

Gryaab AB

Bergtekniskt PM för Rya 1, förstudie Nya Rya

Uppdragsnr: 107 49 14 Version: 1,0 Datum: 2022-05-31



Uppdragsgivare: Gryaab AB
**Uppdragsgivarens
kontaktperson:** Bo Enström
Konsult:
Uppdragsledare: Caroline Strand
Teknikansvarig:
Handläggare: Caroline Strand

1,0	2022-05-31	Bergtekniska förutsättningar för Rya 1, förstudie Nya Rya	Caroline Strand	Magnus Zetterlund	Magnus Zetterlund
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

Detta dokument är framtaget av Norconsult AB som del av det uppdrag dokumentet gäller.

► Sammanfattning

Norconsult AB har på uppdrag av Gryaab utfört geologiska och bergtekniska undersökningar för projekt Nya Rya, delprojekt Rya 1, förstudie av tillgänglig yta för utbyggnad på befintlig anläggning. Kärnborrning, geologisk kartering och bergmekaniska analyser har utförts inom ramen för uppdraget. Resultaten redovisas i *Geologisk rapport Rya 1, förstudie Nya Rya*, daterad 2022-05-31.

Föreliggande rapport redovisar de bergtekniska förutsättningarna för utbyggnaden. De bergmekaniska analyser som utförts visar på risk för kilbrott och plant brott i slänterna. Förspänd förankring, begränsad pallhöjd och splitsågning utmed konturerna mot befintlig anläggning rekommenderas.

Innehåll

1	Inledning	6
1.1	Syfte och avgränsningar	7
2	Objekt	8
3	Styrande dokument, förutsättningar och antaganden	9
4	Planerad anläggning	10
4.1	Pumpstation IN	10
4.2	Området bakom rötkamrarna	11
5	Produktion och teknisk utformning	13
5.1	Förberedande arbeten	13
5.2	Länshållning	14
5.3	Volymer	14
5.3.1	<i>Berg</i>	14
5.3.2	<i>Fyllnadsmaterial</i>	15
5.4	Stabilitet	16
5.4.1	<i>Inkommande tunnel</i>	16
5.5	Injektering	17
5.6	Uttagsmetod	18
5.6.1	<i>Sprängning</i>	18
5.6.2	<i>Konturer</i>	18
5.6.3	<i>Säkring av makadam under bottenplattor</i>	19
5.7	Förstärkningsåtgärder	20
5.8	Buller	20
6	Kritiska faktorer	22
6.1	Grundvattensänkning	22
6.2	Tunnelanslutningar inkommande tunnel	22
6.3	Anslutning till befintlig arbetstunnel	23
6.4	Bräddledning och andra befintliga ledningar	23
6.4.1	<i>Bräddledning</i>	24
6.4.2	<i>GAP-ledningar</i>	25
6.5	Gas- och fjärrvärmeledningar	26
7	Risker	27
7.1	Inkommande tunnel	27
7.2	Befintliga byggnader	27
8	Kostnadsuppskattning bergarbeten	28
9	Slutsatser och rekommendationer	29

