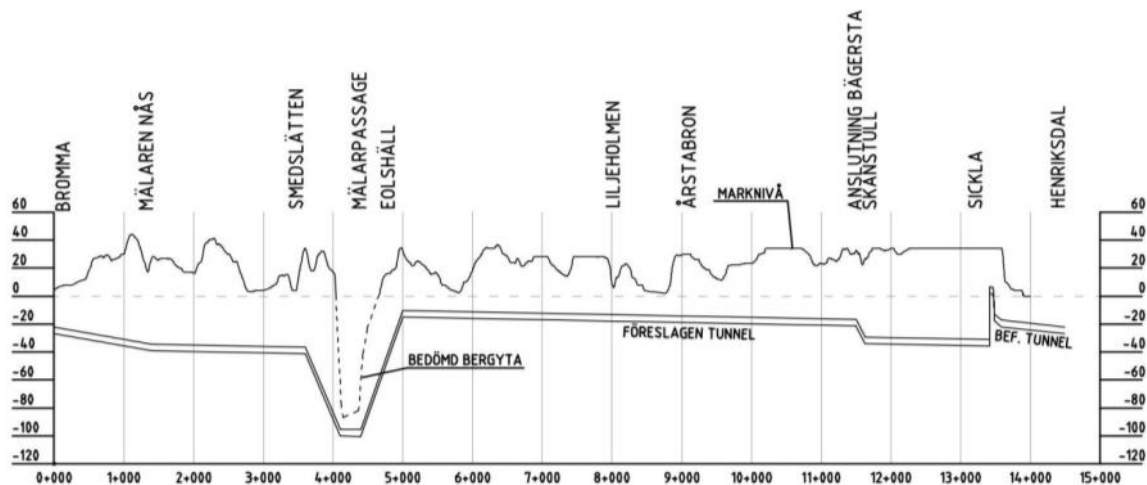
Möjlighet finns att ansluta en större bräddpunkt, Bägersta byväg, till den nya tunneln i närheten av Globenområdet. Anslutningen av bräddpunkt Bägersta Byväg ingår i investeringskostnad för alternativ 4.



Figur 5.6.8. Plan Alternativ 4a, variant TUT

5.6.4.1.2 Profil Alternativ 4a

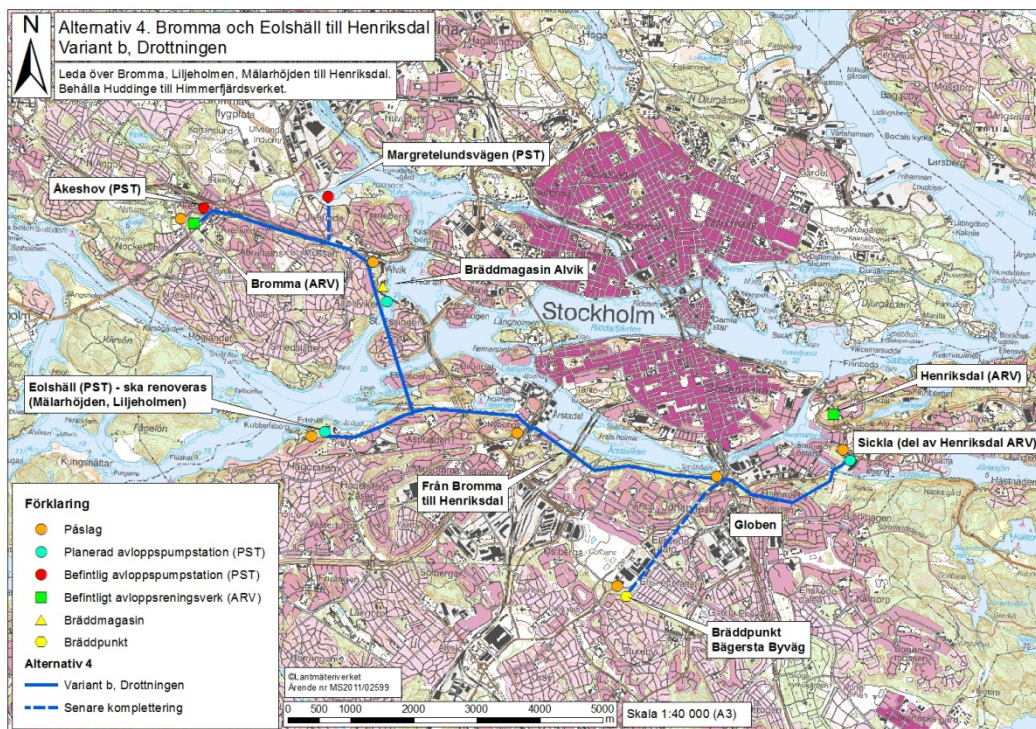
Figur 5.6.9. visar en profil avseende tunnel mellan Bromma ARV och Henriksdals ARV. I alternativet ingår tre större pumpstationer; den första före Mälarpassagen, den andra vid Eolshäll och den tredje i tunneln vid Sickla. Ingen av dessa pumpstationer finns markerade på profilfiguren. Pumpstationen vid Eolshäll är en befintlig pumpstation som byggs om och används som reserv, ifall tunneln mellan Eolshäll och Sickla exempelvis behöver avlastas vid eventuella reparationer eller underhållsarbeten. En del av avloppsvattnet kan då i Eolshällsstationen pumpas till SYVABs tunnelsystem och därmed minska bräddningsrisken vid Eolshäll.



Figur 5.6.9. Profil mellan Bromma ARV och Henriksdal ARV. Sänkningen av huvudtunneln i profil i sektion ca 11+500 beror på fler korsande befintliga tunnlar.

5.6.4.2 Variant alternativ 4b Drottningen

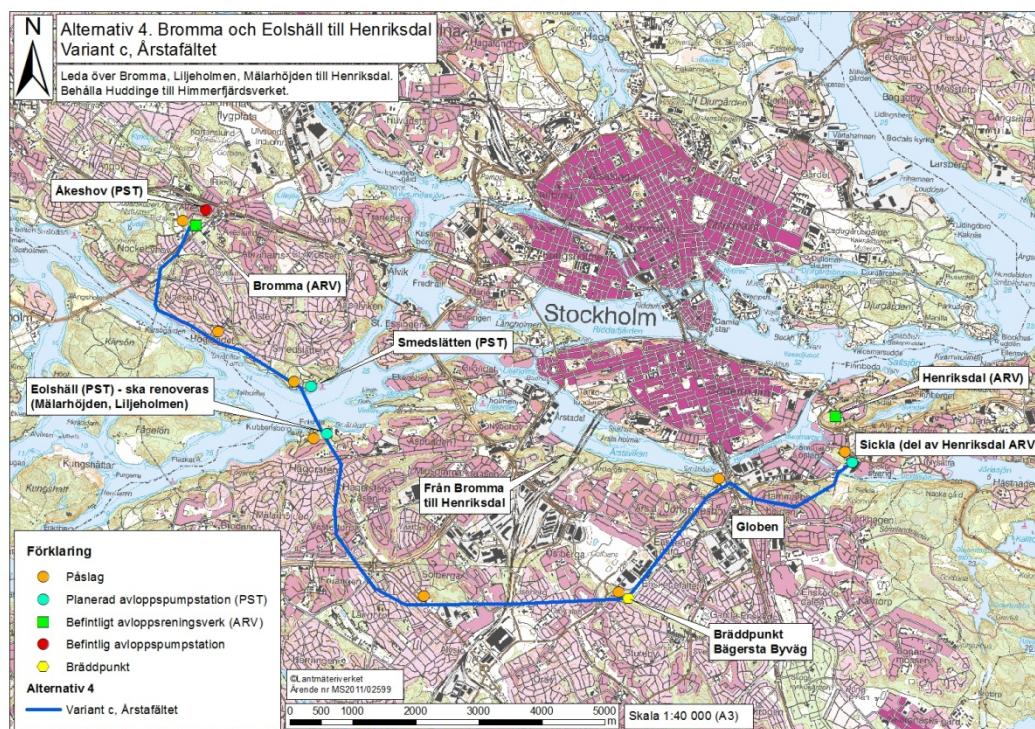
Denna variant liknar variant 4a men den förändringen är att tunneln nu förläggs under Drottningholmsvägen och passerar under Stora Essingen, Ekensberg och Aspudden på en nivå under -45 m, innan den når samma sträckning som i variant 4a. En ny tunnel tillkommer även från Eolshäll till denna anslutningspunkt, se figur 5.6.10.



Figur 5.6.10. Variant alternativ 4b Drottningen

5.6.4.3 Variant alternativ 4c Årstafältet

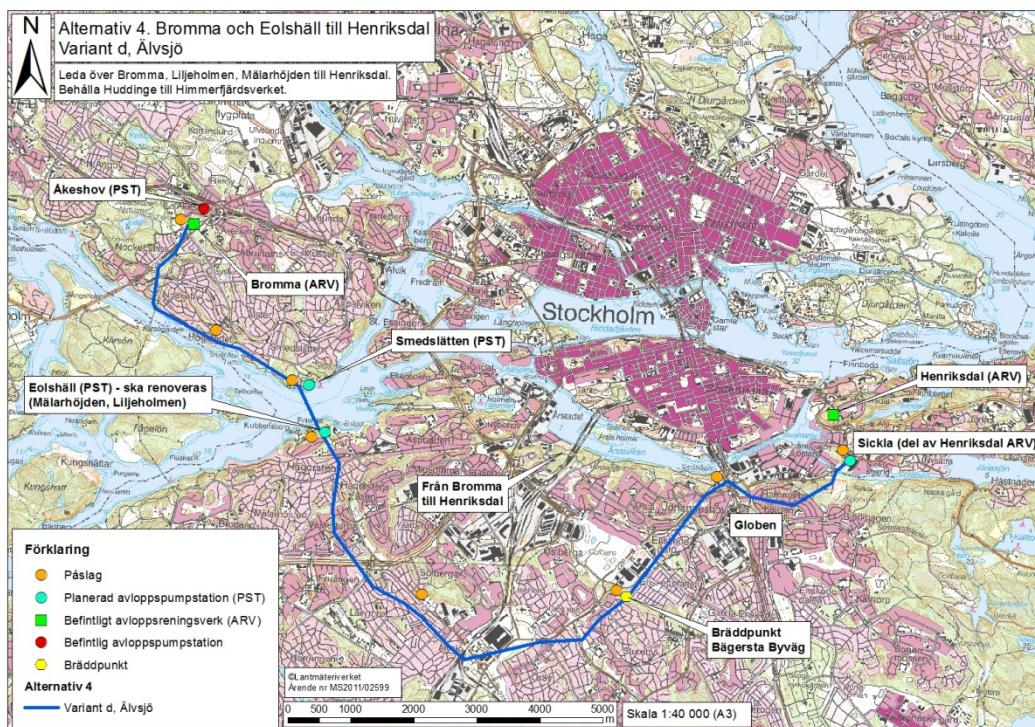
I denna variant ges den nya tunneln en sydligare sträckning och passerar Bägersta byväg. Från denna punkt bräddas idag stora mängder avloppsvatten ut i Saltsjön, via Östbergatunneln, vilket kommer att upphöra. Även i detta fall förläggs den nya tunneln långa sträckor under befintliga avloppstunnlar, se figur 5.6.11.



Figur 5.6.11. Variant alternativ 4c Årstafältet

5.6.4.4 Variant alternativ 4d Älvsjö

Variant 4d har den sydligaste sträckningen av alla de fyra varianterna. En ännu längre sträcka passerar under befintliga avloppstunnlar men sträckningen blir den längsta i Alternativ 4, se figur 5.6.12.



Figur 5.6.12. Variant alternativ 4d Älvsjö

5.6.4.5 Val av variant för alternativ 4

I alla varianterna undviker man att förlägga den nya tunneln den kortaste vägen från Bromma till Eolshäll, eftersom man i så fall skulle förstöra ett stort antal energibrunnar.

Enligt förutsättningarna för denna studie skall tunneln vara i drift december 2018. Detta är en mycket kort tid varför man måste eftersträva en kort tunnel för att begränsa byggtiden. En fördel att placera den nya tunneln under tunnlar är följande

- Man känner till berggrunden och kan därför minimera byggriskerna.
- Man minimerar risker med sättningsskador eftersom inläckage av grundvatten kan bli mindre då den befintliga tunneln ligger som ett skydd över den nya.

Den befintliga tunneln i TUT-alternativet går även under icke bebyggd mark, vilket minskar risken av påverkan på befintlig bebyggelse.

Variant 4b passerar Stora Essingen och Ekensberg vilket gör att en anslutningstunnel måste byggas från Eolshäll. Ytterligare en nackdel är att antalet bräddpunkter som elimineras blir färre än i alternativ 4a.

Båda varianterna 4c och 4d får längder som är större än i variant 4a, då de måste byggas i ett steg eftersom Bromma inte kan anslutas förrän allt är byggt. Därmed blir även de uppskattade nettokostnaderna sannolikt högre än variant 4a om hänsyn tas till vinsterna med att kunna utnyttja marken i Bromma fördröjs.

Av dessa skäl förordas att variant 4a av Alternativ 4 TUT skall väljas, om detta alternativ väljs som inriktningsbeslut.

5.6.4.6 Tunneldrivning alternativ 4a

Alternativer innebär en tunnel från Bromma ARV till Eolshäll och sedan österut under söderort fram till Henriksdal via Sicklaverken. Förutom Mälarpassagen som skall forceras av alternativ 2-4 är detta en sträckning som hela tiden drivs i urban miljö. Under Söderort är dock förhållandena välkända då det finns ett antal befintliga tunnlar i området.

Tabell 5.6.3. Sammanställning av alt 4a för mängder, längder, antal arbetstunnlar och påslag mm.

Alternativ 4a	
Bromma - Henriksdal	
	Delmängder
Bromma – Eolshäll	6 270 m
Eolshäll - Sickla	9 000 m
Bräddning Enskedefältet, Bägersta byväg	1 500 m
Totallängd huvudtunnel	15 000 m
Volym bergschakt huvudtunnel, antag 20 m ²	= 384 875 m ³
Antal arbetstunnlar	7 st
Antal fronter från arbetstunnlar	12 st
Totallängd arbetstunnlar	1 935 m
Volym bergschakt arbetstunnlar, antag 25 m ²	48 375 m ³
Antal vertikalschakt	8 st
Volym bergschakt vertikalschakt, antag 2,5 m ²	1 100 m ³
Total bergschaktvolym	357 725 m ³

För att klara byggtiden med driftsättning i december 2018 behövs 7 arbetstunnlar och maskinparker för att driva totalt 12 fronter. Detta är något som fortfarande är omfattande men bör inte vara omöjligt att få fram. Även här finns det med en forceringskostnad.

En fördel är att merparten av arbetstunnlarna utgår från befintliga påslagslägen och tidigare arbetstunnlar. Detta medför mindre sår i naturen och en naturlig åtkomst till berget. Samtidigt drivs detta projekt i den mest urbana miljön av samtliga alternativ vilket ställer högre krav på den slutgiltiga placeringen utifrån omgivningen, befintliga fastigheter, befintliga anläggningar, exempelvis energibrunnar.

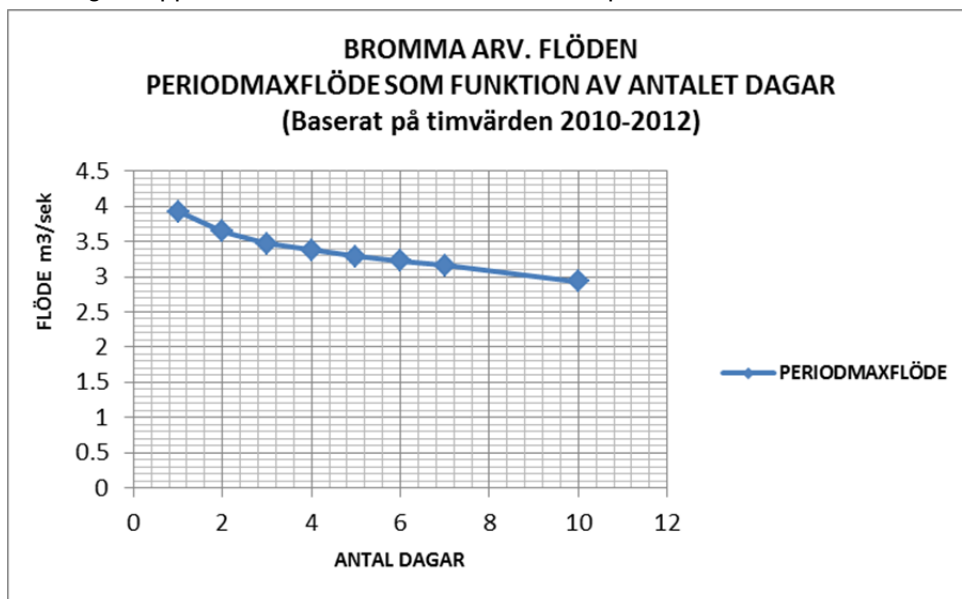
Ytterligare en fördel för detta alternativ är att det finns en hel del tidigare referensmaterial att utgå ifrån, samt att det bara är en kommun är inblandad.

5.7 Hydraulisk funktion, utformning och dimensionering av alternativ 1-4

5.7.1 Bedömning av dimensionerande flöde

Inkommande flöden till Bromma, mätta som timvärden, har analyserats. Högsta medelflöden under 24 timmar är nästan 4 m³/s. Som framgår av följande figur minskar medelflödet ju längre sammanhängande period man beaktar. Exempelvis är medelflödet under en sammanhängande 10-dygnsperiod ca 3 m³/s

Det högsta uppmätta timvärdet under den aktuella perioden är ca 5 m³/s.



Figur 5.7.1. Periodmaxflöde (max medelflöde) som funktion av antal dygn i följd.

Antalet anslutna personer till verket var 316 200 år 2011. SVAB räknar med att antalet personer ökar med 103 800 t o m 2040 till 420 000, dvs ca 40% ökning.

Eftersom nuvarande specifika medelförbrukning uppgår till ca 386 l/p,d, vilket är ett högt värde, är det inte sannolikt att flödet kommer att öka lika fort som den beräknade folkökningen. Exempelvis räknar SVAB med att flödestillskottet endast kommer att uppgå till 150 l/p,d för befolkningstillskottet. Detta innebär att medelflödet endast skulle öka med drygt 12,5 % under den aktuella perioden. Detta är ett lågt värde vilket ger ett totalt medelflöde om 1,60 m³/s år 2040. Enligt tillgänglig statistik för 2012 var medelflödet faktiskt högre än detta värde, nämligen 1,64 m³/s. Egentligen saknar vi data för ca 20 dagar i slutet av december månad man det beräknade värdet kan knappast mer än marginellt skilja sig från det sanna värdet. För 2040 räknas därför med ett medelflöde om 2,0 m³/s och 1,8 m³/s i medeltal under perioden.

Maxflöde under 1 dygn skulle med procentsatsen 12,5 bli 4,5 m³/s år 2040. Eftersom särskilt tunnlar är dyra att öka kapaciteten i, jämfört med att bygga ut ett bassängblock i ett avloppsreningsverk, är det skäl att räkna med ett högre värde som ett alternativ, förslagsvis 30 %. Medelflödet under maxdygnet skulle då bli 5,2 m³/s.

Utjämningen under dygnet förutsatt ske i tunnarna. Som dimensionerande flöde räknas i fortsättningen 5,2 m³/s från Bromma.

I Eolshäll sker ett flödestillskott från totalt 120 000 personer år 2040 enligt SVAB. Räkna med 1,0 m³/s under maxdygnet 2040 och att resten kan utjämnas i tunnarna.

5.7.2 Alternativ 2

Dimensionerande flöde är 5,2 m³/s från Bromma, se föregående kapitel.