9.1	Krav för bergschakt	29
9.2	Konstruktionskrav	30
9.3	Övriga krav	30

Bilaga 1 - Tunnelanslutningar

Bilaga 2 – Bergmekanisk analys pumpstation IN

1 Inledning

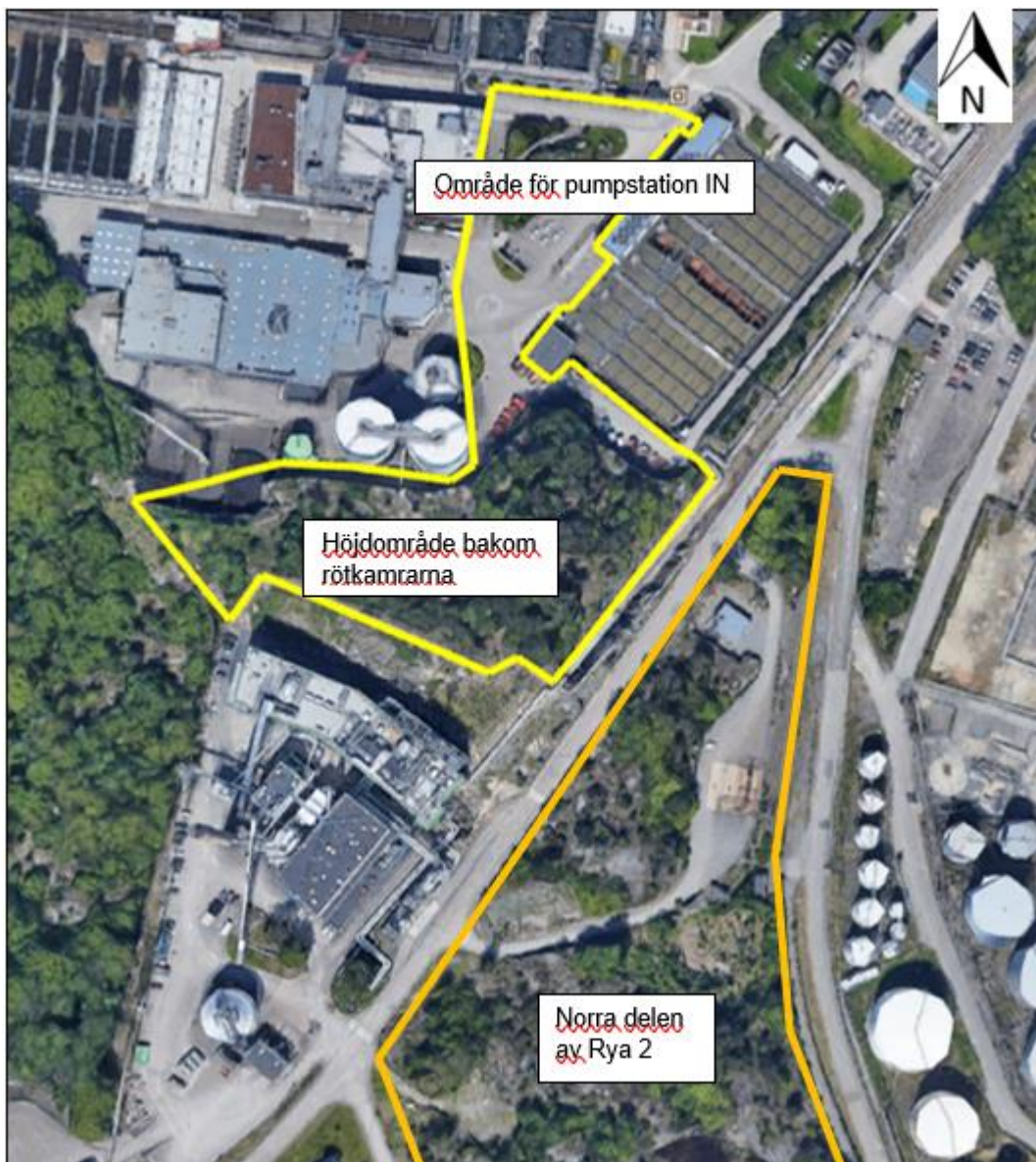
Ryaverket i Göteborg ska byggas ut för att möta ett ökat behov av vatten- och avloppsrening i takt med att kommunen och kranskommunerna växer och flödena ökar, tillsammans med hårdare krav på rening anpassat till framtida lägre utsläppsgränser. Som ett led i utbyggnationen av Rya 1 ska bland annat den ursprungliga pumpstationen, från början av 1970-talet med fyra pumpar, kompletteras med en ny pumpstation i anslutning till den befintliga. Detta medför en ökad kapacitet och flexibilitet då flödet till pumparna lättare kan regleras, och mindre risk för avbrott i verksamheten om en befintlig pump skulle haverera eller behöva stängas av.

Försedimenteringsbassängerna ska byggas ut åt sydväst, alternativt förses med ytterligare en våning och ytterligare utrymme behöver frigöras för att ge plats åt den kommande utbyggnaden och expansionen, varför all tillgänglig yta inne på anläggningen är av vikt.

Vidare ska ett i dagsläget oexploaterat höjdområde med naturmark sprängas ut för att göra plats för kommande anläggning benämnd Rya 2, se dokument *Bergteknisk utredning – detaljplan Nya Rya*, daterad 2022-05-16.

I samband med utbyggnaden ska möjligheterna att anlägga ytterligare en utloppstunnel undersökas, vilket hanteras i en separat rapport, se dokument *Redundant utloppstunnel, förstudie, Nya Rya*, daterad 2022-05-31.

Geologiska och bergtekniska undersökningar redovisas i dokument *Geologisk rapport Rya 1, förstudie Nya Rya*, daterad 2022-05-31



Figur 1 Utredningsområdet för Rya 1 markerat i gult. (Källa B Enström, Gryaab)

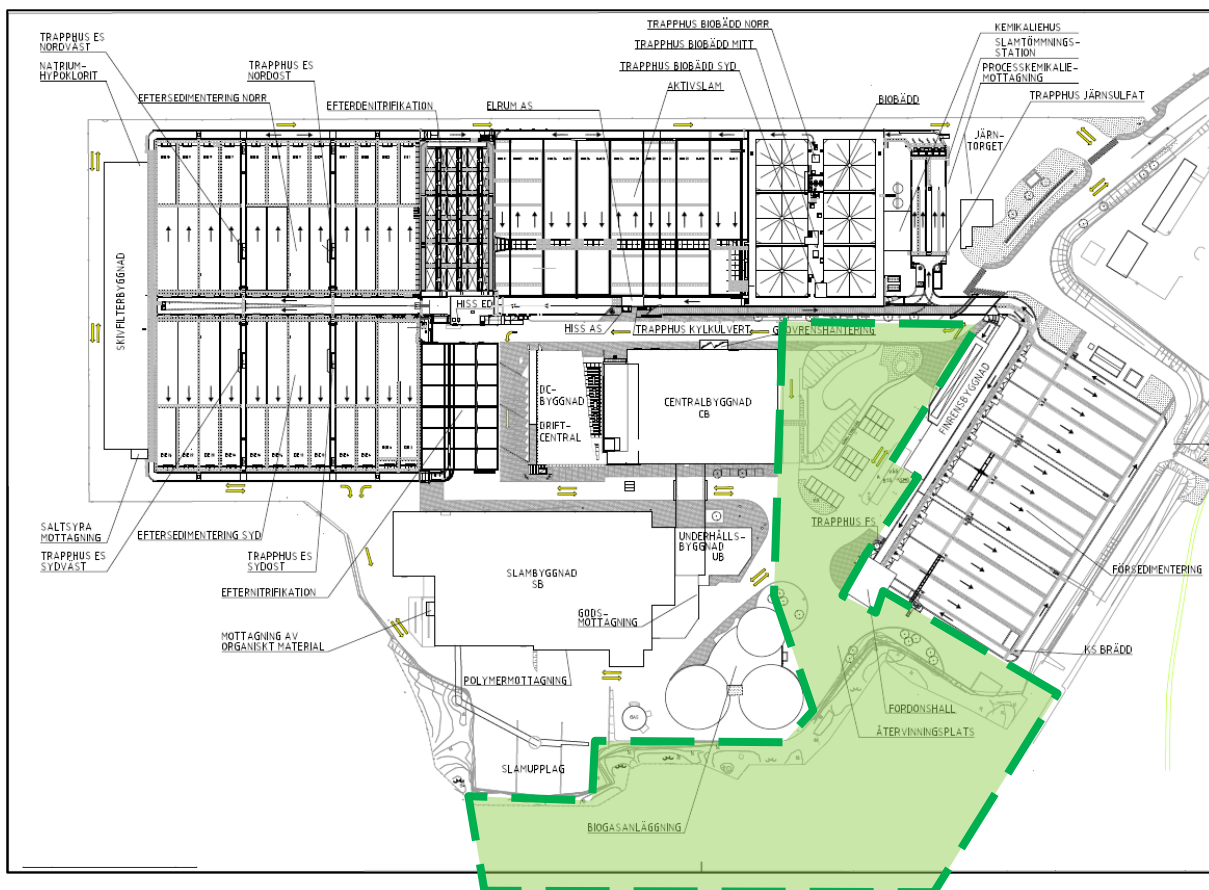
1.1 Syfte och avgränsningar

Föreliggande rapport beskriver de bergtekniska förutsättningarna för bergschaktarbeten för Rya 1 baserat på nu utförda och tidigare undersökningar inom aktuellt område. Projektet befinner sig i förstudiefasen och förutsättningarna kan komma att ändras när utformningen av planerad anläggning är klar. Rapporten avgränsas till området för ny pumpstation IN, samt området bakom och bredvid rötkskärmen.

2 Objekt

Ryaverket togs i bruk år 1972. Det har sedan byggts ut i omgångar till den omfattning som syns i Figur 2 nedan. Bassänger och byggnader är till stor del utsprängda och grundlagda på berg. I de östra och nordvästra delarna utgörs grundläggningen av pålar ned till fast berg. Bassängerna består av öppna bassänger. Under mark finns kulvertar och ledningsgravar utsprängda i berg, med en lägsta nivå på 0,90 (RH2000), golvet centralkulvert. Schaktbottennivå för kanal för renat avlopp ligger på -1,85. Lägsta nivå är -19,95, pumpgrop IN. Befintlig marknivå ligger på +9,25. Alla nivåer anges i RH2000.

De nya anläggningsdelarna planeras förläggas helt på berg och utgörs i första skedet av en ny pumpstation. Därefter ska nya bassänger med tillhörande kanaler och transporttunnlar byggas tillsammans med ett antal andra byggnader. Den slutliga utformningen är i dagsläget ej fastställd varför all tillgänglig yta inom grönmarkerat område i Figur 2 beaktats i utredningen.



Figur 2 Aktuell anläggning, ungefärlig tillgänglig yta för utbyggnad markerad i grönt.