Transportsystemet har följande nya huvuddelar i flödesriktningen

- Anslutning i Bromma (Åkeshov) till den befintliga Järvatunneln. Den befintliga pumpstationen avvecklas.
- Tunnel mellan Bromma och Smedslätten
- Pumpstation vid Smedslätten före Mälarpassagen
- Tunnel med monterade ledningar under Mälaren mellan Smedslätten och befintlig pumpstation i Eolshäll
- Modifiering av befintlig pumpstation
- Ombyggnad av klack m.m. i befintlig spillvattenledning vid Sättra
- Tunnel mellan pumpstation i Eolshäll och nytt avloppsverk
- Pumpstation vid det nya verket.

Dessa huvuddelar beskrivs närmare nedan samt motiv ges för utformningen av föreslaget transportsystem.

I Bromma (Åkeshov) ansluter följande tunnlar till verket. Dessutom anges några nivåer i RH00 samt vissa flöden.

- Hässlebytunneln. Inkommande nivå + 0,89 m
Normalflöde/Högsta flöde: 500/3 000 l/s.
- Järvatunneln. Inkommande nivå -27 m
Normalflöde/Högsta flöde: 800/1 600 l/s.
- Riksbytunneln. Inkommande nivå +0,69 m.
Normalflöde/Högsta flöde: 190/1 100 l/s
- Förlängning av Riksbytunneln: Inkommande nivå +0,69 m.
Normalflöde/Högsta flöde: 44/270 l/s.

I Järvatunneln finns en pumpstation som pumpar upp vattnet till nivån +0,69 m.

Från Bromma finns tre tunnlar

- Saltsjötunneln transporterar idag renat avloppsvatten till värmepumpanläggning i Bålstaviken och därefter vidare i tunnel till Kastellholmen där det släpps i Saltsjön. Tunneln ligger i bakfall från Bålstaviken till Kastellholmen och kan därför inte utnyttjas för orenat avloppsvatten. Om ledningar istället förläggs i tunneln, som då måste vara torrlagd, finns det i princip ingen plats att få in reservrör i händelse av skada.
- Bräddtunnel från Åkeshovanläggningen till Mälaren. En ca 1 500 m lång med lutning ca 0,35 promille. 3 m bred och 2 m hög. Beräknad maximal hydraulisk kapacitet vid i princip en full tunnel 2,6 m³/s (Mannings tal = 30).

Den möjliga kapaciteten blir dock lägre än den angivna eftersom det finns installationer som inte får dränkas.

- Gammal utloppstunnel från Nockebyanläggningen till Mälaren, ca 850 m lång med lutning som antagits till 1 promille. 4,2 m bred och 2,8 m hög. Beräknad hydraulisk kapacitet vid i princip full tunnel 4,4 m³/s (Mannings tal = 30). Idag kan värmeverket ta en del sjövattnet genom denna tunnel vid behov. Det är därför svårt att använda denna tunnel.

Det är även oklart vad som händer med värmepumpenläggningen då Bromma läggs ned.

Eftersom situationen för närvarande är oklar slopas i detta skede Järvatunnelns pumpstation och Järvatunneln förlängs mot Mälarpassagen.

Tunneln mellan Bromma och Smedslätten får en tvärsnittsarea om ca 20 m² av produktionstekniska skäl. Lutningen blir minst 1 promille. Tunnelbotten blir betongklädd.

På tunnelns ena sida finns ett 1 m brett gångbord av betong beläget 1,5 m över tunnelns djupaste del. Av arbetsmiljö och drifttekniska skäl är det en fördel om gångbordet inte översvämmas mer än i extrema fall och helst inte alls.

Man kan öka fribordshöjden och därmed minska risken för översvämning genom att lägga på ett betongskikt upp till gångbanehöjd på den råa vertikala bergytan mitt emot gångbordet. Hela vattenrännan blir då betongklädd upp till gångbordets överkant. Mannings tal för en grov brädriven betongyta är 65 vilket medför att den maximala flödeskapaciteten i rännan blir drygt 7 m³/s.

Fylld tunnel, upp till det välvda takets början, har en maximal kapacitet om mer än 12 m³/s.

Före Mälarpassagen anläggs en ny pumpstation. Syftet är lyfta upp vattnet till en lämplig nivå på Eolshällssidan samt garantera en självrensningshastighet i rören mellan Smedslätten och Eolshäll. Stationen utrustas med varvtalsreglerade pumpar som regelmässigt magasineras en viss mängd vatten i tunneln uppströms, så att tillräckligt stort flöde kan pumpas några gånger per dag. Stationen förses med en reservpump. Pumparna installeras i ett torrt utrymme. Möjlighet skall finnas för slam- och sandsugning.

Om strömbrott inträffar kommer vattnet att stiga uppströms tills vattnet når en sådan nivå att det kommer att tryckas genom pumparna och sedan via rören till utsläppspunkten i tunneln i Eolshäll. Ett bypass-rör finns dessutom installerat, ifall flödet skulle vara så stort att genomloppet i pumparna är otillräckligt. Om det skulle bli ett totalhaveri i Mälarpassagen, vilket är ytterst osannolikt, kommer vattnet att brädda genom någon av de befintliga utloppstunnlarna vid Bromma.

Om något tryckrör går sönder finns ett reservrör som kan användas.

Rören mellan Smedslätten och Eolshäll förutsätts få en diameter på ca 1,4 m. Två rör räcker till för att avleda det dimensionerande flödet. Ytterligare ett rör med samma diameter installeras som reserv.

Inläckande vatten tas om hand i en mindre pumpstation i tunnelns lågpunkt. Pumpsumpen görs så stor att den kan ta emot läckvatten under ca två dygn i händelse av strömbrott så att driftpersonalen inte måste åka ut omedelbart, utan har möjlighet att planera sitt arbete. Pumpen förses med två pumpar varav en är reserv. Pumparna styrs på nivå.

Pumpstationen i Eolshäll behålls och modifieras som reserv. I händelse av ett större akut reparationsarbete i tunneln mot det nya verket kan en hygglig vattenmängd pumpas mot

Himmerfjärdsverket och den nödvändiga bräddningen minskas. Detta kräver även en viss ombyggnad av en klack i spillvattentunneln vid Sättra. Klacken kan tas bort och den befintliga tryckledningen förlängas. Dessutom erfordras mindre arbeten för att allt skall fungera på ett tillfredsställande sätt. Detta är detaljer som får lösas i ett senare skede. Som bonus skulle man även kunna rena en relativt stor vattenmängd i det verk som för tillfället har bäst möjlighet att behandla det. Inga kostnader för denna klackombyggnad har medtagits i kostnadsuppskattningen.

I Eolshäll sker ett flödestillskott från totalt 120 000 personer år 2040 enligt SVAB. Räkna med 1,0 m³/s under maxdygnet 2040 och att resten kan utjämnas i tunnarna.

Dimensionerande flöde blir då 6,2 m³/s mot det nya verket.

Tunneln mellan Eolshäll och det nya verket får en tvärsnittsarea om ca 20 m² av produktionstekniska skäl. Lutningen blir 1 promille. Som framgått tidigare i detta kapitel har denna tunnelstorlek en stor hydraulisk kapacitet.

Vid verket anläggs en ny pumpstation som uppfördrar vattnet till reningsanläggningen. Pumparna kommer att varvtalsregleras samt utrustas med minst en reservpump. Utformning i princip lika den vid Smedslätten.

Pumpstationerna i Åkeslund, Bromma-Mälarmagasinet samt Järvatunneln kan avvecklas.

5.7.3 Alternativ 3

I detta alternativ avleds som tidigare 5,2 m³/s från Bromma och 1,0 m³/s från Eolshäll, totalt 6,2 m³/s.

Transportsystemet har följande nya huvuddelar i flödesriktningen

- Anslutning i Bromma (Åkeshov) till den befintliga Järvatunneln. Den befintliga pumpstationen avvecklas.
- Tunnel mellan Bromma och Smedslätten
- Pumpstation vid Smedslätten före Mälarpassagen
- Tunnel med monterade ledningar under Mälaren mellan Smedslätten och befintlig pumpstation i Eolshäll
- Modifiering av befintlig pumpstation i Eolshäll
- Tunnel mellan pumpstation i Eolshäll och Albysjön
- Undervattensbro vid korsande av Albysjön
- Tunnel mellan Albysjön och den befintliga huvudtunneln till Himmerfjärdsverket
- Pumpstation vid Albysjöns västra strand
- Ledning mellan denna pumpstation och befintlig tunnel i Vårsta
- Modifierad befintlig pumpstation före Himmerfjärdsverket

Dessa huvuddelar beskrivs närmare nedan samt motiv ges för utformningen av föreslaget transportsystem

Medelflödet till SYVAB inklusive avloppsvattnet från Eolshäll uppgår till 110 000 m³/d (1,27 m³/s) år 2011 enligt statistik. Ett extremt maxflöde inträffade 2013-01-01. Enligt SYVAB var det maximala flödet ca 11 000 m³/h. Enligt statistik var dock

dygnsmedelvärde något mindre, ca 9 500 m³/h (2,64 m³/s). Maxdygnsfaktorn skulle därmed bli 2,1.

År 2040 räknar SYVAB med ett medelflöde om 168 000 m³/d eller 1,94 m³/s inklusive Eolshäll. Detta år är medelflödet från Eolshäll beräknat av SVAB till 0,42 m³/s och således blir tillskottet nedströms Eolshäll 1,52 m³/s. Med tillkommande folkmängd och med bättre ledningar är det troligt att maxdygnsfaktorn kommer att sjunka. Här antas att denna kommer att bli 2,0 år 2040 motsvarande flödet 3,0 m³/s. Det bör noteras att detta flöde är en summa av flöden i några anslutningspunkter till huvudtunneln.

Det totala dimensionerande maxdygnsflödet till SYVAB skulle då bli 9,2 m³/s.

Som i Alternativ 2 avvecklas pumpstationen i Järvatunneln.

Tunneln mellan Bromma och Smedslätten får en tvärsnittsarea om ca 20 m² av produktionstekniska skäl. Lutningen blir minst 1 promille. Hydrauliskt sett blir det inga problem att avleda denna vattenmängd, eftersom tunneltvärsnittet är så stort. Detta är utförligare redovisat i kapitel 5.7.2. I samma kapitel beskrivs pumpstationen före Mälarpassagen och pumpstationen för inläckande vatten samt Eolshällsstation. I detta fall behövs det dock ingen ombyggnad av klacken i vid Sättra. Däremot måste Eolshällsstation kunna lyfta upp vattnet till den befintliga tunneln vid behov.

Rören mellan Smedslätten och Eolshäll förutsätt få en invändig diameter om ca 1,4 m. Två rör räcker till för att avleda det dimensionerande flödet. Ytterligare ett rör med samma diameter installeras som reserv.

Den befintliga tunneln mellan Eolshäll och Albysjön har följande mått på merparten av sträckan

- Bredd 2,0 m
- Höjd 1,95 m
- Arean är mindre än 4 m² eftersom formen inte är rektangulär.

SVAB har gjort en simulering av ett momentant flöde om 1,8 m³/s. Resultatet visar att tunneln då är fylld till hälften. En ny beräkning visar att maximala kapaciteten är ca 3 m³/s (Mannings tal = 35 samt lutning 2 promille). Denna kapacitet kan jämföras med det dimensionerande flödet 6,2 m³/s.

Den nya tunneln mellan Eolshäll och Albysjön får en tvärsnittsarea om ca 20 m² av produktionstekniska skäl. Lutningen blir minst 1 promille. Hydrauliskt sett blir det inga problem att avleda denna vattenmängd, eftersom tunneltvärsnittet är så stort. Detta är utförligare redovisat i kapitel Alternativ 2

En ny undervattensbro byggs över Albysjön. Den skall ge plats för tre rör, vardera med en diameter om 1,4 m. Rören förläggs i skyddsrör. Det tredje röret läggs i ett senare skede. Eftersom det redan finns två befintliga rör vardera med en invändig diameter om 0,8 m har man ändå till att börja med en hygglig reserv.

Omfattande spontningar behövs för att kunna genomföra arbetet samt stor dykarinsats.

För att kunna ansluta till den befintliga huvudtunneln byggs en ny ca 1,5 km lång tunnel på väster sida om Albysjön. Dessutom byggs en ca 12 km ny ledning med dia 1,4 m till Vårsta från en ny pumpstation vid Albysjön. Skälet är att den befintliga tunneln har otillräcklig kapacitet ner till Vårsta där huvudtunneln får en betydligt större tvärsnittsarea (teoretisk utsprängd area 9,86 m²) än uppströms. Det var tänkt att den på 1960-talet planerade Vårsta-staden skulle anslutas här. Dessa planer blev aldrig realiserade.

Den nya ledningen förläggs i Albysjön där den dubbleras och sedan över åkermarken fram till Vårstavägen vid Tumba. Ledningen följer sedan denna väg till Vårsta. Det är inte kartlagt om det finns andra markinstallationer utefter vägen men okulärt ser det ganska lätt ut att bygga ledningen. En längre del kommer ledningen att förläggas i direkt friktionsmaterial eftersom vägen passerar ett grusåsparti.

Den befintliga huvudtunneln kan sannolikt avleda det dimensionerade flödet. För att verifiera detta måste dock prov genomföras i tunneln för att bestämma Mannings tal. I beräkningarna har värdet 30 använts som bör vara ett rimligt värde med hänsyn till betongskiktet på tunnelgolvet. Vid dimensionerande flöde sker dock en uppdämning i tunneln med någon meter med använt värde 30.

Det är viktigt att påpeka att om proven inte ger avsett resultat kan man bli tvungen att förstärka tunneln nedströms Vårsta med en ca 12 km lång markförlagd ledning. Kostnaderna kan då uppskattningsvis öka med upp till 100 Mkr om en större ledning behövs. Därtill kommer kostnader för minst en ny pumpstation.

Det är även viktigt att påpeka att beräkningsmässigt måste SYVAB-tunneln kapacitetsmässigt förstärkas med nuvarande lösning nedströms Albysjön år 2040. Övriga alternativ med rening i Henriksdal eller i ett nytt verk har inte denna begränsning utan deras tunnelkapacitet är tillräcklig under många år efter 2040.

Pumpstationen vid Himmerfjärdsverket kompletteras med nya pumpar och elutrustning. Idag har stationen torrt uppställda pumpar och detta kommer inte att ändras på vid ombyggnaden.

Pumpstationerna i Åkeslund, Bromma-Mälarmagasinet samt Järvatunneln kan avvecklas.

5.7.4 Alternativ 4

I detta alternativ avleds som tidigare 5,2 m³/s från Bromma och 1,0 m³/s från Eolshäll, totalt 6,2 m³/s.

Transportsystemet har följande nya huvuddelar i flödesriktningen

- Anslutning i Bromma (Åkeshov) till den befintliga Järvatunneln. Den befintliga pumpstationen avvecklas.
- Tunnel mellan Bromma och Smedslätten
- Pumpstation vid Smedslätten före Mälarpassagen
- Tunnel med monterade ledningar under Mälaren mellan Smedslätten och befintlig pumpstation i Eolshäll
- Modifiering av befintlig pumpstation
- Ombyggnad av klack mm i befintlig spillvattenledning vid Sättra
- Tunnel mellan pumpstation i Eolshäll och Sickla
- Pumpstation vid Sickla.

Dessa huvuddelar beskrivs närmare nedan samt motiv ges för utformningen av föreslaget transportsystem.

Som i tidigare alternativ är det samma transportlösning från Bromma till Eolshäll. Närmare beskrivning finns angiven under Alternativ 2

Tunneln mellan Bromma och Smedslätten får en tvärsnittsarea om ca 20 m² av produktionstekniska skäl, lutningen blir minst 1 promille. Hydrauliskt blir det inga problem att avleda denna vattenmängd, eftersom tunneltvärsnittet är så stort.

Rören mellan Smedslätten och Eolshäll förutsätts få en diameter på ca 1,4 m. Två rör räcker till för att avleda det dimensionerande flödet. Ytterligare ett rör med samma diameter installeras som reserv.

Tunneln mellan Eolshäll och Sickla får en tvärsnittsarea om ca 20 m² av produktionstekniska skäl, lutningen blir 1 promille. Hydrauliskt sett blir det inga problem att avleda denna vattenmängd, eftersom tunneltvärsnittet är så stort. Det är heller inga problem att ansluta bräddpunkter, t ex Bägersta Byväg, till tunneln.

Tunnelns livlängd skall vara minst 100 år och därför är det positivt att ha en mycket stor överkapacitet för förhållandena omedelbart efter år 2040.

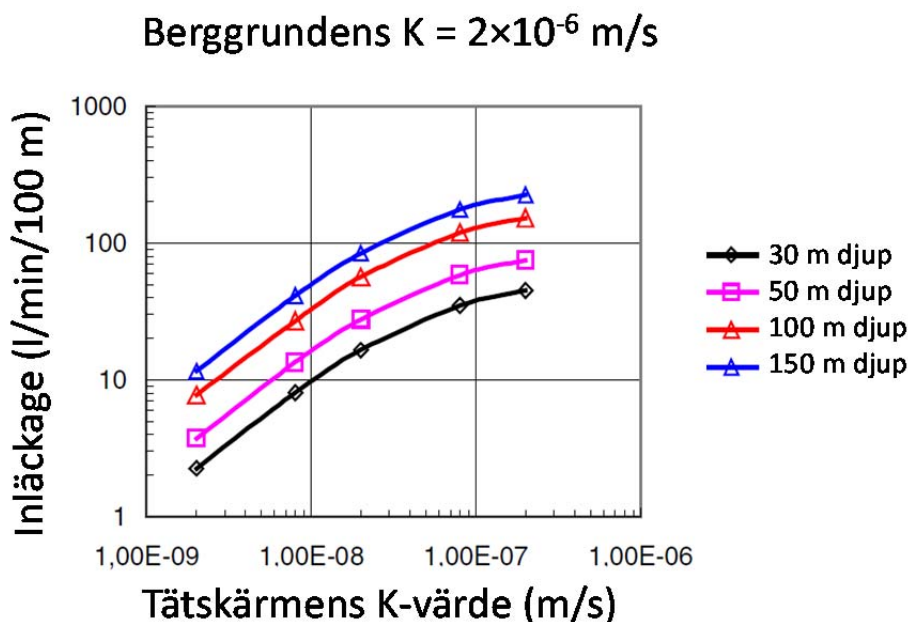
Vid Sickla anläggs en ny pumpstation. Pumparna varvtalregleras samt förses med minst en reservpump. Stationen utformas i princip på samma sätt som den vid Smedslätten.

Pumpstationerna i Åkeslund, Bromma-Mälarmagasinet, Järvatunneln samt Örnberg kan avvecklas. Vid ett närmare studium i ett senare skede är det inte osannolikt att det visar sig att ytterligare stationer kan slopas.

5.8 Inläckage av grundvatten till tunnelanläggningen

5.8.1 Allmänt

Grundvatteninläckagets storlek, för en icke tätad, tunnel är beroende av förekomst och egenskaper av sprickor/spricksystem, berget (och/eller jordlagrens) hydrauliska konduktivitet (K [m/s]), grundvattentrycket och tunnelns area. Bergets hydrauliska konduktivitet är beroende av förekomst och egenskaper av sprickor/-system, som för Stockholmsområdet kan förväntas variera mellan 10^{-9} – 10^{-6} m/s. För en cementinjekterad tunnel blir tätskärmen styrande för inläckaget, så länge tätskärmen är tätare än berget, istället för bergets hydrauliska konduktivitet. Vid tunnelbyggande mäts vanligtvis inläckaget som l/100 m × min. Figuren nedan visar hur inläckaget varierar med tätskärmens hydrauliska konduktivitet (genomsläpplighet) och tunnelns djup (eg. grundvattentryck i detta exempel) vid en genomsnittlig hydraulisk konduktivitet för ett berg om 2×10^{-6} m/s (Statens Vegvesen 2003, Publikasjon nr. 103).



Figur 5.8.1 Inläckagets variation givet olika täthet på tätskärm och tunneldjup (efter Statens Vegvesen 2003).

5.8.2 Förebyggande åtgärder påverkan på grundvattennivåer och följeffekter

Det finns ett flertal olika skyddsåtgärder som brukar användas för att minska den påverkan på grundvattennivåer som anläggningen kan innebära samt att avhjälpa konsekvenserna av denna påverkan.

5.8.2.1 Tätning av tunneln

Tätning av tunnelanläggningar i Stockholmsregionens berggrund görs oftast genom förinjektering, vilket innebär att man via ett flertal borrhål i tunnelfronten trycker ut cementbaserat injekteringsbruk i bergets sprickor. Detta görs innan man borrar och spränger ut bergmassorna i nästkommande 3-4 tunnelsalvor. Oftast utförs täthetstester genom s.k. vattenförlustmätningar i sonderingsborrhål i tunnelfronten för att kunna bedöma bergets täthet och planera. Efterinjektering används normalt endast för kortare sektioner som konstaterats behöva kompletterande tätning där exempelvis eventuella funktions- eller injekteringskrav inte uppnåtts.

Lining, tät inklädnad, innebär att man bygger upp ett oftast cirkulärt vattentätt skal av betongelement i tunneln. Metoden brukar, med fördel, användas i samband med TBM-borring om kravbilderna gällande inläckage är mycket stor. I Stockholmsområdet är inte lining en kontinuerlig metod utan används för speciella sträckor eller insatser. Metoden skall inte förväxlas med den inklädnad med tunnelduk som ofta görs i moderna tunnlar. Syftet med tunnelduk är att skydda installationer från dropp och minskar inte inläckaget som sådant.

5.8.2.2 Skyddsinfiltration

Trots tätning är visst inläckage till bergtunnlarna oundvikligt. För att upprätthålla grundvattennivåerna i områden med grundvattenberoende grundläggning (dvs. trägrundläggning eller grundläggning av hela byggnader eller endast källargolv på lera som är känslig för grundvattennivåssänkning) kan s.k. skyddsinfiltration användas. Skyddsinfiltration är en i Stockholmsområdet väl beprövad metod som kan användas för att hålla uppe nivåer lokalt kring enskilda byggnaders trägrundläggning, eller för att upprätthålla grundvattennivåer inom större områden i undre magasin för att undvika sättningar.

Infiltrationen kan göras temporärt, i samband med t.ex. temporära avsänkningar kring öppna schakter under byggtiden, eller permanent.

Infiltration som skyddsåtgärd kan vara förknippad med vissa nackdelar beroende på förhållanden i aktuellt grundvattenmagasin. I vissa fall behövs relativt många infiltrationsbrunnar för att kunna infiltrera den mängd vatten som behövs. Det finns också en risk att grundvattenytan lokalt kring infiltrationsbrunnar höjs så mycket att vatteninträngning i närbelägna källare sker. Ofta väljer man att infiltrera vatten från kommunalt dricksvattennät snarare än det vatten man leder bort från tunneln. Detta beror på att återinfiltration av länshållningsvatten brukar ställa högre krav på förbehandling av vattnet och underhåll av brunnar. I det fall infiltrationen görs permanent får också vattenförbrukningen som kan vara omfattande betraktas som en nackdel. Vid vissa speciella geotekniska förhållanden kan också infiltration öka risken för skred.

5.8.2.3 Grundförstärkning och borbekämpning

Om sannolikheten för skadliga sättningar bedöms hög, eller konsekvenserna oacceptabla kan grundförstärkning av särskilt känsliga eller värdefulla byggnader vara ett alternativ. Grundförstärkning innebär att man förbättrar byggnadens grundkonstruktion. I vissa fall går det att utföra arbetet från byggnadens källare och ibland krävs mer omfattande schaktning utanför byggnaden. Grundförstärkning är resurs- och kostnadskrävande och används normalt inte som avhjälpanne åtgärd i större omfattning. Grundförstärkning eller omläggning av ledningar kan också genomföras.

För de fall träpålar är i gott skick men en avsänkning av grundvattennivå inte kan undvikas kan borbekämpning eller motsvarande vara ett alternativ. Det innebär att träpålarna på kemisk väg skyddas mot mikrobiologisk nedbrytning.

5.8.3 Förväntat inläckage

Vid injektering i berg i Stockholmsområdet är det rimligt att räkna med att uppnå en hydraulisk konduktivitet för tätskärmen om ca 10^{-8} m/s, vilket resulterar i ett inläckage om ca 10 l/100 m × min för det aktuella tunneldjupet (ca 20-40 m). Om extra insattser sätts in kan man nå ca 5×10^{-9} m/s eller lägre vilket skulle resultera i ett inläckage om ca 3-5 l/100 m × min. Kostnaden för cementinjekteringen kan förväntas fördubblas för att nå en hydraulisk konduktivitet om 5×10^{-9} m/s (ca 3-5 l/100 m × min) för tätskärmen. För alternativ 2 skulle det högre ställda inläckagekravet, för hela sträckan, innebära en ytterligare kostnad om ca 227 Mkr, för alternativ 3 och 4 är den extra kostnaden ca 63 Mkr. För mycket känsliga områden kan inläckagets storlek behöva begränsas ytterligare vilket i så fall genomförs med s.k. betonglining.

5.8.4 Kostnader för att pumpa och behandla inläckande grundvatten

För den aktuella tunneln behöver det inläckande grundvattnet pumpas till avloppsreningsverket varför flödets storlek bör sättas i relation till dessa båda kostnader för hantering vid avloppsreningsverket och energibehov för pumpning. Ett inläckage om 10 l/min×100 m och en tunnelsträckning om ca 15-20 km (alternativ 3 och 4) resulterar i ett tillskott om ca 25-33 l/s grundvatten till flödet, ca 0,6-0,8 % av det totala flödet 4 m³/s. Alternativ 2, en betydligt längre tunnel (50 km), resulterar i ett tillskott om ca 83 l/s eller 2 % av det totala flödet.

Då det inläckande grundvattnet endast innehåller mycket låga halter kväve och fosfor kommer inga extra kemikalier användas vid avloppsreningsverket varför rening av det tillkommande vattnet är i det närmaste försumbart. Kostnaden för att pumpa upp/lyfta det inläckande grundvattnet kommer utgöra maximalt 0,6-0,8 % av denna totala kostnad och maximalt 2 % för alternativ 2.

För delsträckan Mälarpassagen, med ledning i tunnel, kommer inläckande grundvatten ansamlas i lågpunkten varifrån det kan pumpas direkt till recipienten. Detta vatten kommer således inte behöva ledas till avloppsreningsverket.

Utifrån ovanstående resonemang bedöms kostnaderna för pumpning och rening av inläckande grundvatten inte vara styrande för vilka krav som skall ställas på inläckaget. Styrande för inläckagekraven, för samtliga alternativ, blir istället i kommande miljökrav vid tillståndsansökan för vattenverksamhet.

5.9 Val av tunneldrivningsteknik och tunneltvärnsnitt för planerade tunnlar

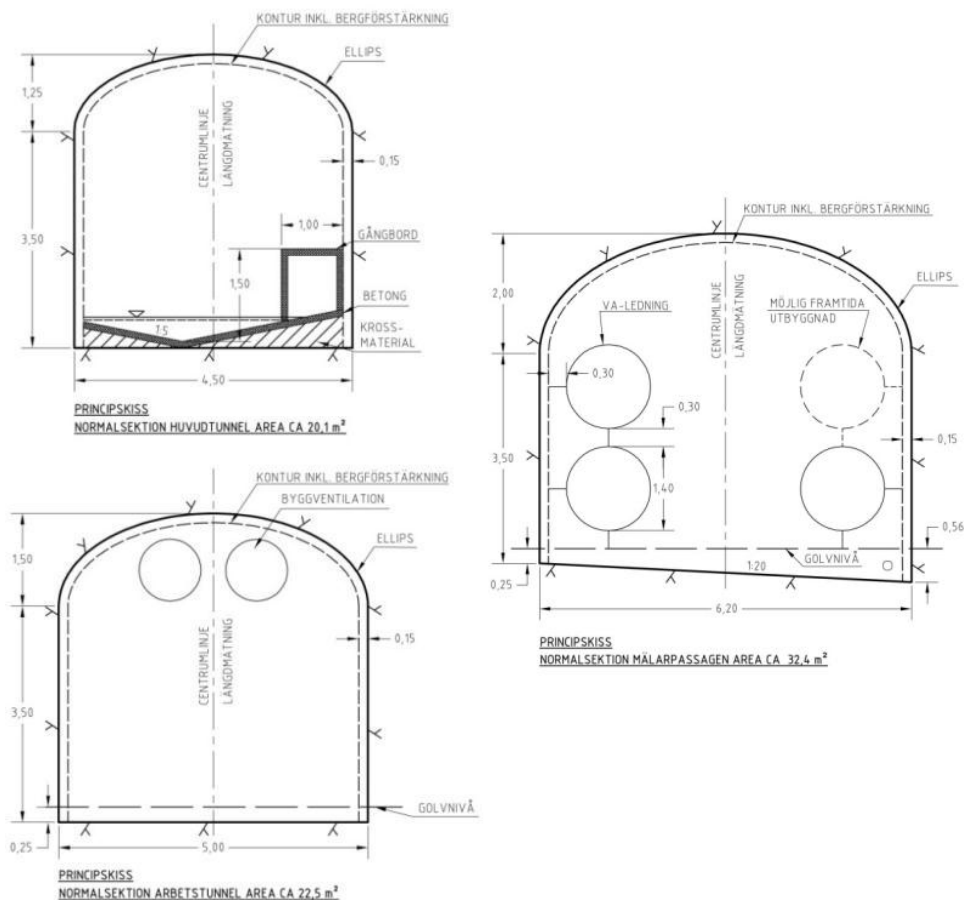
Vid val av drivningsteknik för denna typ av tunnel, tunnelstorlek och tunnellängd ges två möjligheter. Drivning med Tunnel Boring Machines, TBM eller med konventionell utrustning dvs med borrhning och sprängning.

För alternativ 2-4 är det dimensionerande långsiktiga maxflöde <8 m³/s. Utöver detta finns behov för inspektion från ett s.k. gångbord som skall kunna användas vid medelflöden, men som vid höga flöden kommer den att översvämmas. Tunneltvärnsnittet kommer lokalt även behöva utvidgas där berget behöver förstärkas utöver en normal förstärkning, med exempelvis lining. Utvidgningen görs för att det slutgiltiga innermåttest inte skall förändras. Lining kan komma att behövas under passagen av Mälaren för att minimera inträngande sjövattnet. Lining kan också komma att krävas där syftet är att helt utestänga från inträngande grundvatten pga eventuella miljökrav.

För en TBM tunnel skulle dessa dimensionerande förutsättningar innebära en cirkulär tunnel med diametern ca 5–6 m, dvs mellan 20–28 m². Valet skulle säkert bli konservativt närmare diametern 6 m, för att ta höjd för de trånga sektionerna, då tekniken inte medger att göra variationer i tvärsnittet utmed tunneln. Drivningshastigheten för en öppen TBM ligger uppskattningsvis ca 4-5 ggr snabbare än konventionell drivning, dvs ca 20 m/dygn eller 100 m/vecka. Att utföra kontinuerlig förinjektering från en TBM är komplicerat då det är trångt och mycket svårt att injektera en hel skärm runt, varför det inte är att förordas.

Med en konventionell drivningsteknik och maskinpark ligger minsta tunneltvärnsnitt mellan ca 15-20 m², då förutsätts inga specialbyggda maskiner. Utifrån erfarenheter i pågående projekt bedöms en area för huvudtunneln vara kring 20 m² och arbetstunnlarna kring 25 m², se figur 5.9.1. Drivningshastigheten med borrhning och sprängning ligger på ca 5 m/dygn eller 25 m/vecka/front vilket ger 40-50 m/vecka/maskinpark. Vid konventionell drivning finns det samtidigt möjligheter till variationer i tvärsnittet. Tvärsnittet under Mälaren höjs exempelvis lokalt då avloppsvattnet leds i två ledningar med en ytterligare

ledning som redundant, alla med diametern 1,4 m. Botten av tunneln består av betong som lutar inåt från väggarna med en minsta lutning av 1:5.



Figur 5.9.1 Tunneltvärsnitt för arbetstunnel, huvudtunnel och passage under Mälaren

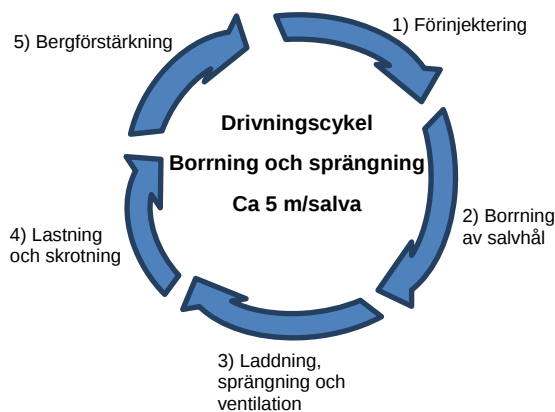
Investeringen av en TBM är ganska hög och tillverkas efter beställning om projektet inte kommer över en begagnad maskin. För detta projekt skulle det kanske vara optimalt med 1-2 maskiner. Stockholm Vatten och projektet har dock en väldigt pressad tidplan vilket innebär att det skulle ta för lång tid att driva tunnelarna med två TBM riggas, då inberäknat tiden från beställningen av maskinerna.

För en konventionellt driven tunnel har för att klara tidplanen bedömts att varje tunnelfront kan drivas maximalt 1 300 m. Det innebär att varje arbetstunnel och maskinpark skall driva ca 2 600 m huvudtunnel. Utöver detta ligger drivningen av själva arbetstunneln.

I denna utredning, utifrån de förutsättningarna på tunnellängder och tider, har valts en drivningsmetod med konventionell drivning med borrar och sprängning. Detta kan naturligtvis komma att förändras om det finns nya förutsättningar som pekar på andra fördelar.

5.9.1 Drivningsmoment med konventionell tunneldrivning

Tunneldrivning med konventionell metod, dvs med borrhning och sprängning är den i Sverige mest vanligt förekommande drivningsmetoden. Drivningen kan delas in i följande moment, se figur 5.9.2.



Figur 5.9.2. Drivningscykel med konventionell teknik, borrhning och sprängning. Förinjekteringen utförs ca var 3-4:e cykel om längder på 20-25 m.

Första momentet i en drivningscykel är förinjektering som normalt görs kontinuerligt, dvs utförs efter en tunnels hela längd. Förinjekteringen utförs för att tät det närmast omgivande bergets sprickor med cement som står i kontakt med omgivande grundvatten för att på detta sätt minimera det inläckande vattnet till tunneln. En förinjektering utförs från ett antal ca 20-25 m långa borrhål framför tunnelfronten där cementen trycks ut i bergets sprickor. Då injekteringshålen är längre än varje salvlängd på ca 5 m ingår förinjekteringen normalt i var 3-4:e cykel för tunneldrivning, se figur 5.9.2. Innan salvborrhning påbörjas utförs normalt en kontroll av utförd injektering som avgör om resultatet på täthet uppnåtts. Omfattningen på injekteringen bestäms under kommande projektering där hänsyn skall tas till funktion och bedömning av påverkan av grundvattennivåer. Krav och omfattning brukar i urbana miljöer oftast fastslås i en miljöprovning för vattenverksamhet.

Andra momentet blir att borra salvhålen. Dessa är omkring 5 m långa för avsedd tunnelarea, dvs salvlängden är 5 m. Hålen laddas med sprängämne antingen patronerat eller med emulsion. Efter sprängning ventileras tunneln ut från spränggaser innan lastning påbörjas. När lastningen slutförs utförs en skrotning av berget som avser att löst berg knackas eller bryts ner. Detta för att säkerställa arbetsmiljön innan bergförstärkning utförs. Det sista momentet i drivningscykeln är bergförstärkning som normalt utförs med bultar och sprutbetong i varierande omfattning. Vid tunneldrivning i extremt dåligt berg kan t ex en betongkonstruktion, en s.k. betonglining, gjutas som skall bära upp berget.

I denna utredning har alla alternativ med tunneldrivning förutsatt beskrivningen enligt ovan. Det finns i alla kalkyler med samtliga moment.

6 Identifiering av miljökonsekvenser och tillståndsbehov

I det följande kapitlet har huvudsakliga miljökonsekvenser identifierats, liksom potentiella konfliktpunkter, längs med respektive delsträckor och alternativ.

Planerad ledning mellan Albysjön via Tumba till Vårsta har inte beaktats i detta kapitel. Trolig förläggning av ledning kommer att bli utefter befintlig väg.

6.1 Naturmiljö

Den potentiella inverkan på naturmiljön som den aktuella tunneln kan komma att ha presenteras här i form av en översiktlig genomgång av möjliga konfliktpunkter för respektive delsträckning. Dessa har identifierats utifrån de i nuläget givna förutsättningarna och pekar därför på omständigheter att ta hänsyn till och aspekter som kräver vidare utredning och klargöranden (t.ex. exakta sträckningar eller påverkansområden för grundvattensänkningar), snarare än de ger en precis bild av naturmiljökonsekvenserna för respektive alternativ. Generellt förutsätts för nedanstående en påverkan både i bygg- och driftskedet och de tydligast inverkanse aktiviteterna att hantera ur ett naturmiljöperspektiv är direkta ingrepp på marknivå (påslag, ev. arbetstunnlar etc.) samt potentiella grundvattensänkningar och effekterna av dessa. Med delsträckningar menas i sammanhanget dels de grenar som motsvarar den enskilda sträckningen för respektive alternativ, dels den gemensamma grenen Bromma – Eolshäll, som ingår i samtliga alternativ utom alternativ 1.

Rikssintressen för naturvård

Naturvårdsverket samarbetar med länsstyrelser och kommuner i urvalet av *rikssintressen för naturvård*. Dessa områden skall representera huvuddragen i svensk natur och visa på mångfalden i landskapstyper, naturtyper och andra för riket karakteristiska naturvärden. Rikssintressena skall enligt Miljöbalken så långt som möjligt skyddas mot åtgärder som kan påtagligt skada naturmiljön.

Det generella begreppet rikssintresse pekar på att särskild hänsyn skall tas till dessa områden vid all planläggning och vid beslut gällande mark- och vattenanvändande. Rikssintressena får inte påtagligt ta skada av ändrade förutsättningar i sådana sammanhang.

Naturresevat

Naturresevat är skyddade områden av betydelse för faunan, floran eller människan alternativt områden av särskilt geologiskt intresse. Initiativet till bildandet av ett naturresevat kan komma från olika håll, men ofta ser processen sådan ut att Länsstyrelsen i något skede genomför inventeringar och samråder med Naturvårdsverket innan beslut omkring eventuellt skydd tas. Kommunerna kan numera själva bilda resevat, men det är som regel Länsstyrelsen som är beslutande organ och som sedan också kommer att fungera som högste förvaltare. Naturresevaten är unika och har egna föreskrifter för bevarandet av naturvärden, men ofta föreskrivs t.ex. förbud mot att förstöra eller skada berg, jord eller sten genom att borra, hacka, spränga o.s.v. Naturresevat kan i enlighet med Miljöbalken bildas för att:

- bevara biologisk mångfald
- vårda och bevara värdefulla naturmiljöer
- tillgodose behov av områden för friluftslivet

- skydda, återställa eller nyskapa värdefulla naturmiljöer
- skydda, återställa eller nyskapa livsmiljöer för skyddsvärda arter

Natura 2000-områden

Natura 2000 är ett europeiskt nätverk av skyddade områden syftande till att hejda utrotningen av arter och livsmiljöer. Urvalet representerar därmed värdefulla naturområden med arter eller naturtyper som anses särskilt värda skydd ur ett europeiskt perspektiv. Bland Sveriges ca 4000 Natura 2000-områden finns det många som också är naturreservat eller nationalpark och samtliga Natura 2000-områden är enligt miljöbalken utpekade riksintressen, se ovan.