3 Styrande dokument, förutsättningar och antaganden

För projektet har antagits en lägsta schaktbottennivå på -19,95 (RH2000), samt att hela den markerade ytan tas i anspråk. Vidare har antagits att inmätta nivåer och anläggningsdelarnas läge stämmer med det som angetts i plan och på ritningar.

Styrande vibrationskrav hanteras i separat riskanalys, se dokument "*Riskanalys, förstudie Nya Rya*", daterad 2022-05-16.

Bärande huvudsystem och ingående komponenter i ny anläggning ska dimensioneras för en teknisk livslängd av 100 år. För att tillgodose att denna tekniska livslängd uppnås förutsätts att inspektion och underhåll av anläggning kan utföras från handnära avstånd, i annat fall behöver bärande huvudsystem dimensioneras mer robust. Konkret innebär det att anläggnings- och tunneldelar behöver inspekteras regelbundet och där så inte är möjligt behöver extra förstärkning appliceras för att säkerställa att anläggningen håller över tid.

Följande dokument har, i tillämpliga delar, används vid planering och utförande av nu presenterat arbete:

- Krav Tunnelbyggande (TDOK 2016:0231)
- Projektering av bergkonstruktioner, publ 2019:062 (Trafikverket)
- Gällande SS-EN standarder

4 Planerad anläggning

4.1 Pumpstation IN

I skrivande stund är utformningen av anläggningen ej klar. Pumpstationen planeras som djupast att sprängas ut i berg ned till nivå -19,95 i sydväst, nivå -10 i öst, samt -2 i nordväst ovanför inkommande tunnel, se Figur 3. För pumpstation IN utgörs begränsningarna av omgivande byggnader, ledningar och inkommande tunnel. Inkommande tunnel är markerad med område för skyddszon i Figur 3. Tunneln ligger på golvnivå -11,95, med dimensionerna höjd ca 4,5 m och bredd ca 4 m.



Figur 3 Område för ny pumpstation IN

Området för ny pumpstation utgörs av en hårdgjord yta på nivå +9,25 som används som parkering. Där finns också en kulle med planteringar på berg där bergnivån ligger högre. I norr (N2) begränsas området av bassänger för biobädd och kanal mellan biobäddar och försedimentering. Kanalen är utsprängd ned till ca +0,25 och bassängbotten för biobäddarna ca +4,65 med ca 4 meters fyllning ovanpå.

I öster (E) begränsas området av finrensbyggnad med kanal och försedimenteringsbassänger grundlagda på ca +2 - +4,7. Där finns också en rörkulvert.

I söder (S) finns en bräddledning med en inre dimension av 2,7 m i en utsprängd rörgrav på nivå ca +3.

I väster (V1) ligger centralbyggnaden på nivå ca +2,5.

Pumpstationen kommer att innefatta nytt svallschakt, rengaller, anslutande tunnlar till och från befintlig inkommande tunnel och ett antal nya pumpar.

Utredningen förutsätter utschaktning av berg fram till en tunnelbredd från inkommande tunnel, samt minst 0,5 m från befintliga bergschakt vid befintliga byggnader.

Bergnivån antas ligga på ca +8,1 men nivån kan variera och läget är osäkert.

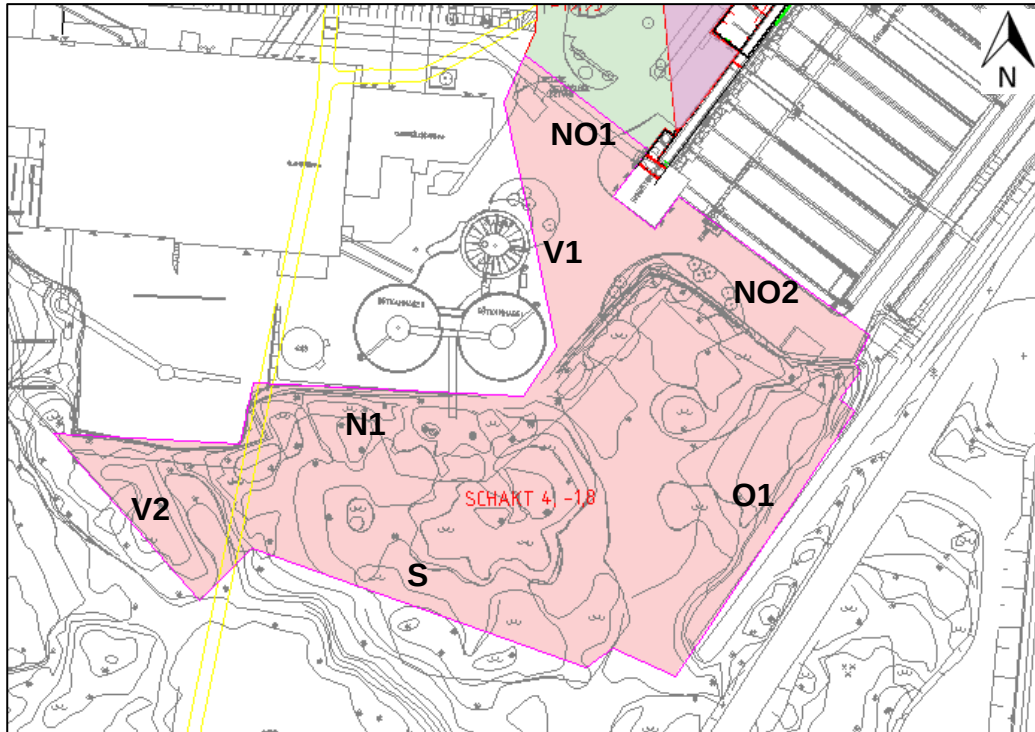
Tabell 1 Planerade bergskärningar, pumpstation IN