6.1.1 Bromma – Eolshäll (Alt. 2, 3, 4)

Förekommande områden av särskilt naturvärde är koncentrerade till sträckningens första kilometer, se figur Figur 6.1.1. Det handlar om Naturreservatet och Natura 2000-området *Judarskogen* samt om Riksintresset för naturvård *Bromma De Geermorän-system*, som till del ingår i naturreservatet och vars skydd är ett av ändamålen med detsamma. När det gäller Judarskogen i stort kan risken antas vara mycket liten för påverkan på de områden som omfattas av reservatet. De Geer-moränssystemen breder emellertid ut sig också över områden som inte ingår i naturreservatet, men som ligger i eller alldeles i anslutning till sträckningen. Med tanke på att moränryggar med mellanliggande områden, flyttblock m.m. anses vara av mycket stort vetenskapligt och pedagogiskt värde och att "... ingrepp såsom ... anläggningar, upplag, schaktning kan skada områdets naturvärden..." bör stor hänsyn tas till riksintresset, särskilt i samband med eventuella ovanjordsarbeten.

Till stor del löper sträckningen inom *Riksintresse Mälaren med öar och strandområden*. Det innebär bl.a. särskilda bestämmelser för hushållning med mark och vatten och därigenom skydd av värden för turist- och friluftsliv.



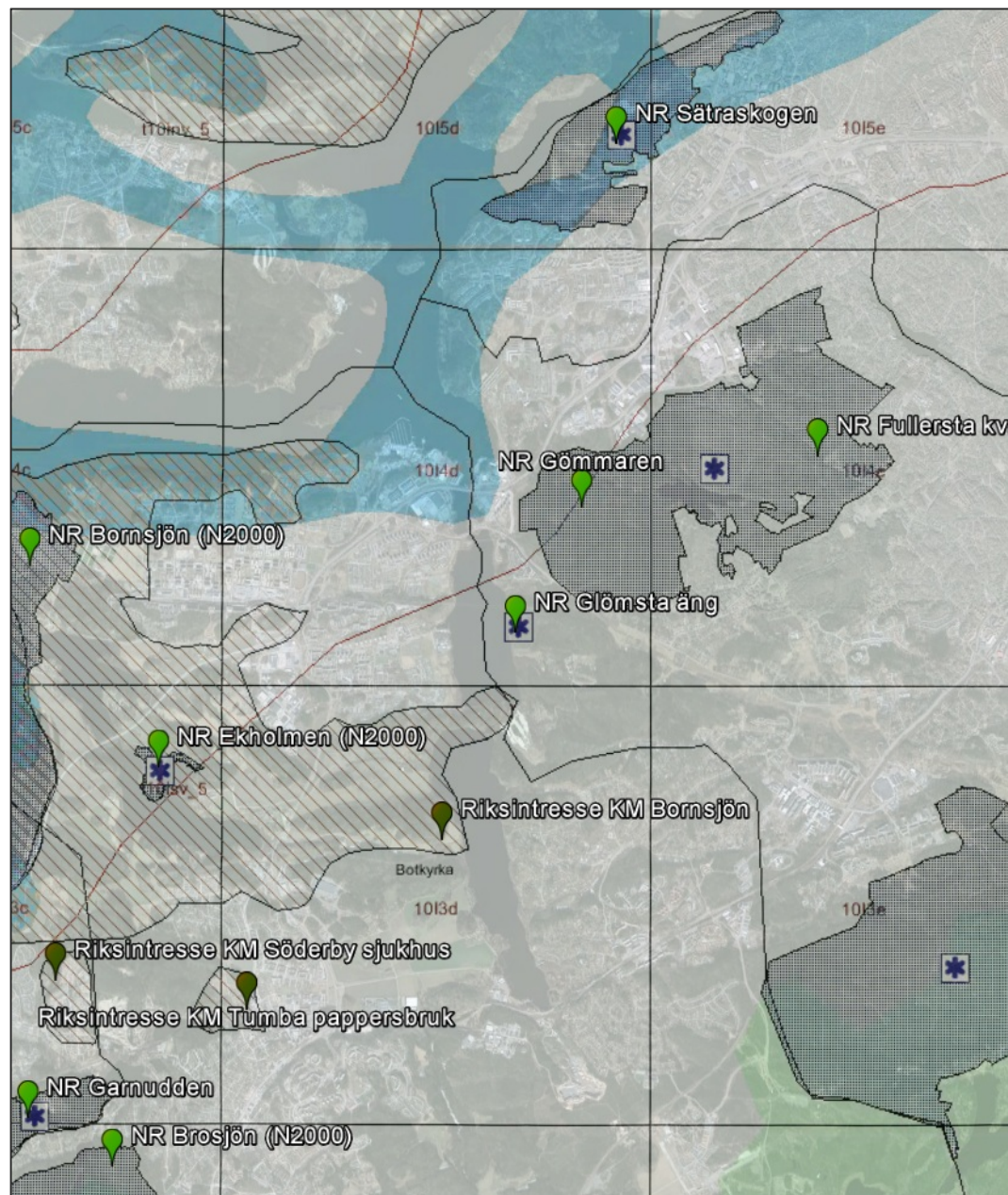
Figur 6.1.1. Riksjämnaden och naturreservat lagrade på stadsmuseets karta över kulturhistorisk klassificering, Bromma (för teckenförklaring/färger hänvisas till texten)

6.1.2 Eolshäll – Alby (Alt. 3)

Sträckningen löper genom stora stycken av Naturreservatet Gömmaren (Huddinge), i eller i mycket nära anslutning till NR Sätterskogen (Stockholm) samt i relativ närhet till NR Glömsta äng (Huddinge) och NR Garnudden (Salem), se figur 6.1.2. Särskilt inom Gömmarens NR och norr om Glömsta äng NR – men också i viss mån i områdena på andra sidan Albysjön/Tullingesjön – passerar sträckningen genom nyckelbiotoper, sumpskogar och andra naturhänsyn som bör beaktas och föranleda vidare utredning, särskilt med avseende på grundvattensänkning och i samband med planeringen av ytliga markarbeten.

Samtliga av de närmast sträckningen liggande Natura 2000-områdena (NR Fullersta kvarn, NR Ekholmen, NR Brosjön, samt delar av NR Bornsjön) ligger utanför det troliga påverkansområdet. Dock bör en mer ingående bedömning av påverkan på nyckelbiotoper, sumpskogar och andra naturhänsyn, se exempel figur 6.1.3, inom och utanför naturreservaten göras enligt ovan.

Genom Hägersten- Bredäng löper sträckningen inom Riksjämnad Mälaren med öar och strandområden (se Bromma- Eolshäll ovan).



Figur 6.1.2. Riksintressen och naturreservat längs sträckningen alternativ 3. (Länsstyrelsens länskartor)

6.1.3 Eolshäll – Sickla/Henriksdal (Alt. 4)

Alldeles i alternativdragningens slut, vid Sickla kanal, tangeras de nordvästligaste delarna av Nackareservatet, som än så länge är det enda Naturreservatet att ta hänsyn till längs sträckningen. Arbetet med att inrätta ett eventuellt naturreservat i Årstaviken med Årstaskogen och Årsta holmar pågår dock, varför särskild hänsyn förordas också i de delar av sträckningen som i så fall kan komma att beröras; detta alldeles oavsett vilket skede processen är i vid en eventuell byggstart.

Generellt är det i samband med ovanjordsarbeten, ev. påslag etc. som omsorgen om skyddsvärdena särskilt skall beaktas, men möjligen kan exempelvis påverkan på torvområdena vid Sickla kanal också behöva ingå i en vidare analys av grundvattensänkningen; detta trots att det troligen kommer att röra sig om en tunnel under tunnel.

6.1.4 Eolshäll – Söder om Stockholm (Alt. 2)

Beroende på den exakta sträckningen i plan och profil finns det omkring 20-25 Naturreservat av olika utbredning som kan hamna i sträckningens väg.

Det finns dessutom ett 15-tal större och mindre Natura 2000-områden, såsom *Hanveden*, *Slätmosse*, och *Häringe-Hammersta* att beakta.

Vissa delar av ovanstående reservat samt ytterligare områden, t.ex. *Kagghamraån* och *Östra Styran*, är Riksintressen för Naturvård och därför viktiga att ta hänsyn till längs en södergående sträckning, särskilt vid eventuella ytliga ingrepp.

Utöver de generella skyddsområdena bör också nyckelbiotoper, sumpskogar och andra särskilda naturhänsyn inom och utanför dessa områden noggrannare kartläggas om och när omständigheterna kring alternativet 2 förtydligas.

6.2 Kulturmiljö

Den potentiella inverkan på kulturmiljön som den aktuella tunneln kan komma att ha presenteras här i form av en översiktlig genomgång av möjliga konfliktpunkter för respektive delsträckning. Dessa har identifierats utifrån de i nuläget givna förutsättningarna och pekar därför på omständigheter att ta hänsyn till och aspekter som kräver vidare utredning och klargöranden (t.ex. exakta sträckningar eller påverkansområden för grundvattensänkningar), snarare än de ger en precis bild av kulturmiljökonsekvenserna för respektive alternativ. Generellt förutsätts för nedanstående en påverkan både i bygg- och driftskedet och de tydligast inverkan aktiviteterna att hantera ur ett kulturmiljöperspektiv är direkta ingrepp på marknivå (påslag, ev. arbetstunnlar etc.) samt potentiella grundvattensänkningar och effekterna av dessa. Med delsträckningar menas i sammanhanget dels de grenar som motsvarar den enskilda sträckningen för respektive alternativ, dels den gemensamma grenen Bromma – Eolshäll, som ingår i samtliga alternativ utom alternativ 1.

Riksintressen

Områden med ett kulturhistoriskt värde av nationell betydelse kan i enlighet med Miljöbalken utnämnas till s.k. *Riksintressen för Kulturmiljövården*. Dessa representerar som urval de skiftande idealen och förutsättningarna för olika epoker och anses i och med det spegla landets historia från forntid till nutid.

Det generella begreppet riksintresse pekar på att särskild hänsyn skall tas till dessa områden vid all planläggning och vid beslut gällande mark- och vattenanvändande. Riksintressena får inte påtagligt ta skada av ändrade förutsättningar i sådana sammanhang.

Fornlämningar

Fornlämningar är boplatser, gravfält, gruvor, medeltida kulturlager och annat som utgör spår av mänsklig verksamhet. Fasta fornlämningar omfattas av Lagen om kulturminnen, som skyddar dem från förändring, borttagande, skada eller övertäckning utan särskilt tillstånd. De ägs av den som äger marken, men tillstånd för markrengöring krävs också för markägare. Tillsynen sköts av respektive Länsstyrelse samtidigt som Riksantikvarieämbetet har s.k. överinseende av kulturminnesvården på nationell nivå.

Byggnadsminnen

Byggnadsminnen är byggnader, miljöer eller anläggningar av särskilt kulturhistoriskt värde. Skyddet syftar till att bevara historiska spår som bidrar till förståelsen av dagens och framtidens samhälle och som bibehållna också säkrar ett bestående kulturarv. Det finns två typer av byggnadsminnen, enskilda byggnadsminnen och statliga byggnadsminnen, och för att reglera tillvaratagandet av det kulturhistoriska värdet fastställs särskilda skyddsbestämmelser för varje objekt. De enskilda byggnadsminnena skyddas av Kulturminneslagen och utses av länsstyrelserna, som också har ansvaret för tillsyn och prövning av tillståndsfrågor vid åtgärder som strider mot de särskilda skyddsbestämmelserna.

Kulturhistorisk klassning

Stockholms stadsmuseum och särskilt stadsantikvarien ansvarar för att peka ut och definiera kulturhistoriskt värdefull bebyggelse i Stockholms stad. Stadsmuseet har själva utarbetat en klassificeringsmetod, med vilken områden kan ringas in som särskilt kulturhistoriskt värdefulla och med vilken fastigheter klassas utifrån bebyggelsens kulturhistoriska värde i fyra nivåer enligt nedan. Klassificeringen kan sedan användas bl.a. i samband med detaljplanering och bygglovsprövning.

Blått är den högsta klassen och omfattar synnerligen kulturhistoriskt värdefull bebyggelse som motsvarar fordringarna för byggnadsminnen i kulturminneslagen.

Grön klassning innebär också ett högt kulturhistoriskt värde och betyder att bebyggelsen är särskilt värdefull från historisk, kulturhistorisk, miljömässig eller konstnärlig synpunkt.

Gult är den tredje nivån som används vid klassificering. Gult innebär att bebyggelsen har positiv betydelse för stadsbilden och/eller har ett visst kulturhistoriskt värde.

Grå klassning tilldelas fastigheter med bebyggelse som inte går att hänföra till de övriga klassificeringskategorierna.

6.2.1 Bromma – Eolshäll (Alt. 2, 3, 4)

I närheten av sträckningen finns två Riksintressen för kulturmiljövård. Det ena, *Olovslunds Egnahemsmiljö*, ligger inte långt från Bromma ARV men utanför det troliga påverkansområdet. Det andra, *Ålstensgatan* på Smedslätten, är förlagt på ett lerområde alldeles i anslutning till sträckningen. Detta faktum, i kombination med de sätt på vilka många av husen i området grundlagts (se vidare avsnitt 6.4), gör att särskild hänsyn bör tas till riksintresset, bl.a. vid en fortsatt analys av sättningspåverkan.

Enstaka fornlämningar återfinns längs sträckningen, särskilt i *Ålstensskogen*. Dessa bör tas i beaktande, särskilt vid planläggning av påslag och andra eventuella arbeten ovan jord.

Det finns inga byggnadsminnesförklarade byggnader eller bebyggelsemiljöer längs eller i anslutning till sträckningen.

Sträckningen löper i stora stycken över områden som enligt Stockholms Stadsmuseums Kulturhistoriska klassificering generellt anses vara *Kulturhistoriskt värdefulla*, inramade med grön ram i figur 6.1.1. I Åkeshov och Nockeby finns utbredd gulmärkt bebyggelse enligt definitionen ovan och dessutom inslag av bebyggelse med grön märkning. De enstaka fastigheter i området där bebyggelsen har ett kulturhistoriskt värde som är blåmärkt och alltså "motsvarar fordringarna för byggnadsminne i kulturminneslagen" får anses ligga utanför påverkansområdet.

6.2.2 Eolshäll – Alby (Alt. 3)

Tre stycken s.k. Riksentressen för kulturmiljövård ligger i eller alldeles i anslutning till sträckningen, se figur 6.1.2. Det gäller kulturmiljöerna kring *Bornsjön*, *Tumba pappersbruk* (som också är sträckningens enda byggnadsminne) samt *Söderby sjukhus*. Förutom beslut om påslagslägen och andra arbeten ovan jord bör nämnda objekt tas in i beräkningarna vid en noggrannare bedömning av sättningspåverkan.

Särskilt Botkyrkas och Salems kommuner är rika på fornlämningar och eftersom vissa av dessa ligger alldeles i anslutning till sträckningen, se figur 6.2.1, bör hänsyn tas till dem, särskilt i planering och genomförande av ovanjordsarbeten.

Bland de Kulturhistoriskt särskilt värdefulla områden som identifierats i och av Huddinge kommun ligger bl.a. *Glömstadalen* (se kommunens detaljplan för området) och *Gamla Södertäljevägen* i anslutning till sträckningen och bör beaktas vid ovanjordsarbeten enligt ovan.



Figur 6.2.1. Snitt ur skogsvårdstyrelsens "Skogens pärlor" lagrad på flygfoto över Alby, särskilda kultur- och naturhänsyn framgår, bl.a. som röda prickar för fornlämnung och som rödkantade områden för nyckelbiotoper.

Tidigt i sträckningen löper den längs med Mälaren genom generellt *Kulturhistoriskt värdefulla* miljöer enligt den Kulturhistoriska klassificeringen och i områdena Bredäng och Mälarhöjden passeras bebyggelse som är ömsom gul-, ömsom grönmärkt enligt ovan. De fastigheter som är blåmärkta och som är värda att beakta i påslags- och/eller sättnings-sammanhangen eftersom de ligger i eller i nära anslutning till sträckningen är *Coldinuorden3: Hus 1* och *Jakobsbergs gård* samt i någon mån *Villa Lyrn* och *Villa Sagatun*.

6.2.3 Eolshäll – Sickla/Henriksdal (Alt. 4)

De Riksintressen för kulturmiljövård (Gröndal, LM-staden Midsommarkransen samt Årsta centrum) som återfinns närmast sträckningen får anses ligga utanför påverkansområdet.

Ett antal fornlämnningar förekommer längs sträckningen, särskilt vid Nybodahöjden, Årsta gård samt Hammarby. Dessa bör tas i beaktande vid planläggning av påslag och andra eventuella arbeten ovan jord m.m.

Tre byggnadsminnen ligger i eller i nära anslutning till sträckningen: *Årstabron*, *Sankt Sigfrids kyrka* i Aspudden samt *Svavelsyrefabriken* i Vinterviken. Särskilt i fråga om det sistnämnda – som ligger oklart grundlagt på ett lerområde inte långt från sträckningen – bör särskild hänsyn tas, bl.a. vid fortsatt analys av sättningspåverkan.

Sträckningen passerar genom eller alldeles nära flera områden som enligt den Kulturhistoriska klassificeringen klassats som generellt *Kulturhistoriskt värdefulla*. Det gäller *Eolshäll-Klubbensborg*, *Vinterviken*, *Årsta gård*, *Hammarbyhöjden* samt flera av *koloniområdena* vid Årstaviken. Förutom redan nämnda byggnadsminnen återfinns i eller i närheten av sträckningen också ytterligare ett antal fastigheter som "... motsvarar fordringarna..." enligt ovan. Det gäller *Hägerstens gård*, *Årsta gård*, *Skanskvarn*, *Skansbacken* samt en samling fastigheter i *Hammarbyhöjden*. Dessa bör särskilt beaktas, bl.a. i samband med planläggning av påslag samt i fortsatt sättningspåverkansanalys. Fastigheter med bebyggelse i övriga två klassningskategorier enligt ovan förekommer också sporadiskt längs sträckningen.

6.2.4 Eolshäll – Söder om Stockholm (Alt. 2)

Beroende på den exakta sträckningen i plan och profil kan 6 eller 7 stycken Riksintressen för kulturmiljövård, såsom *Sorunda-Stymninge*, komma att bli värda att beakta vid ett södergående alternativ.

Södertörn i stort och särskilt Nynäshamns kommun är dessutom rikt på fornlämningar som bör kartläggas och tas hänsyn till vid val av det södergående alternativet och efter att exakt sträckning klargjorts.

De få byggnadsminnen som finns på fastlandet inom aktuellt område återfinns särskilt i Nynäshamn, Ösmo samt i nämnda Sorunda.

Stora delar av områdena för en potentiell södergående sträckning är betraktat som ett Riksintresse Kust och skärgård, vilket bl.a. innebär att "... ingrepp i miljön [får] komma till stånd endast om det kan ske på ett sätt som inte påtagligt skadar områdenas natur- och kulturvärden" samt att "... turismens och friluftslivets intressen särskilt skall beakta.

6.3 Grundvattenrelaterad miljöpåverkan

Bergtunnlar och andra otäta undermarksanläggningar är dränerande och förändrar grundvattenbalansen, med risk för grundvattennivåsänkning och omgivningspåverkan som följd. Vid större inläckage, som pumpas bort, uppstår permanenta grundvattenavsänkningar. Trots tätning är inläckage till tunnlar oundviklig.

Samspelet mellan grundvatten, berggrund, jordlager och undermarksanläggningar kan vara känsligt och ett oförsiktigt hanterande i byggskedet kan resultera i skador. Sättningar och påverkan på t.ex. träpålar samt skador på vatten- och energibrunnar och vattenförekomster är några viktiga potentiella skador att beakta. Samtidig kan vissa sträckor och områden vara mindre känsliga för dränering och avsänkning av grundvattennivån. Grundvattenavsänkningen varierar kraftigt i utbredning beroende av de hydrogeologiska förhållanden, t.ex. sprickzoners utbredning.