Benämning	Bergnivå	Planerad schaktbottennivå	Längd skärning (m)
N1 (mot inkommande tunnel)	+8	-19,95	22
N2 (mot kanal biobädd)	+8 (+2 vid kanalen)	-10	41
S (mot bräddledning)	+8,1	-19,95	43
E (finrens och försed)	+8 (+2 vid finrens)	-10	93
V1 (mot Centralbyggnad)	+8	-19,95	40
V2 (mot inkommande tunnel)	+8	-10	32

4.2 Området bakom rötkamrarna

För området bakom och vid rötkamrarna, markerat i ljusrött i Figur 4 och benämnt schakt 4, utgörs begränsningarna av försedimenteringsbassänger utsprängda till nivå ca +1,75 och bräddledning i nordost. I sydost och syd utgörs gränsen av fjärrvärmeledningar förlagda i utsprängd rörgrav. Utmed norra och nordvästra sidan finns tre cylinderformade rökammare och nuvarande slamupplag. Slamupplaget förutsätts flyttas.

I väster angränsar utredningsområdet till Rya Skog. Här kommer den högsta skärningen för höjdområdet att bli ca 25 – 30 m hög.



Figur 4 Översikt planerade schaktbottennivåer för området bakom höjdområdet

Området har en planerad schaktbottennivå på -1,8. Här planeras för ny slambyggnad, eventuell utbyggnad av försedimenteringsanläggningen, transporttunnlar och kulvertar till ny anläggning Rya II.

Tabell 2 Planerade bergskärningar, schakt 4, området bakom röt-kammarna

Benämning	Bergnivå	Planerad schaktbottennivå	Längd skärning (m)
NO1 (mot bräddledning)	+8	-1,8	41
NO2 (mot försed)	+2	-1,8	103
O1 (mot fjärrvärmeledning)	+20 (+9,7 vid ledningsgrav)	-1,8	110
S (mot Gobi gas)	+23	-1,8	120
V2 (mot Rya skog)	+23	-1,8	60
N1 (mot röt-kammare)	+20 (+3,35 vid röt-kammare)	-1,8	115
N1 (mot slamlager)	+20	-1,8	60
V1 (mot röt-kammare)	+3,35	-1,8	81

5 Produktion och teknisk utformning

Moment i produktionscykel för bergarbeten är:

1. Eventuell injektering. För att minimera att grundvatten läcker in, tätas berget kring schaktet med cement.
2. Borrning för laddning av sprängmedel. Sprängning kommer utföras i delad pall med begränsad pallhöjd.
3. Laddning och sprängning. Borrhålen laddas med sprängämnen och sprängningen genomförs, vilket ger upphov till buller och vibrationer.
4. Ventilering och utlastning. Området ventileras för att få bort spränggaser, vilket går snabbt då mycket av arbetet bedrivs i öppet schakt. Därefter påbörjas utlastningen av bergmassorna på lastbilar. Vattnings av massorna rekommenderas för att minska damm.
5. Bergrensning (skrotning) och förstärkning (bultning och sprutbetong). Som ett sista moment i produktionscykeln skrotas bergväggen, vilket innebär att en hydraulhammare knackar loss löst berg. För att väggen ska bli stabil och säker utförs också en bergförstärkning om lösa block påträffas som inte kan skrotas ned.

Varken omgivningskrav (sättning och grundvattenavsänkning) eller anläggningskrav (inläckage i arbetsmiljö) antas motivera att tätning i form av för- eller efterinjektering av bergmassan behöver utföras, förutom i anslutning till området kring inkommande tunnel. Botteninjektering antas inte behövas då inläckande vatten bör kunna ledas bort genom dränering i schaktbotten till de pumpgruppar som kommer behöva anläggas.