Påverkan på grundvattennivåer i jord är allmänt sett förknippat med större risker än påverkan på grundvatten i berg.

Utöver huvudtunnel kommer ett flertal påslag och arbetstunnlar att anläggas vilka kommer förläggas i berg, men sannolikt kommer mer eller mindre omfattande schakter i jord att behöva utföras på olika platser längs sträckningen.

Grundvatten kommer att läcka in till de anläggningsdelar som ligger under grundvattenytan, vilket gäller merparten av den planerade anläggningen. Under byggskedet kommer det inläckande vattnet att ledas till recipienten via dagvattennätet.

Inläckande vatten under driftskedet kommer att blandas med det fritt gående avloppsvattnet i tunneln till avloppsreningsverket.

För att förhindra skador på omgivning till följd av en tunnelkonstruktion tätas tunneln till en nivå där inläckaget inte bedöms medföra negativ påverkan på omgivningen, vilket regleras i kommande tillstånd om vattenverksamhet, 11 kap. miljöbalken. Vid problematiska sträckor och områden kan en helt tät konstruktion byggas, alternativt så kan skyddsinfiltration till grundvattenmagasinet utföras. Infiltration är dock något man normalt försöker undvika, pga de kontinuerliga driftkostnaderna. Ett kontrollprogram upprättas där prognostiserande grundvattennivåer följs under anläggnings- och driftperioden. Behov av skyddsinfiltration bör utredas men för driftsfasen, när tunneln väl är anlagd, bedöms i dagsläget inte behov föreligga.

Styrande för vilken nivå en tunnel, eller delsträcka av en tunnel, tätas till är miljö-, funktions- och arbetsmiljökrav liksom förutsättningar till tätning (eg. bergets egenskaper och hydrogeologin i området) och kostnader för tätningen. Vid ogynnsamma förutsättningar (t.ex. mycket uppsprucket berg och lite bergövertäckning) och hårda krav (låga inläckagekrav) kan kostnaden för tätningen bli stor och arbetet komplicerat. För samtliga alternativa tunnlar i denna utredning bedöms kostnaderna för pumpning och rening av inläckande grundvatten inte vara styrande för vilka krav som skall ställas på inläckaget.

För att föreslå krav på inläckage och åtgärder för att förebygga omgivningspåverkan vid undermarksbyggande beskrivs därför normalt de hydrogeologiska förhållandena, grundvattenberoende objekt (t.ex. vatten- och energibrunnar, infiltrationsanläggningar), skyddsobjekt (byggnader och konstruktioner) och riskområden (känsliga biotop- och vattenområden liksom sättningsbenägna områden). Det är brukligt att en prognos för grundvattenavsänkningen görs i samband med miljökonsekvensanalys av grundvattennivåavsänkning inför tillståndsansökan om vattenverksamhet (bortledning av grundvatten).

6.3.1 Påverkan på grundvattentrycknivåer i berg

Inflödet av grundvatten (inläckaget) till bergförlagda anläggningar ger upphov till en sänkning av grundvattentrycken i berggrundens spricksystem. Denna trycksänkning breder ut sig bort från anläggningen till jämvikt råder mellan inflödet och nybildningen av grundvatten i det påverkade området.

Utbredningen på en trycknivåsänkning i berg beror på inläckagets storlek samt på hur förekommande sprickor kommunicerar hydrauliskt, dels med berganläggningen, med varandra och med överlagrande jordlager. Ytterligare en faktor som kan spela en viktig roll är förekomsten av andra dränerande anläggningar. En trycknivåsänkning på stort djup i berget (till följd av exempelvis en djupt förlagd tunnelbana) behöver inte fortplanta sig upp till mer ytnära spricksystem och inte heller till överlagrande jordlager.

Man kan förvänta sig att konduktiviteten i berggrunden minskar med djupet. Visserligen ökar sannolikhet trycknivåerna i bergets sprickor med ökande djup, men konduktivitetsens avtagande spelar betydligt större roll för inläckaget, varför inläckaget i en djupt förlagd anläggning generellt troligen är lägre än i en mer ytnära sådan.

6.3.2 Påverkan på grundvattennivåer i jord

Inläckage av grundvatten kommer att ske till anläggningsdelar förlagda i jord (t.ex. påslag och utrymningschakt). Temporär sänkning av grundvattennivå kan också komma att ske i syfte att möjliggöra schaktning i torrhet. Detta kan orsaka sänkta grundvattennivåer i

berörda grundvattenmagasin. Hur stor utbredningen av påverkan blir och hur stor avsänkningen blir styrs av jordlagrens hydrauliska konduktivitet, vattenbalansen och hydrauliska ränder.

Positiva hydrauliska ränder är t.ex. angränsande stora grundvattenmagasin eller ytvattenförekomster vars vattennivå inte kan förväntas påverkas av det relativt lilla inflödet till anläggningen. Negativa hydrauliska ränder är begränsningslinjer över vilka inget grundvattenflöde sker, exempelvis tätaskärmar i jord, gräns mellan jord och tätt berg eller mellan jordarter med mkt stor skillnad i konduktivitet. Ytterligare en faktor som kan spela en viktig roll för utbredningen av en påverkan är förekomsten av andra dränerande anläggningar. Grundvattennivåssänkning i jord är i allmänhet mindre än i berg på grund av den större grundvattenbildningen i jord.

Indirekt påverkan som kommer av sänkta grundvattentrycknivåer i berg drabbar undre magasin. För direkt styrs påverkan av vilket magasin som anläggningsdelen ifråga är förlagd i. Beroende på tätheten (konduktivitet och förekomst av punkterande strukturer i form av byggnadskonstruktioner av olika slag etc.) i det lager som skiljer övre och undre magasin kan en långvarig påverkan på undre magasin sprida sig vidare till övre magasin.

Tillfälliga och permanenta konstruktioner i jord kan orsaka förhöjda grundvattennivåer om täta konstruktioner når ner till berget och därmed dämmer upp grundvattenflödet.

6.3.3 Sättningar i organiska jordarter och lera

I den mån organiskt material förekommer i betydande mängd kan en påtaglig grundvattennivåssänkning i övre magasin ge sättningar till följd av mikrobiologisk nedbrytning.

I lerområden formar leran ofta ett lock över undre grundvattenmagasin. Grundvattnets trycknivå kan då ligga uppe i leran. Då leran under lång tid utsatts för detta vattentryck har portrycken i leran anpassat sig. En sänkning av grundvattennivå i undre magasin leder i detta fall till att vatten långsamt dräneras ut lerans porer och portrycket sjunker. Leran anpassar sig till detta genom att komprimeras, vilket ger s.k. konsolideringssättningar. Ett givet lerområdes känslighet för en viss sänkning av grundvattennivå beror på lerans egenskaper, inklusive dess belastningshistorik från eventuella tidigare grundvattennivåssänkningar och normala nivåfluktuationer.

6.3.4 Byggnader, mark och anläggningar

Sättningar i lera i kombination med byggnader grundlagda på lera riskerar att ge sättningsskador på byggnader. Beroende på grundläggningssätt kan skadorna drabba byggnaderna som helhet eller bara källargolv (om källargolvet utförts som s.k. golv på mark, medan husets stomme är pålad). För det fall byggnader är grundlagda på pålar och påtagliga sättningar sker kan byggnadens servisledningar skadas. Servisledning avser anslutande ledning från huvudledning i gata in till byggnaden. Grundvattennivån i det övre grundvattenmagasinet har en viktig funktion för trägrundlagda (träpålar/rustbäddar) byggnader och i förekommande fall ledningar genom att vattnet skyddar träet mot luftens syre. Om grundvattennivå sänks kan mikrobiologisk nedbrytning av förekommande träpålar och rustbäddar ske med ökad hastighet, vilket riskerar att orsaka sättningsskador på trägrundlagda byggnader och i förekommande fall ledningar.

Kraftiga sättningar kan ge problem med exempelvis plattsatta ytor, ojämnheter mellan pålade och icke pålade ytor, brunnsock etc. som sticker upp och därför behöver åtgärdas.

Markförlagda ledningar i lerområden där sättningar sker kan, beroende på grundläggningssätt, komma att skadas. Olika typer av ledningar är olika känsliga. Exempelvis är generellt ledningar för spillvatten, fjärrvärme/fjärrkyla och gas relativt känsliga.

6.3.5 Påverkan på grundvattenkvalitet

För stadsmiljö normala förhöjningar av kolväten, metaller etc. får förväntas förekomma längs stora delar av sträckningen. Påverkan på grundvattennivåer kan leda till ändrade strömningsriktningar och därmed spridning till områden som tidigare inte varit påverkade. Då grundvattnet som tidigare nämnts inte är en dricksvattenresurs bedöms denna potentiella påverkan vara liten.

6.3.6 Försämrade förutsättningar för bergvärme och energilagring

Vattennivåerna kan komma att sänkas av i energibrunnar som kommunicerar med spricksystem som påverkas av anläggningen. Detta leder till minskat möjligt energiuttag. Avsänkta grundvattennivåer i jord riskerar att leda till sämre effekt för eventuella befintliga värmelagransanläggningar och sämre förutsättningar för nyanläggning av sådana.

6.3.7 Vegetationspåverkan

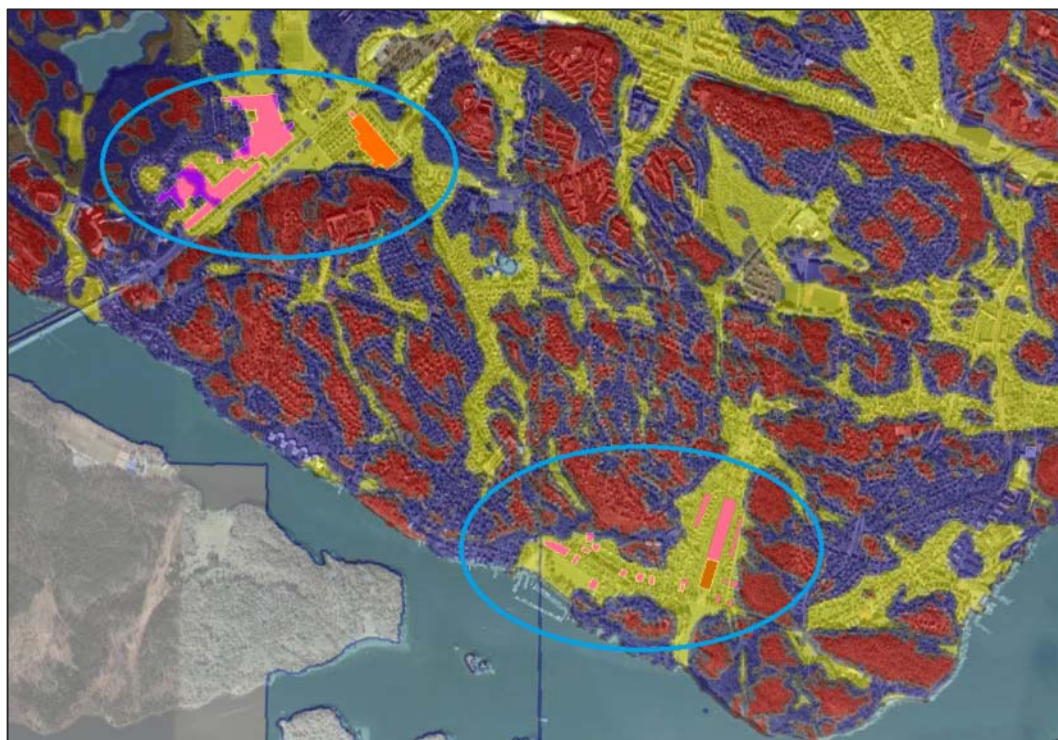
Grundvattennivåsänkning i jordlager kan i sällsynta fall medföra effekter på vegetation. En grundvattensänkning påverkar dock växtligheten endast om grundvattennivån ligger högt under vegetationsperioden och nivåvariationen normalt är liten samt om jorden har en låg vattenhållande förmåga (grovkorniga jordar).

6.4 Riskobjekt för grundvattenavsänkning

I det följande presenteras objekt som utifrån nuvarande förutsättningar kan identifieras som potentiellt känsliga för grundvattensänkningar längs varje delsträcka. En mer ingående analys bör föregås av detaljerade utredningar baserade på tydliga premisser, bl.a. avseende hydrogeologi och därmed påverkansområden samt grundläggningssätt för samtliga byggnader inom dessa områden. De natur- och kulturmiljöobjekt som kan påverkas av ändrade grundvattenförhållanden har översiktligt presenterats ovan. I detta avsnitt utvecklas eventuella konsekvenser för dessa inte vidare, men objekten i fråga bör ingå i en generell djupgående analys av känslighet för grundvattensänkning.

6.4.1 Bromma – Eolshäll (Alt. 2, 3, 4)

De lerpartier av nämnvärd utbredning och mäktighet som finns längs sträckningen breder ut sig över dess första halvkilometer samt längs Ålstenstranden och i trakterna av Ålstensgatan på Smedslätten.



Figur 6.4.1. Områden med identifierade sättningskänsliga fastigheter, Bromma.

I sträckningens början och alldeles öster om finns ett område med s.k. *småstugor*. Många av dessa är grundlagda på träpålar i lera och därför känsliga för grundvattensänkningar. Det finns också enstaka exempel på hus i området som grundlagts på murar eller plintar medan uppgifter om grundläggning saknas för ett större antal hus, se figur 6.4.1.

På andra sidan Drottningholmsvägen och sträckningen finns också ett större område där husen är grundlagda på murar eller plintar på lera. Detsamma gäller för ett antal fastigheter på det nämnda lerpartiet vid Smedslätten, bl.a. husen längs den Riksintressanta Ålstensgatan, se kap 6.2. Flera av dessa byggnader är sedan tidigare försedda med järndubb för sättningskontroll.

Allmänt förekommer dessutom många hus längs sträckningen där grundläggningsuppgifter saknas.

Med Nockebyskogen och Ålstensskogen som de stora undantagen är områdena längs sträckningen på Brommasidan annars frekvent med energibrunnar, se figur 6.4.2.

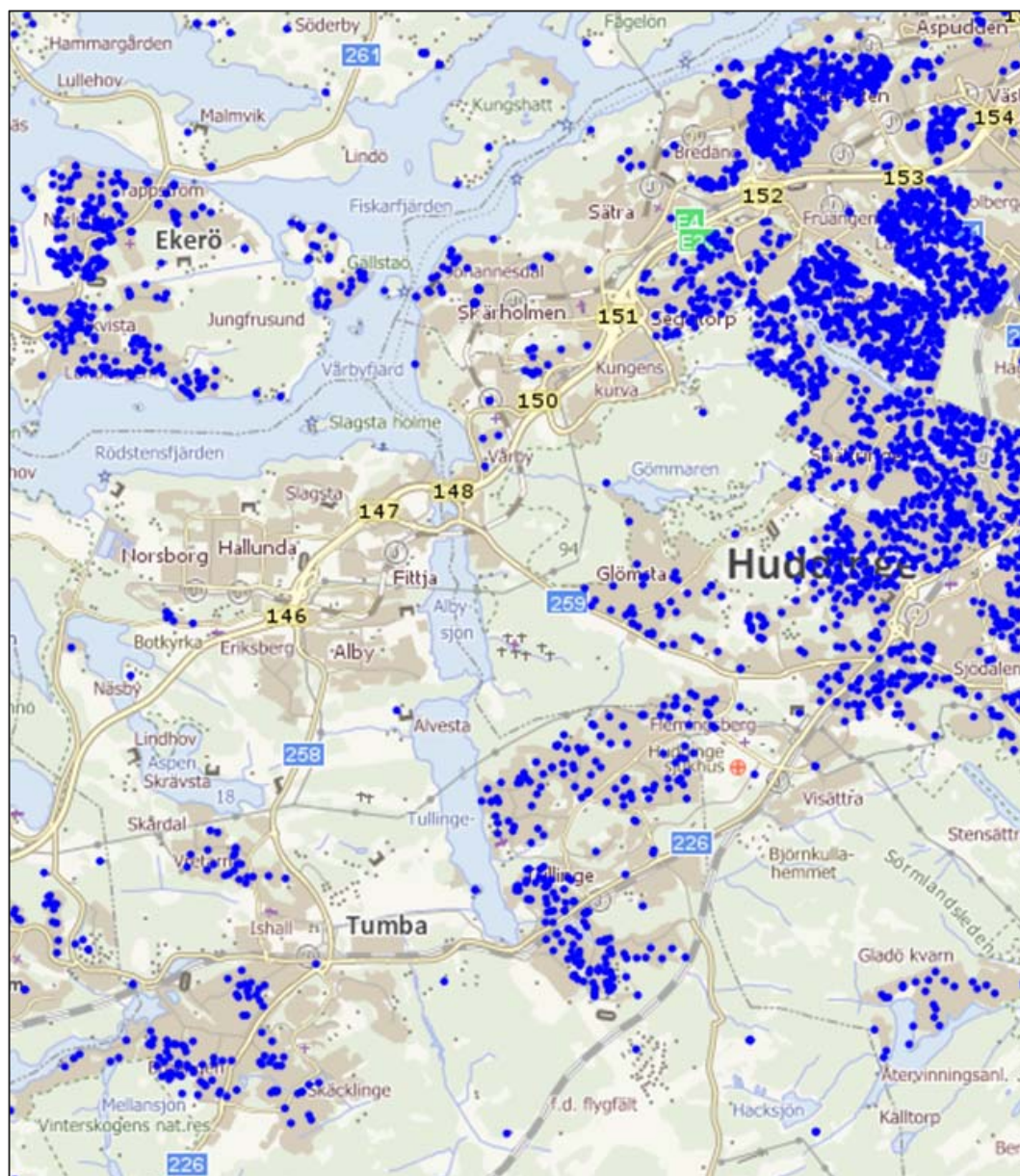
6.4.2 Eolshäll – Alby (Alt. 3)

Den första dryga hälften av sträckningen löper genom Stockholms kommun och Huddinge kommun, från Eolshäll i norr till Albysjöns östra strand i söder. I dessa delar begränsas de närliggande sättningskänsliga områdena till mindre lerpartier med relativt små mäktigheter mellan fastmarksområdena. Något större är mäktigheterna särskilt kring Kolartorp samt på södra sidan om E4 i höjd med Bredäng. I båda dessa områden förekommer dessutom större hårdgjorda ytor och organiska jordarter, men bostadsbebyggelsen är å andra sidan förhållandevis begränsad.

De fastigheter som relativt enkelt och översiktligt låter sig inventeras finns inom Stockholms kommun. Bland de hus med känd grundläggning som förekommer där anges endast enstaka hus som grundlagda på murar/plintar eller med träpålar på lera. En utvidgad inventering bör dock företas, både på stockholmssidan och i Segeltorp i Huddinge.

Över den andra hälften av sträckningen, som löper från Albysjöns västra strand och vidare mot Tumba, finns utbredda lerområden av större mäktighet. De bebyggda delarna inom ett troligt påverkansområde, där sättningsrisken kan vara stor och där grundläggningssätten därför behöver tydligt inventeras, ligger främst i Alby samt i delar av Tumba.

Särskilt i Hägersten (Mälarhöjden) och i någon mån i Segeltorp – Kråkvik är antalet bergborrade energibrunnar stort. I övrigt ligger brunnarna relativt glest placerade längs sträckningen, se figur 6.4.2.



Figur 6.4.2. Översiktlig utbredning av energibrunnar, alternativ 3 (SGU:s brunnarkiv)

6.4.3 Eolshäll – Sickla/Henriksdal (Alt. 4)

De områden med risk för sättningar som ligger i närmast anslutning till sträckningen förekommer främst som mindre lerpartier mellan fastmarksområdena. Mer utbredda lerområden breder dock ut sig i sträckningens relativa närhet och större mäktigheter återfinns både i Aspudden och Liljeholmen samt delar i av Årsta och Hammarby. Förutom potentiella byggnader, som riskerar sättning, finns i slutet av sträckningen exempel på större hårdgjorda ytor över lerområden som kan vara värda att beakta utifrån ett grundvattensänkningsperspektiv. Utmed sträckan finns befintliga tunnlar som korsar och

även ligger parallellt över planerad tunnel och som redan påverkat området hydrauliskt. Hur påverkansområdet förändras med den planerade tunneln är svårt att uttrycka med dagens information men kan antas bli förhållandevis begränsad på stora delar av sträckan.

De enstaka hus som är angivna som grundlagda med murar/plintar på lera och som kan förväntas ligga inom påverkansområdet återfinns framför allt i Hammarbyhöjden. Längs sträckningen och i dess närhet finns dock en hel del hus på lerområden med oklar grundläggning. Det gäller bl.a. någon eller några byggnader som är byggnadsminnesmärkta eller som "... motsvarar fordringarna för byggnadsminnesmärkning..." enligt den kulturhistoriska klassningen, se kap 6.2, varför dessa bör inventeras mer ingående.

Bara ett fåtal energibrunnar är borrade längs med sträckningen, se figur 6.4.3.



Figur 6.4.3. Översiktlig utbredning av energibrunnar, alternativ 4 samt 2 och 3 norröver (SGU:s brunnarsarkiv)

6.4.4 Eolshäll – Söder om Stockholm (Alt. 2)

Trots att stora delar av Södertörn generellt uppvisar naturområdeskaraktär kan särskilt sättningskänsliga objekt mycket väl finnas längs sträckningen. Dessa identifieras emellertid bäst efter en exaktare sträckningsangivelse.

Förutom i ovan nämnda områden längs alternativsträckningar är det särskilt i Huddinge och i någon mån i Haninge – Västerhaninge samt i Nynäshamn som ett större antal energibrunnar borrats. I övrigt ligger brunnarna relativt glest fördelade längs en potentiell sträckning söderut.

6.5 Ytvatten

6.5.1 Avbördning av processvatten

En stor mängd processvatten kommer användas vid tunneldrivningen. Ett uttag av 250 l/m³ fast berg kan antas. För alternativ 2 innebär det ett behov om ca 315 Mm³ medan för alternativ 3 erfordras 96 Mm³ och för alternativ 4 behövs ca 87 Mm³. Det är i dagsläget ej beslutat varifrån processvattnet kommer tas. Detta vatten kommer att blandas med inläckande dag- och grundvatten som kommer behöva bortledas till dagvattennät och/eller recipient. Processvattnet kommer att förorenas av oljor, odetonerat sprängämne, borrkax, cement och sprutbetongrester och kommer kunna tas ut vid respektive påslag på tunneln. En annan effekt av inläckande dag- och grundvatten under byggtiden är att vattnet som genereras kan ha högt pH-värde och höga kvävehalter vilket kan resultera i, för akvatiska organismer, toxiska halter av ammoniak (NH³). Under byggskedet kommer vattnet behöva ledas via en kontrollpunkt/-anläggning och behandlingsanläggning för avskiljning av oljor och partiklar/slam likväl som, vid behov, pH justering, innan det kan avbördas.

6.5.2 Vattenskyddsområden

En identifiering av vattenskyddsområden längs med delsträckorna har gjorts då särskild hänsyn krävs i det fall arbete i vatten, eller avbördning till recipient av processvatten, kommer krävas under byggtiden. I detta tidiga skede har inget arbete i vatten identifierats men kan komma att bli aktuellt vid exempelvis strandnära etableringar av arbetstunnlar eller transport av bergmassor via båt/pråm. Arbete i vatten är tillståndspliktigt enligt miljöbalkens 11 kap. om vattenverksamhet.

6.5.3 Bromma – Eolshäll (Alt. 2, 3, 4)

I princip hela sträckningen löper genom Östra Mälarens Vattenskyddsområde.

6.5.4 Eolshäll – Alby (Alt. 3)

Stora delar av sträckningen, från Eolshäll och hela vägen ned till Alby, löper fortsatt genom Östra Mälarens Vattenskyddsområde. I trakterna av Tumba i sträckningens slut passerar den dessutom genom Segersjö Vattenskyddsområde samt i närheten av Bornsjöns Vattenskyddsområde.

6.5.5 Eolshäll – Sickla/Henriksdal (Alt. 4)

Inga vattenskyddsområden passeras längs sträckningen.

6.5.6 Eolshäll – Söder om Stockholm (Alt. 2)

Förutom de under alternativa sträckningar redan nämnda vattenskydd är åtminstone 6 st. vattenskyddsområden viktiga att ta hänsyn till beroende på det exakta läget för en södergående sträckning.

6.6 Luft

6.6.1 Transporter – emissioner

I byggskedet förekommande påverkan på klimat och luftkvalitet kommer främst att orsakas av ett stort antal transporter in och ut ur huvudtunnel och arbetstunnlar. Utsläppen från fossila bränslen, partikelinnehåll etc. kan förväntas öka, särskilt i anslutning till påslag och arbetstunnlar, och vid sidan om ett mindre antal transporter för etablering av maskiner och material kommer transporterandet naturligtvis främst handla om massor och därmed vara avhängigt tunnellängden. Förutom de eventuella jordmassor som kan behöva bortforslas från bl.a. påslagsschakter, kommer uttransporterna företrädesvis innehålla bergmassor. Med en förväntad lös densitet för berg på $1\,800\text{ kg/m}^3$ och förutsatt ett generellt användande av boggibilar med en lastkapacitet om ca 16 ton, ges en fingervisning om antalet lastbilstransporter för respektive sträckning i tabell 6.7.1. Det bör noteras att det totala antalet transporter sedan skall delas upp mellan antalet arbetstunnlar och totala tiden för bergtransporter. Generellt kan man säga att varje salva genererar 15 lastbilstransporter med berg.

Tabell 6.7.1. Uppskattad masshantering berg för respektive alternativ under hela entreprenadtiden.

Alternativ	Bergschakt* (vlm ³)	Transportvikt (ton)	Antal transporter
2	1 900 000	3 421 000	213 800
3	537 000	966 000	60 400
4	577 000	1 039 000	65 000

*) vlm³ står för verkligt lösa kubikmeter och är att jämföra med en lös densitet på $1\,800\text{ kg/m}^3$ för berg.

En mer ingående analys av både generell och lokal miljöpåverkan från transporter och masshantering genomförs då sträckning och exakta lägen för arbetstunnlar och påslag fastställts.

6.6.2 Spränggaser

I och med att tunnlar ventileras för förbättrade arbetsförhållanden kommer förorenad luft såsom spränggaser att tryckas ut i tunnelmynningar och eventuella ventilationsschakt. En för spränggaser avgörande förorening är kvävedioxid, som kan uppfattas som störande vid utvädring i anslutning till exempelvis bostadsbebyggelse. Halterna varierar med bl.a. vindförhållanden, sprängmedelstyp och salvstorlek varför sprängnings- och utvädringsplanering i kombination med en genomtänkt placering av tunnelmynningar kan spela stor roll i upprätthållandet av miljökvalitetsnormerna. Uppmätningar och bedömningar i samband med byggandet av Södra Länken respektive Citybanan visar att uppkomna halter i de sammanhangen inte bedöms ge någon avsevärd hälsopåverkan vid exponering. Aspekten är i vart fall viktig att ta hänsyn till i fortsatta miljökonsekvensanalyser.

6.6.3 Lukt – avloppstunnlar drift

Tunnlar kommer att luftväxlas med 0,6 luftomsättningar per timme. Under vintertid kommer dock detta värde att minska för att undvika problem med nedkylning. Rening kommer normalt att ske vid verken i särskild reningsanläggning. Vid längre tunnlar kommer tilluftflöden att ordnas på lämpliga ställen utefter tunnelsträckan förutom vid tunnelns början, där inflöde av luft alltid ordnas. Exempelvis kommer tilluftflödet i Bromma att uppgå till ca $13\text{ m}^3/\text{s}$ och i Eolshäll ungefär dubbla värdet för alternativ 4.

6.7 Buller och stomljud

Med tanke på användningsområdet för tunneln är det rimligt att förutsätta att den översiktliga konsekvensanalysen av miljöaspekterna buller och stomljud enbart behandlar byggskedet, detta eftersom några besvärande ljudnivåer i driftskedet inte är att förvänta.

De allmänna resonemangen kring dessa miljöaspekter grundar sig då på antagandet att de projektspecifika kraven i möjligaste mån skall överensstämma med Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggarbetsplatser NFS 2004:15, se utdrag i figur 6.8.1.

Dessa råd är tänkta att fungera som vägledning och är inte juridiskt bindande. Dessutom får avsteg göras från dem vid särskilda skäl och enstaka kortvariga ljudnivåer på upp till 10 dBA över de rekommenderade nivåerna medges. Riktvärdena är tillämpliga både för luftburet buller och stomljud.

NFS 2004:15	Område	Helgfri måndag-fredag		Lördag, söndag och helgdag		Samtliga dagar	
		Dag	Kväll	Dag	Kväll	Natt	
		07-19	19-22	07-19	19-22	22-07	
		L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{AFmax}
	Bostäder för permanent boende och fritidshus						
	<i>Utomhus (vid fasad)</i>	60 dBA	50 dBA	50 dBA	45 dBA	45 dBA	70 dBA
	<i>Inomhus (bostadsrum)</i>	45 dBA	35 dBA	35 dBA	30 dBA	30 dBA	45 dBA
	Vårdlokaler						
	<i>Utomhus (vid fasad)</i>	60 dBA	50 dBA	50 dBA	45 dBA	45 dBA	-
	<i>Inomhus</i>	45 dBA	35 dBA	35 dBA	30 dBA	30 dBA	45 dBA
	Undervisningslokaler						
	<i>Utomhus (vid fasad)</i>	60 dBA	-	-	-	-	-
	<i>Inomhus</i>	40 dBA	-	-	-	-	-
	Arbetslokaler för tyst verksamhet ¹⁾						
	<i>Utomhus (vid fasad)</i>	70 dBA	-	-	-	-	-
	<i>Inomhus</i>	45 dBA	-	-	-	-	-

¹⁾ Med arbetslokaler menas lokaler för ej bullrande verksamhet med krav på stadigvarande koncentration eller behov att kunna föra samtal obesvärat, exempelvis kontor.

¹⁾ Med arbetslokaler menas lokaler för ej bullrande verksamhet med krav på stadigvarande koncentration eller behov att kunna föra samtal obesvärat, exempelvis kontor.

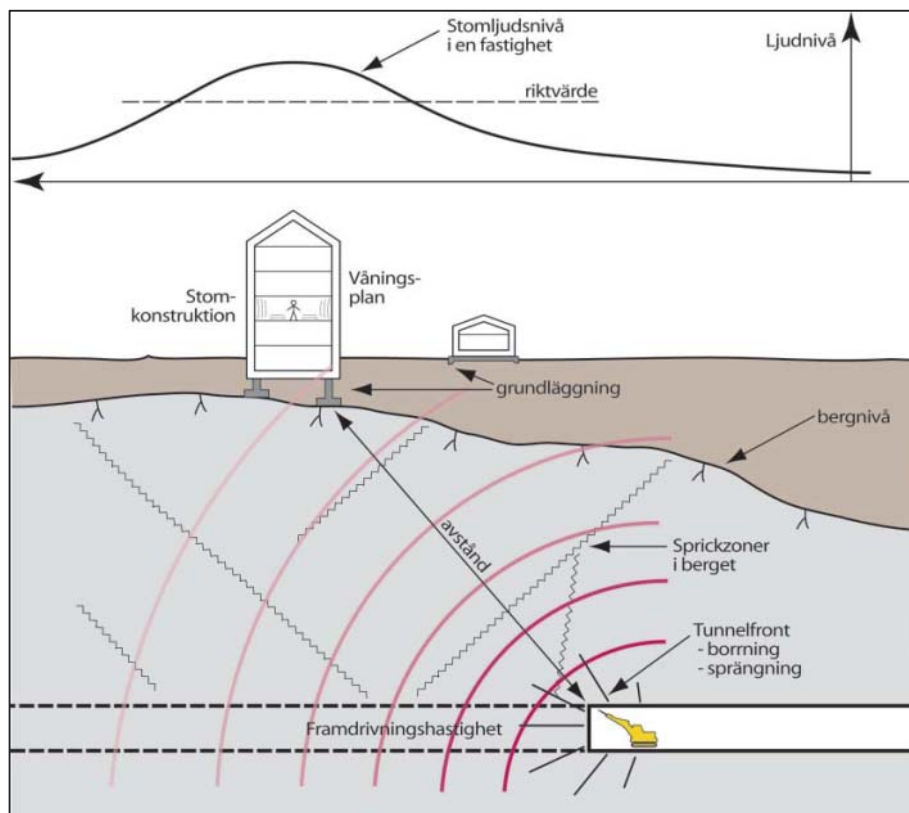
Figur 6.8.1. Utdrag ur Naturvårdsverkets råd om buller från byggarbetsplatser (NFS 2004:15)

6.7.1 Stomljud från tunneldrivning

Den allmänna utgångspunkten är att tunneldrivningen kommer att ske på konventionell metod, d.v.s. genom borrhning och sprängning. Det mindre troliga alternativet – fullortsborrning med TBM – medför annars en framdrivningsfart som i bästa fall är 5 ggr snabbare än vid konventionell tunneldrivning och som alltså ger mindre störningar i ett tidsperspektiv.

Omfattningen och styrkan på stomljudet beror på avståndet mellan tunnelfront och byggnaden, grundläggningssätt, typ av byggnadsstomme samt bergkvalitet. Sprickzoner i

berg liksom grundläggning i jordlager innebär t.ex. energiförluster som dämpar stomljudet, se figur 6.8.2.



Figur 6.8.2. Faktorer som påverkar stomljudsnivån i ovanliggande bebyggelse (MKB för Citybanan).

Utifrån ovanstående och utan alltför preciserade analyser kan följande avgränsningar i förutsättningarna göras, för tunneln i stort och i någon mån för de olika alternativsträckningarna.

- De minsta bergtäckningarna längs den för alternativsträckningarna gemensamma sträckan Bromma – Eolshäll är, förutom vid tunnelns början, att förvänta i områdena vid Smedslätten och strax väster om, nära Ålstensgatan (se profil kap. 5). Det handlar där lokalt om bergtäckningar om ca 40-45 m i områden med förekommande sprickzoner i flera riktningar och med få eller inga byggnader rakt över tunnelsträckningen som är grundlagda på berg. Motsvarande förhållanden gäller i sträckningens början och det är snarare i de mellanliggande partierna – där bergtäckningen förväntas vara uppmot den dubbla och mer – som kombinationen friskare berg och bebyggelse med berggrundläggning är mer utbredd.
- Längs sträckan Eolshäll – Alby är bergtäckningen som minst, 15-20 m, mellan Segeltorp/Kråkvik och en bit in på Albysjöns västra strand (profil kap. 5). De bebyggda områdena är längs denna sträcka mycket begränsade och förekommer egentligen bara i ändpunkterna samt i någon mån på Albysjöns östra strand. I dessa partier bör emellertid mer

detaljerade stomljudsanalyser genomförs vid ett eventuellt val av alternativ 3. Sprickzoner förekommer i området och föreslagen tunnel löper jämsides med en befintlig tunnel, men något förskjuten i sidled för att få tillräcklig bergtäckning. I övriga områden längs sträckningen är bergtäckningen generellt stor till mycket stor.

- Bergtäckningarna är generellt något mindre längs den första halvan av sträckningen Eolshäll – Henriksdal/Sickla, med de minsta täckningarna, ca 20-25 m, i trakterna av Örnsberg och Årstadal (profil kap. 5) I Örnsberg förekommer sprickzoner, medan Årstadal präglas av korsande krosszoner och föreslagen tunnel är dessutom avsedd att dras under en annan tunnel. Många av områdenas fastigheter är dock troligen grundlagda på berg och i kombination med de relativt små bergtäckningarna gör det att en utvecklad analys av förväntade stömljud bör göras här vid ett genomförande av tunneln enligt alternativ 4. Under de tätbefolkade områdena längs övriga delar av sträckningen är bergtäckningen förhållandevis stor och/eller sprick- och krossystemen allmänt utbredda.
- Längs den söderöver löpande sträckningen för alternativ 2 är det svårt att alls analysera en potentiell stömljudssituation i dagsläget eftersom den exakta sträckningen – och därmed marknivåer och föreslagna tunneldjup – är okända.

6.7.2 Byggbuller

Eftersom inga pålnings-, spontningsarbeten eller liknande är planerade kan förekomsten av luftburet buller i byggskedet framför allt antas härröra från lastbilstransporter till och från arbetstunnlar (se avsnitt 6.7.1) samt från eventuell avschaktning vid påslag och arbetstunnlar. De exakta lägena för arbetstunnlarna är ännu preliminära, men den snäva tidsplanen har medfört ett relativt stort antal arbetstunnlar och påslag. Först när lägena är klargjorda kan en grundligare bedömning av bullerpåverkan genomföras. Bland de preliminära påslagslägena i närheten av bebyggelse är merparten befintliga, just för att skona omgivningspåverkan. Men de i Bromma är känsligast då de ligger alldeles intill befintlig bebyggelse.

6.8 Identifierade tillståndsbehov och beskrivning av kommande tillståndsprocess

Avbördning av avloppsvatten under byggtiden är anmälningspliktigt och kontrollprogram för rening och avbördningen av renat vatten utformas i samråd med tillsynsmyndigheten varvid krav på kvalitet i det vatten som avbördas från bergtunnlar och ytschakter ställs upp.

Styrande för inläckagekraven, för samtliga alternativ, antas bli de miljökrav som sökanden framställer i tillståndsansökan för vattenverksamhet och som beslutas i samband med tillståndsansökan om bortledning av grundvatten i enlighet med miljöbalkens 11:e kapitel om vattenverksamhet. Det är rimligt att anta att tillstånd om bortledning av grundvatten för tunnelanläggningen kan erhållas först efter ca 1,5 – 2 år efter det att inriktningsbeslut tagits. Tillståndsprocessen inkluderar bl.a. samråd med myndigheter och tredje man, framtagande av miljökonsekvensbeskrivning, tekniska beskrivningar och övriga ansökningshandlingar liksom det formella ansökningsförfarande, se tabell 6.9.1. Först när tillstånd har erhållits kan entreprenaden påbörjas.

Eventuellt arbete i vatten är även det tillståndspliktigt enligt miljöbalkens 11 kap. om vattenverksamhet.

Tabell 6.9.1 Tillståndprocessens alla delar

Aktivitet	Beroende	Tid	Kommentar
1. Inledande kontakt	Inriktningsbeslut		Tidsbokning Lst
2. Tidigt samråd	Underlag (sträckning bör vara beslutat)		Tidsbokning Lst
3. Myndighetssamråd	Sträckning beslutat, drivningsmetod utredd, andra alternativ beskriva översiktligt	Efter 2-3 mån fr inriktning sbeslut	Tidsbokning Lst
4. Samråd med särskilt berörda	Särskilt berörda och miljökonsekvenser identifierade, beskrivna och i viss mån kvantifierade		Här måste verksamhetsutövaren komma en bit med systemhandlingen
5. Ev. utökat samråd	Ev. kompletteringar	-	Kompletterande utredningar
6. Tillståndsansökan inkl. MKB m.m lämnas till MD	Fullständig MKB, samråd, TB, kompletterande utredningar m.m.	Efter ca 6-9 mån fr inriktning sbeslut	Sträckning måste vara klar, drivningsmetod, systemlösning behöver kunna presenteras likväl som nödvändiga kompletterande utredningar/undersökningar (vattenbalans, GV beräkningar, lukt, m.m.)
7. Ev. kompletteringar till ansökan	Kompletteringar		
8. Kungörelse och remiss			
9. Sökande bemöter inkomna synpunkter	Kompletteringar		
10. Beslut	-	Efter ca 1,5-2 år fr. inriktning sbeslut	

7 Bedömning av genomförandetidplaner för alternativ 1- 4

7.1 Allmänt om genomförandetidplaner

Förslagen till genomförandetidplaner syftar till att översiktligt bedöma och sammanställa vilka aktiviteter som erfordras för att förverkliga de olika alternativen. Genom tidplaneförslagen kan vidare en uppfattning erhållas om hur lång tid hela processen tar samt vikten av att starta upp särskilt besluts och tillståndprocesserna för att förhindra en onödigt lång genomförandetid.