Detta är dock en fråga som behöver utredas i den fortsatta projekteringen när mer data om grundvattenförhållanden och eventuella miljökrav finns tillgängligt.

5.1 Förberedande arbeten

Innan bergarbeten påbörjas måste en mängd förberedande arbeten vara utförda, se dokument *Förberedande arbeten*. Exempel på sådana arbeten är:

- Befintliga installationer av rör, ledningar, o.d. inom berört område flyttas/leds om.
- Elledningar och containrar för sophantering vid höjdområdet flyttas.
- Gasfacklan flyttas
- Ombesörjning att tillräckliga uttag för vatten- och el finns inom byggområdet. En förutsättning för produktion är tillgång till el, vatten och länshållning.
- Stödmuren vid centralbyggnaden rivs i samband med schaktarbetena.
- Plantering och pumphus på parkeringen rivs och bergytan friläggs.
- Höjdområdet rensas på träd och jordlager och bergytan friläggs.
- Stödmur på höjdområdet rivs.

5.2 Länshållning

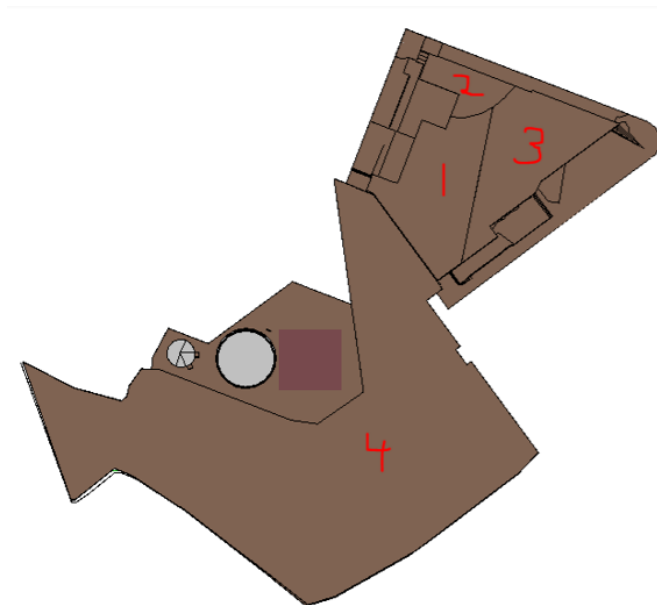
Vatten i schaktgropen måste länshållas. Vattnet kan innehålla rester av sprängämnen, varför det inte kan släppas i utloppsvattnet utan rening. Rening tillses normalt av entreprenören varefter vattnet kan ledas till utgående tunnel. Ett alternativ kan vara att leda det direkt in i reningsverket.

Länshållning förväntas utföras och sker till olika nivåer under byggskedet. Maximal länshållning sker till -19,95 meter.

5.3 Volymer

5.3.1 Berg

För kalkyl har vertikala slänthlutningar i området för ny pumpstation antagits och för höjdområdet slänthlutning 8:1. Det ger volymer berg och fyllnadsmaterial inklusive jord per schaktområde enligt Tabell 3. Totala volymer per entreprenad presenteras i Tabell 4.



Tabell 3 Volymer berg och fyllnadsmaterial, inklusive jord, som ska schaktas ut.

Yta	Volym berg [m3]	Volym fyllnadsmaterial [m3]
Schakt 1:	54 014	5 837
Schakt 2:	4 215	1 520
Schakt 3:	30 684	6 581
Schakt 4:	288 834	9 267

Figur 5 Schaktplan volymer, se 3D-modell 00_218-03-13_Mark.dwg.

Tabell 4 Totala volymer berg och fyllnadsmaterial inklusive jord som ska schaktas ut.

Sammanlagda ytor	Volym berg [m3]	Volym fyllnadsmaterial [m3]
Pumpstation (Volym 1+2+3)	88 913	13 938
Området bakom rötkamrarna (Volym 4)	288 834	9 267
Totalt:	377 747	23 205
X 1,5 svällningsfaktor	566 621	

Total volym berg som ska losshållas inom området uppgår till ca 378 000 m³. Med en svällningsfaktor på 1,5 ger det en volym utsprängt berg på ca 566 600 m³ som ska lastas ut och transporteras bort, tillsammans med 23 200 m³ fyllnadsmaterial.

En lastbil lastar ca 16 ton, och kräver normalt 4,5 m fri höjd och bredd 3,5 m. En lastbil med släp lastar 36 ton. Vikt för granit kan antas vara ca 2700 kg/m³ vilket innebär att den utschaktade volymen berg medför att ca 1 020 000 ton berg ska transporteras till närmaste upplag. Antalet lastbilstransporter uppgår till ca 64 000. Med släp uppgår transportererna för bergmassorna till ca 28 300.