I arbetet med framtagning av genomförandetidplaner har hänsyn inte tagits till eventuell säkerhetsklassad/sekretess upphandling av entreprenör.

Huvuddelarna i tidplaneförslagen är:

- Inriktningsbeslut
- Framtagning förfrågningsunderlag
- Miljöprövning/Tillståndprocess
- Interna och externa beslut
- Upphandling entreprenör
- Genomförande

7.2 Genomförandetidplan alternativ 1

Inga aktiviteter för Ledningsnät.

7.3 Genomförandetidplan alternativ 2

Tabell 7.3.1 Genomförandetidplan för alternativ 2

	Huvudaktiviteter	Beroende	Milstolpe	Tid start	Tid färdigställd	Varaktighet	Kommentarer
1	Inriktningsbeslut		2013-09-05				
1.1	Rapport (Ledningsnät)		2013-08-05				
1.2	Beslut SVAB:s styrelse		2013-09-05				
2	Systemhandling/FFU	1.2 samt kommentar		2016-01-01	2017-01-01	12 mån	Tidpunkt baseras på Miljödelsens bedömning avseende lokalisering av nytt ARV.
3	Tillståndprocess						
3.1	Framtagande tillståndsansökan	2		2016-01-01	2016-06-01	6 mån	
3.2	Samråd		2016-06-01				
3.3	Ansökan till miljödömsolen		2017-01-01				
3.4	Beslut miljödömsolen		2018-01-01				Tid utan överklagande

	Huvudaktiviteter	Beroende	Milstolpe	Tid start	Tid färdigställd	Varaktighet	Kommentarer
5	Beslut kommunfullmäktige i aktuella kommuner						
5.1	Genomförandebeslut		2018-01-01				Osäker tidpunkt, troligen tidigare.
6	Upphandling ABT - kontrakt	2					
6.1	Anbudsfrågan		2017-01-01				
6.2	Utvärdering och upphandling		2017-07-01				Upphandling är villkorad av pkt 5 och 3.4
7	Genomförande						
7.1	Tunnel del Bromma - Nytt ARV 50 km söder om Eolshäll						
7.1.1	Detaljprojektering		2017-08-01	2018-08-01		12 mån	
7.1.2	Byggskede						
	Etablering	3.4	2018-06-01				
	Drivning arbetstunnlar						Drivningstid arbetstunnlar 15 v med 20 maskinparker
	Drivning huvudtunnlar						Drivningstid huvudtunnel 75 v med 20 st maskinparker
	Bygg, inredning						Bygg, inredning 104 veckor
	Slutbesiktning						
	Driftsättning				2023-01-01		Färdigställandetid kräver orimligt omfattande maskinpark och stort antal påslag
7.3	Anslutning vid nytt ARV (pumpstation mm)						
7.3.4	Driftsättning				2023-06-01		Anpassas till tunneldrivning
8	Projekta avslut		2023-09-01				

7.4 Genomförandetidplan alternativ 3

Tabell 7.4.1 Genomförandetidplan för alternativ 3

	Huvudaktiviteter	Beroende	Milstolpe	Tid start	Tid färdigställd	Varaktighet	Kommentarer
1	Inriktningsbeslut		2013-09-05				
1.1	Rapport (Ledningsnät)		2013-08-05				
1.2	Beslut SVAB:s styrelse		2013-09-05				
1.3	Beslut SYVAB:s styrelse		2014-04-01				
2	Systemhandling/FFU	1.2 samt kommentar		2014-05-01	2015-01-01	8 mån	
3	Tillståndprocess						
3.1	Framtagande tillståndsansökan	2		2014-05-01	2015-01-01	8 mån	
3.2	Samråd		2015-01-01				
3.3	Ansökan till miljödomstolen		2015-06-01				
3.4	Beslut miljödomstolen		2016-04-01				Tid utan överklagande
5	Beslut kommunfullmäktige i aktuella kommuner						
5.1	Genomförandebeslut		2016-04-01				Osäker tidpunkt, troligen tidiager.
6	Upphandling ABT - kontrakt	2					
6.1	Anbudsfrågan		2015-02-01				
6.2	Utvärdering och upphandling		2015-05-01				Upphandling är villkorad av pkt 5 och 3.4
7	Genomförande						
7.1	Tunneldel Bromma - Himmerfjärdsverket						
7.1.1	Detaljprojektering		2015-06-01	2016-03-01		9 mån	
7.1.2	Byggskede						
	Etablering	3.4	2016-05-01				
	Drivning arbetstunnlar		2016-08-01	2017-01-01		5 mån	
	Drivning huvdtunnlar		2017-01-01	2018-07-01		18 mån	Arbete under semesterperiod
	Bygg, inredning		2018-01-01	2018-12-01			
	Slutbesiktning		2018-12-01				
	Driftsättning				2019-01-01		
8	Projektavslut		2019-03-01				

7.5 Genomförandetidplan alternativ 4

Tabell 7.5.1 Genomförande ledningsnät för Alternativ 4 utbyggnad av Henriksdalsverket

	Huvudaktiviteter	Beroende	Milstolpe	Tid start	Tid färdigställd	Varaktighet	Kommentarer
1	Inriktningsbeslut		2013-09-05				
1.1	Rapport (Ledningsnät)		2013-08-05				
1.2	Beslut SVAB:s styrelse		2013-09-05				
2	Systemhandling/FFU	1.2 samt kommentar		2013-09-01	2014-01-01	4 mån	
3	Tillståndsprocess						
3.1	Framtagande tillståndsansökan	2		2013-09-01	2014-05-01	8 mån	
3.2	Samråd		2014-05-01				
3.3	Ansökan till miljödomstolen		2014-11-01			6 mån	
3.4	Beslut miljödomstolen		2015-09-01			10 mån	Tid utan överklagande
5	Beslut kommunfullmäktige i aktuella kommuner						
5.1	Genomförandebeslut		2015-09-01				Osäker tidpunkt, troligen tidiager.
6	Upphandling ABT - kontrakt	2					
6.1	Anbudsförfrågan		2014-02-01				
6.2	Utvärdering och upphandling		2014-05-01				Upphandling är villkorad av pkt 5 och 3.4
7	Genomförande						
7.1	Tunneldel Bromma – Henriksdals ARV						
7.1.1	Detaljprojektering		2014-06-01	2015-01-01		6 mån	
7.1.2	Byggskede						
	Etablering	3.4	2015-10-01				
	Drivning arbetstunnlar		2016-01-01	2016-06-01		5 mån	
	Drivning huvudtunnlar		2016-06-01	2018-04-01		22 mån	Arbete under semesterperiod
	Bygg, inredning		2017-10-01	2018-09-01		11 mån	
	Slutbesiktning		2018-09-01				
	Driftsättning				2018-10-01		
8	Projektavslut		2018-12-01				

8 Investeringskostnadsbedömning för alternativ 1- 4

8.1 Investeringskostnadsbedömning allmänt

Avvecklingskostnader för befintliga pumpstationer, samt inlösen av mark, ersättning till fastighetsägare för energibrunnar har inte beaktats i nedanstående kostnadssammanställningar.

8.2 Investeringskostnadsbedömning för alternativ 1

Inga kostnader för utbyggnad av Bromma ARV, enligt alternativ 1, ingår för Ledningsnät.

8.3 Investeringskostnadsbedömning för alternativ 2

Tabell 8.3.1 Investeringsbedömning alternativ 2

Huvudkomponenter	Mängd	Enhetskostnad	Totalt
Ledningar			
Ledningar för Mälarpassagen (3xdim 1400 mm)	1 350 m	39 000 kr	52 650 000 kr
Pumpstation 1,2,3, 4			
Maskin		Totalkostnad	56 200 000 kr
Bygg		Totalkostnad	25 000 000 kr
El		Totalkostnad	25 000 000 kr
Delsumma 1			106 200 000 kr
Tunnel ink arbetstunnlar och schakt			
Berg	61 545 m	32 000 kr	1 969 440 000 kr
Forceringskostnader tunneldrivning 50 %			984 720 000 kr
Bygg ink ventilation	55 350 m	8 000 kr	442 800 000 kr
Delsumma 2			3 555 810 000 kr
Oförutsett 25 %			888 952 500 kr
Delsumma 3			4 444 762 500 kr
Proj, byggledn, kontroll 20 %			888 952 500 kr
Total anläggningskostnad alternativ 2			5 333 715 000 kr

8.4 Investeringskostnadsbedömning för alternativ 3

Tabell 8.4.1 Investeringsbedömning alternativ 3

Huvudkomponenter	Mängd	Enhetskostnad	Totalt
Ledningar			
Omläggning av befintlig vattenledning (7 km, dim 160 mm)		Totalkostnad	18 000 000 kr
16 km tryckspill ledning (dim 1 400 mm)		Totalkostnad	200 000 000 kr
Ledningar för Mälarpassagen (3xdim 1 400 mm)	1 350 m	39 000 kr	52 650 000 kr
Ledningar inkl spont etc för passagen av Albysjön		Totalkostnad	64 000 000 kr
Optokabel		Totalkostnad	25 000 000 kr
Delsumma 1		Totalkostnad	359 650 000 kr
Pumpstation 1,2,3,4,5			
Maskin		Totalkostnad	52 200 000 kr
Bygg		Totalkostnad	25 000 000 kr
El		Totalkostnad	25 000 000 kr
Delsumma 2		Totalkostnad	102 200 000 kr
Tunnel ink arbetstunnlar och schakt			
Berg	17 295 m	31 500 kr	544 792 500 kr
Forceringskostnader tunneldrivning 20 %			108 958 500 kr
Bygg ink ventilation	15 150 m	8 000 kr	121 200 000 kr
Delsumma 3			774 951 000 kr
Oförutsett 25 % på delsumma 1-3			309 200 250 kr
Delsumma 4			1 546 001 250 kr
Proj, byggledn, kontroll. 20 %			309 200 250 kr
Total anläggningskostnad alternativ 3			1 855 201 500 kr

8.5 Investeringskostnadsbedömning för alternativ 4

Tabell 8.5.1 Investeringsbedömning alternativ 4

Huvudkomponenter	Mängd	Enhetskostnad	Totalt
Ledningar			
Ledningar för Mälarpassagen (3xdim 1 400 mm)	1 350 m	39 000 kr	52 650 000 kr
Pumpstation 1,2,3,4			
Maskin		Totalkostnad	53 200 000 kr
Bygg		Totalkostnad	25 000 000 kr
El		Totalkostnad	25 000 000 kr
Tunnel ink arbetstunnlar, bräddtunnel Bägersta och schakt			
Berg	18 705 m	31 300 kr	585 466 500 kr
Forceringskostnader tunneldrivning 15 %			87 820 000 kr
Bygg ink ventilation	16 770 m	8 000 kr	134 160 000 kr
Delsumma 1			963 296 500 kr
Oförutsett 25 %			240 824 100 kr
Delsumma 2			1 204 120 600 kr
Proj, byggledn, kontroll 20 %			240 824 100 kr
Total anläggningskostnad alternativ 4			1 444 945 000 kr

8.6 Sammanställning av investeringskostnadsbedömning för alternativ 1- 4

Tabell 8.3.1 Sammanställning av investeringsbedömning för alternativ 1-4

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
Totalkostnad	-	5 333 715 000 kr	1 855 201 500 kr	1 444 945 000 kr

9 Kostnadsbedömning av Drift- och Underhållskostnader för alternativ 1-4

9.1 Drift- och underhållskostnader för alternativ 1

Inga drift- och underhållskostnader framtagna för alternativ 1 – utbyggnad av Bromma Reningsverk.

9.2 Drift- och underhållskostnader för alternativ 2

Tabell 9.2.1 DoU-kostnader för alternativ 2

Alternativ 2 - Nytt Reningsverk	Mängd	Kostn/enh	Kostnad/år	Anmärkning
Ledningar	4 050 m	10 kr/m	40 500 kr/år	
Tunnel	61 545 m	25 kr/m	1 538 625 kr/år	
Pumpstationer, Underhåll			1 874 000 kr/år	
Pumpstationer, Drift			18 462 000 kr/år	
Total DoU-kostnad alt 2			21 915 125 kr/år	*

^{*)} Tillkommande kostnader för utökad driftpersonal etc bedöms vara utan större kostnads-påverkan för samtliga alternativ.

9.3 Drift- och underhållskostnader för alternativ 3

Tabell 9.3.1 DoU-kostnader för alternativ 3

Alternativ 3 - Utbyggnad av Himmerfjärdsverket	Mängd	Kostn/enh	Kostnad/år	Anmärkning
Ledningar	21 250 m	10 kr/m	212 500 kr/år	
Tunnel	17 295 m	25 kr/m	432 375 kr/år	
Pumpstationer, Underhåll			1 794 000 kr/år	
Pumpstationer, Drift			19 670 000 kr/år	
Total DoU-kostnad alt 3			22 108 875 kr/år	*

^{*)} Tillkommande kostnader för utökad driftpersonal etc bedöms vara utan större kostnads-påverkan för samtliga alternativ.

9.4 Drift- och underhållskostnader för alternativ 4

Tabell 9.4.1 DoU-kostnader för alternativ 4

Alternativ 4 - Utbyggnad av Henrikdalsverket	Mängd	Kostn/enh	Kostnad/år	Anmärkning
Ledningar	4 050 m	10 kr/m	40 500 kr/år	
Tunnel	18 705 m	25 kr/m	467 625 kr/år	
Pumpstationer, Underhåll			1 814 000 kr/år	
Pumpstationer, Drift			11 162 000 kr/år	
Total DoU-kostnad alt 4			13 484 125 kr/år	*

^{*)} Tillkommande kostnader för utökad driftpersonal etc bedöms vara utan större kostnads-påverkan för samtliga alternativ.

9.5 Sammanställning Drift- och underhållskostnader för alternativ 1- 4

Tabell 9.5.1 Sammanställning av DoU-kostnader för alternativ 1-4

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
DoU-kostnad	-	21 915 125 kr/år	22 108 875 kr/år	13 484 125 kr/år

10 Översiktlig riskbedömning

10.1 Allmänt

En översiktlig riskbedömning har gjorts för samtliga fyra alternativ. Bedömningen har gjorts under en workshop med ett stort antal personer inblandade från alla teknikområden. Inledningsvis listades alla oönskade händelser eller skadehändelser som gruppen kunde komma fram till.

Utifrån hanteringen av de oönskade händelserna har sedan en beskrivning av orsaken till de oönskade händelserna beskrivits samt de möjliga konsekvenserna.

10.2 Riskvärdering

Riskvärdering utförs med utgångspunkt från sannolikhetsklasser och konsekvensklasser enligt följande:

- Konsekvens kostnad: Påverkan på kostnad för utförandet av konstruktioner avseende analyserat system/objekt.
- Konsekvens tid: Påverkan på tiden för utförandet av konstruktioner avseende analyserat system/objekt.
- Konsekvens arbetsmiljö: Obehag, skador eller dödsfall för arbetare.
- Konsekvens ersättning till 3:e man: Kan delas upp på två delkonsekvenser. I denna översiktliga värdering har de dock slagits ihop.
 - o Konsekvens ersättning till 3:e man: Kostnad för ersättning p.g.a. skadade hus, ledningar eller andra störningar (driftavbrott tågtrafik, datorer eller verksamhet i hus) etc.
 - o Konsekvens skador på 3:e man: Obehag, skador eller dödsfall för 3:e man. Obehag kan även avse buller, begränsad framkomlighet mm.
- Konsekvens omgivning/miljö: Påverkan på naturmiljö t ex grundvatten, flora och fauna.

Riskvärderingen skall utföras med förutsättningen att normalt förekommande åtgärder i samband med projektering och utförande tillämpas. Nedan följer en beskrivning av sannolikheter och konsekvenser i tabell 10.2.1 och 10.2.2. Värdet på sannolikheten och gränserna mellan prioriteringsfaktorn bör diskuteras och slutgiltigt ansättas av SVAB. Detta kommer att ligga till grund för den genererade risknivån. I denna övning som gjorts för denna utredning är värdena hämtade från Norra Länken i Stockholm, ett stort komplext infrastrukturprojekt, varför det kan betraktas som relevanta nivåer.

Tabell 10.2.1. Beskrivning av sannolikheter.

Sannolikhet (S)	Innebörd	Prioriterings-faktor	Värde
Mycket stor	Mycket troligt att den inträffar	5	1
Stor	Troligt att den inträffar	4	0,5 – 0,99
Medel	Kan inträffa	3	0,05 – 0,5
Låg	Bedöms troligen inte inträffa	2	0,005 – 0,05
Mycket låg	Bedöms inte inträffa	1	< 0,005

Tabell 10.2.2. Beskrivning av konsekvenser.

Konsekvens (K)	Riktlinje	Prioriterings-faktor	Värde
Mycket stor	Konsekvensen är mycket kritisk för utformningen /utförandet av den studerade anläggningen	5	5
Stor	Konsekvensen är allvarlig för utformningen/utförandet av den studerade anläggningen	4	4
Medel	Konsekvensen har viss betydelse för utformningen /utförandet av den studerade anläggningen	3	3
Låg	Konsekvensen är liten för utformningen/utförandet av den studerade anläggningen	2	2
Mycket låg	Konsekvensen har ingen betydelse för utformningen /utförandet av den studerade anläggningen	1	1

Riskvärderingen baseras på subjektiva bedömningar med utgångspunkt från den kunskap och erfarenhet, som finns hos de personer som varit delaktiga under värderingen. Någon mer detaljerad tids- eller kostnadsanalys har inte gjorts i detta skede, varför konsekvenser med avseende på tid och kostnad i huvudsak skall ses som kvantitativa termer av påverkan.

I tabell 10.2.3 nedan beskrivs färgkoderna för de olika risknivåerna.

Tabell 10.2.3. Innebörden för de olika risknivåerna med respektive färgkod.

	Mycket kritisk eller stor (röd) risken äventyrar projektet i mycket stor eller stor utsträckning. Riskreducerande åtgärder skall vidtas.
	Allvarlig (gul) risken kan äventyra projektet i stor eller medelstor utsträckning. Rimliga riskreducerande åtgärder med avseende på tid och kostnad skall vidtas.
	Förhöjd (grön) risken påverkar projektet i viss eller liten mån. Risken hanteras genom att risken överförs till byggskedet.

Tabell 10.2.4. Värderingskriterier med avseende på kostnad för projektet.

Kostnad – uttryckt i kostnader för projektet i kronor						
Konsekvens (K)	Mkt stor	Stor	Medel	Låg	Mkt låg	
Sannolikhet (S)	> 50 Mkr 5	50-20 Mkr 4	20-5 Mkr 3	5-1 Mkr 2	< 1 Mkr 1	
Mkt stor 5	25	20	15	10	5	
Stor 4	20	16	12	8	4	
Medel 3	15	12	9	6	3	
Låg 2	10	8	6	4	2	
Mkt låg 1	5	4	3	2	1	

Tabell 10.2.5. Värderingskriterier med avseende på tid.

Tid – uttryckt som försening i antalet månader						
Konsekvens (K)	Mkt stor	Stor	Medel	Låg	Mkt låg	
Sannolikhet (S)	>12 månader 5	12-6 månader 4	6-3 månader 3	3-1 månader 2	< 1 månad 1	
Mkt stor 5	25	20	15	10	5	
Stor 4	20	16	12	8	4	
Medel 3	15	12	9	6	3	
Låg 2	10	8	6	4	2	
Mkt låg 1	5	4	3	2	1	

Tabell 10.2.6. Värderingskriterier avseende arbetsmiljö.

Arbetsmiljö – uttryckt som skador på personal					
Konsekvens	Mkt stor	Stor	Medel	Låg	Mkt låg
Sannolikhet (S)	Döda, flera svårt skadade 5	Flera svårt skadade 4	Enstaka svårt skadade 3	Svåra obehag 2	Övergående lindriga obehag 1
Mkt stor 5	25	20	15	10	5
Stor 4	20	16	12	8	4
Medel 3	15	12	9	6	3
Låg 2	10	8	6	4	2
Mkt låg 1	5	4	3	2	1

Tabell 10.2.7. Värderingskriterier avseende skadeersättning till tredje man.

Ersättning till tredje man – uttryckt i kostnader för projektet i kronor					
Konsekvens (K)	Mkt stor	Stor	Medel	Låg	Mkt låg
Sannolikhet (S)	> 2 Mkr 5	2-1 Mkr 4	1-0,5 Mkr 3	0,5-0,1 Mkr 2	< 0,1 Mkr 1
Mkt stor 5	25	20	15	10	5
Stor 4	20	16	12	8	4
Medel 3	15	12	9	6	3
Låg 2	10	8	6	4	2
Mkt låg 1	5	4	3	2	1

Tabell 10.2.8. Värderingskriterier avseende skador på tredje man.

Skador på tredje man – uttryckt i skada					
Konsekvens (K)	Mkt stor	Stor	Medel	Låg	Mkt låg
Sannolikhet (S)	Döda, flera svårt skadade 5	Flera svårt skadade 4	Enstaka svårt skadade 3	Svåra obehag 2	Övergående lindriga obehag 1
Mkt stor 5	25	20	15	10	5
Stor 4	20	16	12	8	4
Medel 3	15	12	9	6	3
Låg 2	10	8	6	4	2
Mkt låg 1	5	4	3	2	1

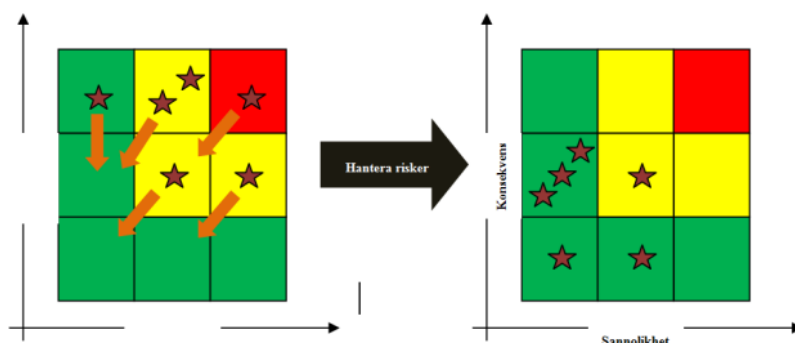
Tabell 10.2.9. Värderingskriterier avseende skador på omgivningsmiljön.

Skador på miljö – uttryckt som effekter på omgivningsmiljön					
Konsekvens	Mkt stor	Stor	Medel	Låg	Mkt låg
Sannolikhet	Kvarstående effekter 5	Kvarstående mindre allvarliga effekter 4	Långtidsverkande effekt 3	Tillfällig allvarlig effekt 2	Övergående lindriga obehag1
Mkt stor 5	25	20	15	10	5
Stor 4	20	16	12	8	4
Medel 3	15	12	9	6	3
Låg 2	10	8	6	4	2
Mkt låg 1	5	4	3	2	1

För denna utredning i detta tidiga skede har skador för tredje man och ersättning till tredje man, tabell 10.2.7 och 10.2.8 bedömts gemensamt under tredje man.

10.3 Riskreducerande åtgärder

Utifrån utfallet på risknivån kommer matrisen innehålla varierande grad av risknivåer. Det är då viktigt att börja jobba med de uppkomna oacceptabla risknivåer dvs "mycket kritisk eller stor" mha riskreducerande åtgärder, se figur 10.3.1.



Figur 10.3.1 Illustration hur risknivåer skall hanteras med riskreducerande åtgärder.

Riskreducerande åtgärder, som både kan vara skadeförebyggande och konsekvensbegränsande, delas upp med avseende på åtgärder och implementering under projektering och utförande.

Vidare kan riskreducerande åtgärder vara av olika karaktär, t ex kontrollpunkter för fortsatt projektering, krav som skall inarbetas i projekteringen samt åtgärder som entreprenören skall ansvarar för.

I denna översiktliga riskvärdering har inte riskreducerande åtgärder arbetats in då detta inte skulle kunna jämföras för de olika alternativen. Detta kommer först göras under kommande projektering och utförande för det aktuella alternativet.

Dokumentet för riskhantering är ett levande dokument som skall följa projektet genom hela processen till en färdigställd och godkänd produkt. Det är beställaren som äger dokumentet och ansvarar för att det hålls levande tillsammans med projektets olika aktörer.

10.4 Sammanfattning av resultaten från riskvärderingen

Riskmatrisen redovisas inte i sin helhet i detta dokument utan endast i en sammanfattande del.

Totalt identifierades nästan 70 oönskade händelser spridda mellan alternativ 1-4. De oönskade händelserna har koppling till projektering och utförandetiden. Det har inte beaktats oönskade händelser under driftskedet i detta skede.

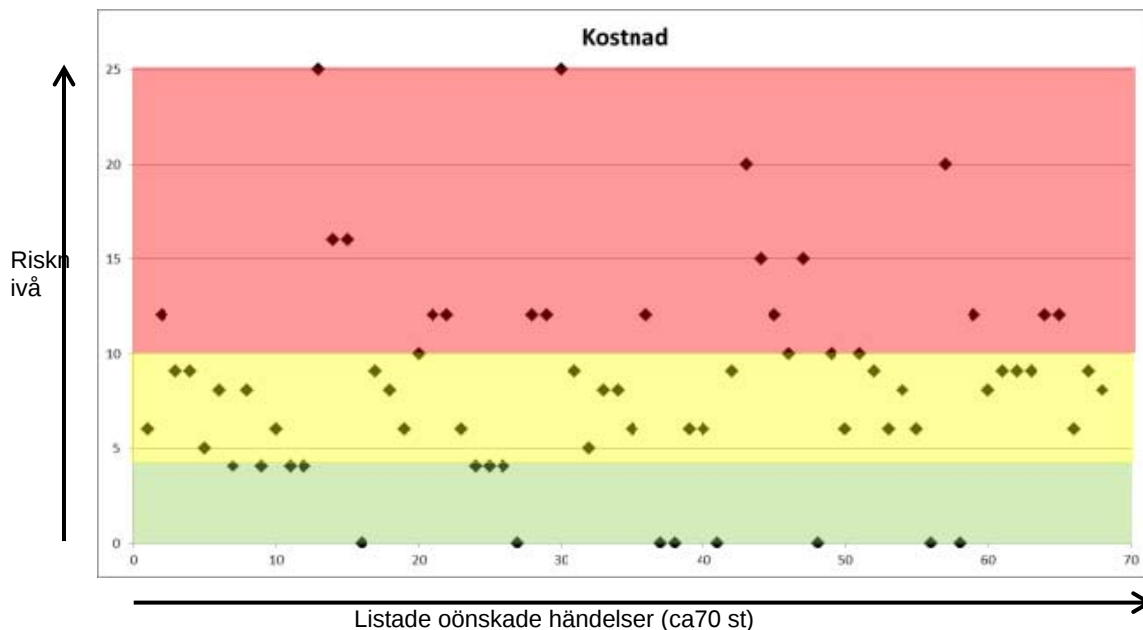
Nedan i figur 10.4.1 – 10.4.5 redovisas ett antal grafer utifrån de olika värderingskriterierna, kostnad, tid, arbetsmiljö, tredje person och omgivningspåverkan/miljö.

De behandlade oönskade händelserna ger mest utslag i värderingskriteriet kostnad och tid där flest oönskade händelser hamnar inom den röda risknivån, dvs "mycket kritisk eller stor risk". Detta är utseendet innan några riskreducerande åtgärder vidtagits.

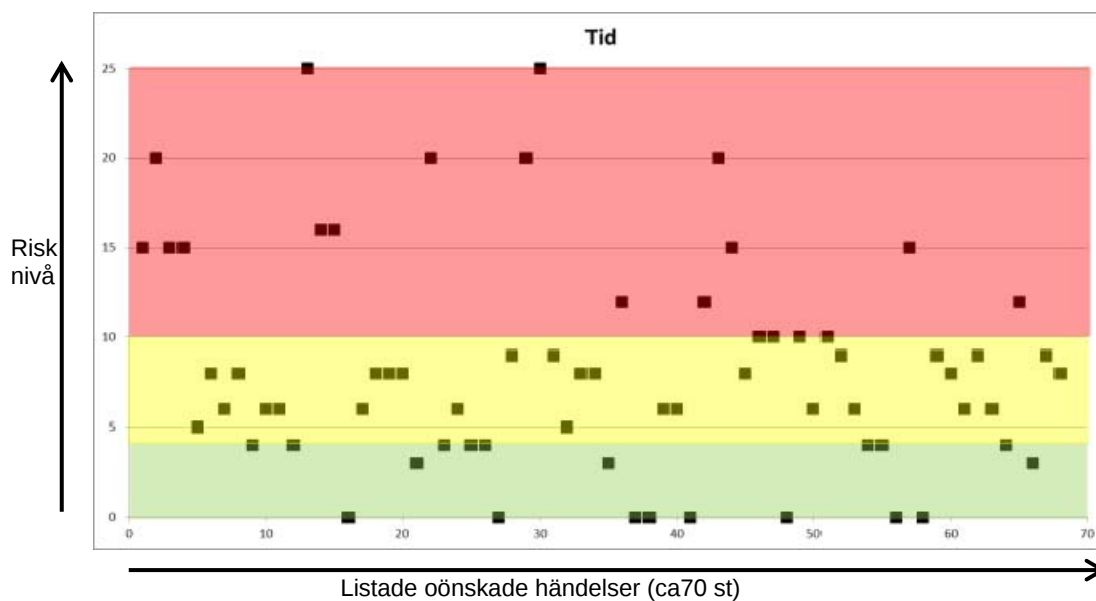
Resultatet visar på en spridning av riskerna på samtliga alternativ 1-4. Risknivåerna är främst knutna till lokalisering, beslutsprocess och den hårt pressade tidplanen vilket återspeglas i en överrepresentation bland röda och gula risknivåer för värderingskriterierna tid och kostnad. För övriga risker bedöms kommande riskreducerande åtgärder kunna sänka risknivån till en acceptabel nivå.

Vad gäller våra riskbedömningar för de fyra olika alternativen har det varit risker/händelser som uppkommer kring de olika alternativen. Det som inte har belysts är en långsiktig hållbarhet ur ett mera regionalt helhetsperspektiv (dvs. där även andra delar av Storstockholm finns med i bedömningar och studier) då ramar för uppdraget har varit att endast belysa de olika alternativen.

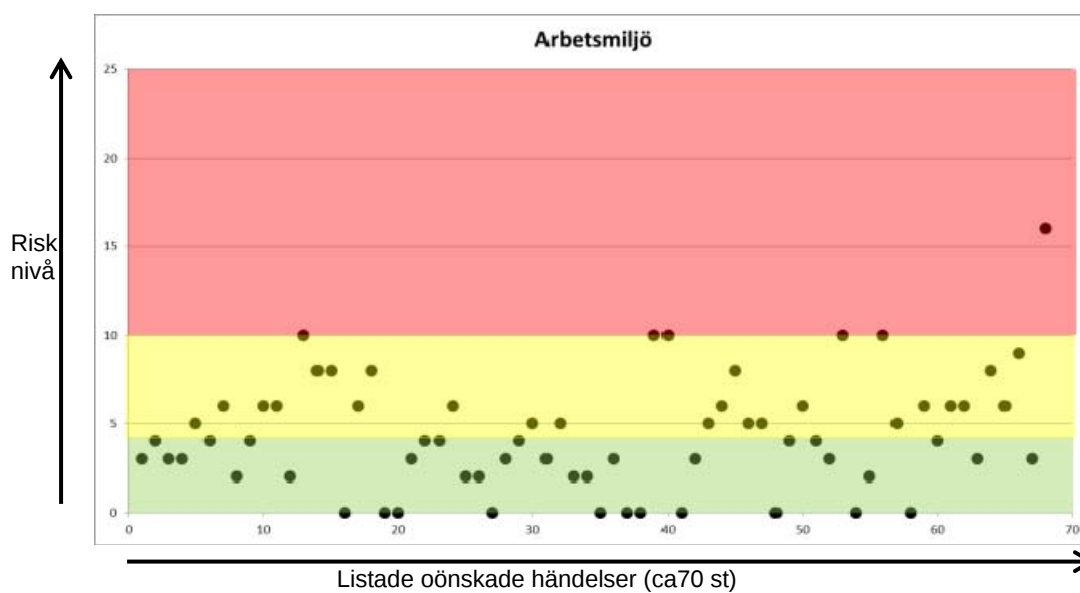
Matrisen skall som tidigare beskrivits ses som ett första ansats till riskhantering och ses som ett levande dokument genom hela processen.



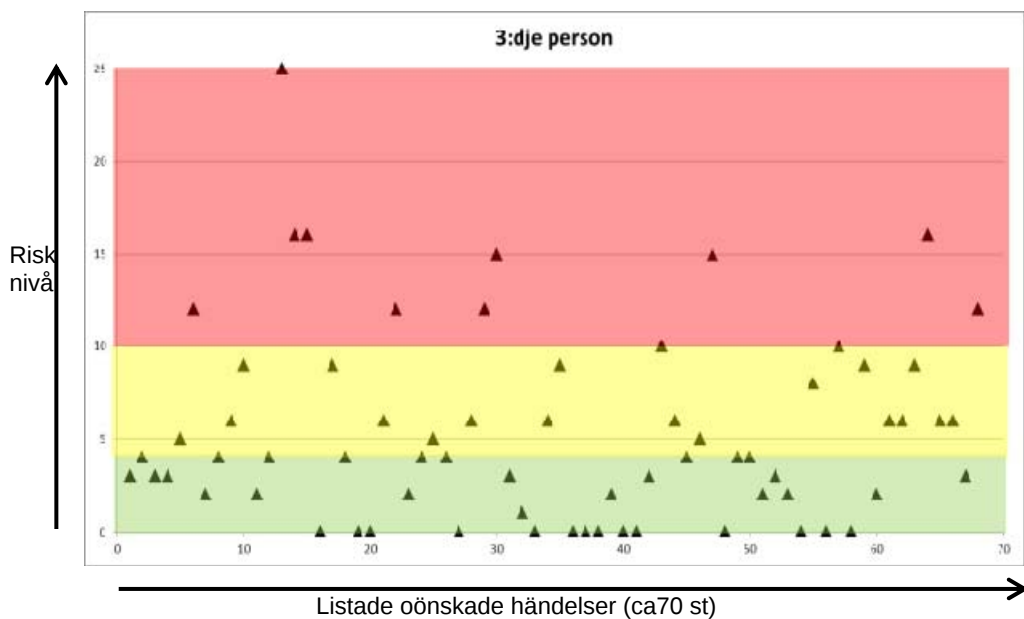
Figur 10.4.1 Redovisar risknivån för oönskade händelser med värderingskriteriet **kostnad**. Det syns tydligt att många detta kriterium har många mycket höga risknivåer.



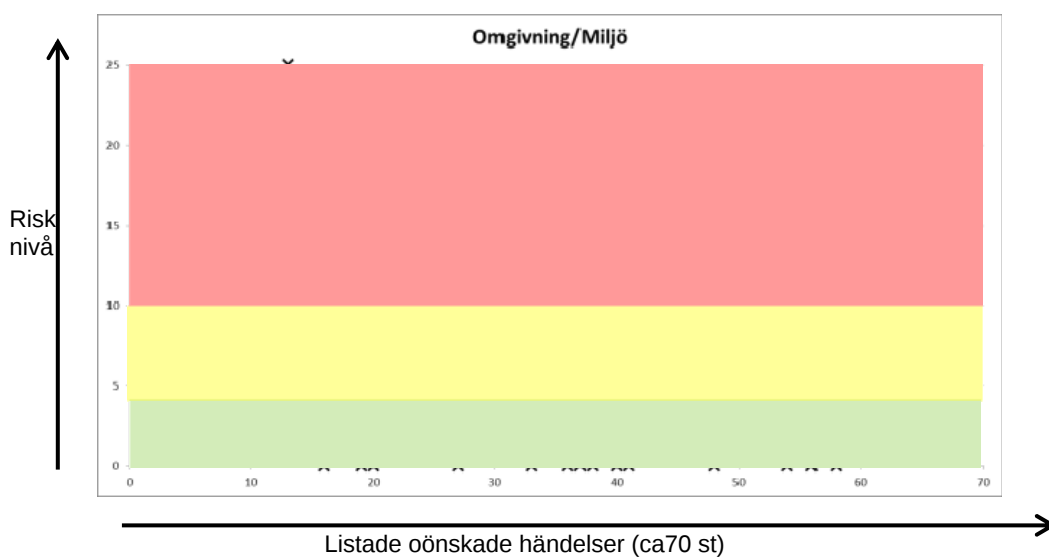
Figur 10.4.2 Redovisar risknivån för önskade händelser med värderingskriteriet **tid**. Det syns tydligt att många av detta kriterium, liksom kostnader ovan har många mycket höga risknivåer.



Figur 10.4.3 Redovisar risknivån för önskade händelser med värderingskriteriet **arbetsmiljö**.



Figur 10.4.4 Redovisar risknivå för oönskade händelser med värderingskriteriet 3:e person.



Figur 10.4.5 Redovisar risknivå för oönskade händelser med värderingskriteriet omgivningspåverkan.

11 Värdering, prioritering och rekommendation av alternativ 1-4

11.1 Jämförelse mellan alternativ 1-4

För att slutligen avgöra vilket alternativ som utredningen bedömer som lämpligast utifrån ett ledningsnätsperspektiv har nedanstående tabell 11.1.1 sammanställts för att jämföra erhållna resultat i utredningsarbetet.

Tabell 11.1.1 Jämförelse mellan alternativ 1-4

	Alternativ 1 - Bromma	Alternativ 2 – Nytt Reningsverk	Alternativ 3 - Himmerfjärdsdv	Alternativ 4 - Henriksdal
Investeringskostnads - bedömning	-	5 333 715 kkr	1 855 202 kkr	1 444 945 kkr
Drift- och underhållskostnad	-	21 915 125 kr/år	22 108 875 kr/år	13 484 125 kr/år
Bedömd sluttid/driftsättning ledningsnät	-	2023-06-01	2019-01-01	2018-10-01
Riskbedömning ledningsnät *	1	5 Tidplan orealistisk Lokalisering verk Omfattande miljöprövning Många aktörer Politisk opinion	4 Tidplan snäv Miljöprövning Fler aktörer	3 Tidplan snäv
Teknisk genomförbarhet ledningsnät **	-	3 Stort projekt Många entreprenörer Mälarpassagen	4 Komplext projekt Mälarpassagen Albysjön Ledningsnät söder Alby Anpassningar till befintliga system	3 Mälarpassagen Korsning av befintliga tunnlar Urban miljö
Tillståndsprocess Ledningsnät ***	-	4	4	3

*) Bedöms på en skala 1-5 där 1 är låg risknivå och 5 hög risknivå

**) Bedöms på en skala 1-5 där 1 är enklare genomförbarhet, 5 omfattande/komplex genomförbarhet

***) Bedöms på en skala 1-5 där 1 är enklare tillståndsprocess och 5 omfattande tillståndsprocess

11.2 Rekommendation av alternativ avseende Ledningsnät

Utifrån denna delrapport och under förutsättning att Bromma ARV skall avvecklas anser vi att alternativ 4 är det mest fördelaktiga. Alternativ 1 är annars det mest fördelaktiga då inga ledningsarbeten utförs i detta alternativ.