5.3.2 Fyllnadsmaterial

För området för pumpstationen uppgår volymen fyllnadsmaterial ovanpå bergschaktbotten till ca 14 000 m³. Massorna kan förväntas vara förorenade i varierande grad. För kalkyl har därför samtliga fyllnadsmassor klassats som förorenade.

Ovanpå höjdområdet ligger ett tunt jordtäck med ca 0,5 m jord. Det ger ca 5400 m³ jord som behöver schaktas bort innan berget är frilagt. Ett antal träd fälls i samband med detta. Ingen provtagning har skett men massorna förväntas inte vara förorenade.

Under den hårdgjorda ytan i resten av utredningsområdet finns fyllning på berg bestående av främst sprängsten och grus. Massorna kan förväntas vara förorenade i varierande grad. För kalkyl har samtliga fyllnadsmassor klassats som förorenade, och volymen uppgår till ca 3900 m³.

För fyllnadsmaterialet har en snittvikt på 1500 kg/m³ antagits vilket ger ytterligare ca 35 000 ton som ska transporteras bort. Det medför ytterligare ca 970 lastbilar med släp.

5.4 Stabilitet

Bergschakt beräknas kunna utföras med brant lutning 5:1-10:1.

Bergmekaniska beräkningar har utförts i läget för ny pumpstation och inkommande tunnel för att säkerställa att tunnelns valvverkan bibehålls. Släntlutning 8:1 har förutsatts för beräkningarna.

En kil- och stabilitetsanalys har utförts för samtliga schaktväggar i området för ny pumpstation IN, se *Bilaga 2 – Bergmekanisk analys pumpstation IN*. Analysen har utförts i syfte att identifiera potentiella brottformer, möjlig geometri på instabila block samt erforderlig förstärkning av dessa.

Baserat på erhållit resultat bedöms risken för plant brott vara störst för de norra schaktväggarna, N1 och N2. Kilbrott bedöms kunna inträffa i samtliga schaktväggar, störst risk bedöms dock föreligga i de norra och östra (E) schaktväggarna. Risk för överstjälpning bedöms vara störst i den södra (S) schaktväggen.

För att säkerställa tillräcklig stabilitet i schaktväggarna kan schaktarean med fördel minskas om det skulle visa sig att utrymmet för pumpstationen är tillräckligt. Alternativt kan lutningen ökas från 8:1 till 5:1 i norra och södra schaktväggen. Ett annat alternativ är att förstärka schaktväggarna successivt nedåt med ingjutna bultar eller förspända linor.

Vid användning av förspända förankringar får förankringen inte orienteras på ett sådant sätt att uppspänningskraften riskerar att verka som en pådrivande kraft.

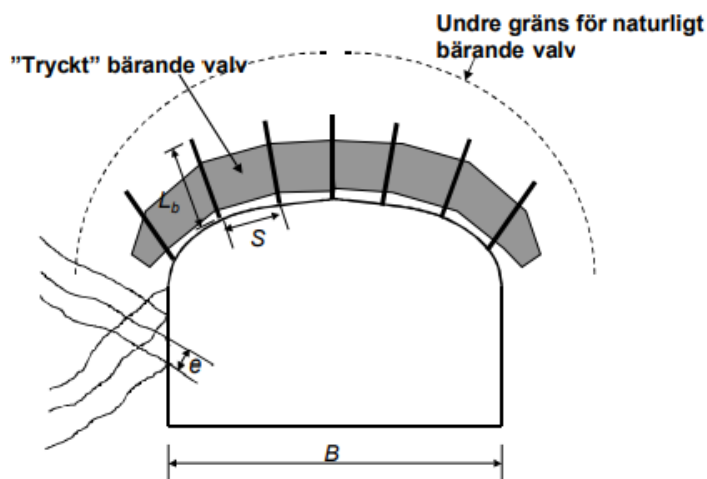
För mängdberäkningar, se *Bilaga 2 – Bergmekanisk analys pumpstation IN*

För mängder, se dokument *Entreprenadkalkyl bergarbeten, förstudie Nya Rya, 2022-05-31*

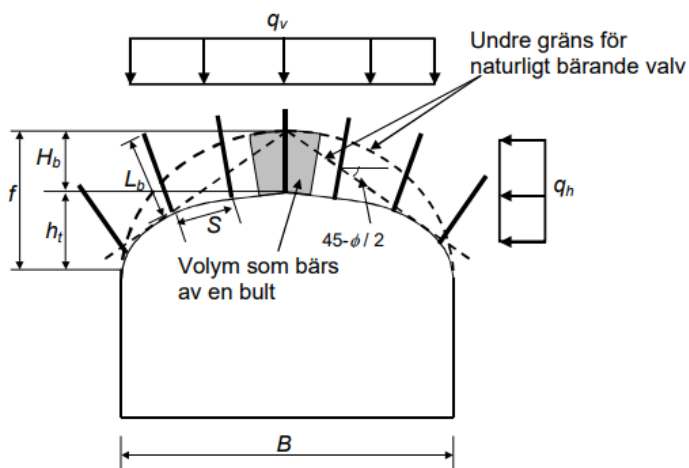
5.4.1 Inkommande tunnel

Vid berguttag i anslutning till befintlig inkommande tunnel riskerar inspänningen längs tunnelns kontur att minska, vilket kan leda till instabilitet och blockutfall. Analyser av tunnelns stabilitet till följd av minskad inspänning har därför utförts och redovisas i Bilaga 2. Baserat på tunnelns geometri samt antagandet att minst en tunnelbredd lämnas bör mellan tunnel och schaktvägg, har sprickplanens utsträckning begränsats till 5 respektive 10 meter.

Metoden går ut på att bevara tunnelns stabilitet genom att förstärka den valvbildande verkan som uppstår i bergmassan vid tillräcklig bergtäckning ovan och runt omkring tunneln. Förutsättningen är att ett tryckt, bärande valv skapas och bibehålls i bergmassan med hjälp av bultar, Figur 6, och att eventuella lösmassor under detta valv förankras genom denna bultning, Figur 7.



Figur 6 Princip för valvbildande bultning (Trafikverket, 2019).



Figur 7 Princip upphängning av löskärna (Trafikverket, 2019).

5.5 Injektering

I anslutning till inkommande tunnel rekommenderas ridåinjektering för att säkerställa att inget läckage sker från tunneln in i schaktområdet. Ridåinjektering innebär att sprickor i berget tätas genom att en rad med borrhål injekteras med ett cementbaserat tätningsmedel som förprovats för att passa sprickornas egenskaper.

Borrhålen är ca 20 meter långa och borraras vid den planerade bergskärningen. Därefter pumpas injekteringsmedel in i borrhålen och ut i förekommande bergsprickor. När bruket stelnat har det bildats en tät zon mellan tunnel och schakt. Kontroll av utförd injektering kan utföras genom borrhåll av observationshål och vattenförlusttest innan salvborrning påbörjas.

5.6 Uttagsmetod

5.6.1 Sprängning

Uttag av berget bedöms kunna utföras genom sprängning, där den mest förekommande metoden är pallsprängning. I sprängprocessen utvidgas det borrarade hålet genom att berget som omger hålet pulvriskas av det höga trycket. Därefter utgår tryckvågor åt alla riktningar och när de möter en fri yta reflekteras de och skapar dragspänningar i berget mellan borrhålet och den fria ytan. När bergets draghållfasthet överskrids spricker berget upp i mindre delar. En risk är att fler sprickor bildas eller utvidgas än planerat vilket kan skada det omgivande berget och resultera i blockutfall.

Styckefallet, den genomsnittliga blockstorleken av den utsprängda bergmassan, är en av de viktigaste faktorerna som påverkar de efterföljande momenten i bergprojektet. Om styckefallet blir bra så reduceras kostnaden för lastning, transport och krossning. En grövre håldimension ger minskade borrhålls- och sprängningskostnader men kan ge mer svårastade berghögar och en högre skutandel. Å andra sidan väljs ofta en grövre håldimension för att kunna borra längre och rakare hål. Vid högre pallar bör en kompensation göras för hållavvikelse i form av en något tätare borrhållsplan.

Riktvärden för sprängningsinducerade vibrationer är avståndsberoende. Tillåtna vibrationsnivåer anger svängningshastigheten för vibrationer mellan sprängning och mätpunkt.

Det rekommenderas att sprängarbeten utförs med begränsad pallhöjd med en maxlängd på 4 m, eventuellt kortare i området för pumpstationen, vilket minskar vibrationerna, tillsammans med noggrann redovisning och kontroll av tänd- och sprängplaner, uppföljning av vibrationer och erforderlig täckning.

Kontinuerlig vibrationskontroll ska utföras i närbelägna byggnader/anläggningar samt vibrationskänsliga utrustningar runt området. Vibrationsmätningen ombesörjs och bekostas av beställaren.

För vibrationskrav och kontroller, se *Risikanalys, förstudie Nya Rya*, daterad 2022-05-16.

5.6.2 Konturer

En vanlig metod för att inte överskrida tillåtna vibrationsnivåer i närliggande byggnader och anläggningar är att begränsa den samverkande laddningsmängden. Ett alternativt sätt att reducera vibrationer från bergsprängning är att införa en barriär i vibrationernas fortplantningsväg från sprängplatsen till det vibrationskänsliga objektet. En vanlig metod för att åstadkomma en sådan barriär är att utföra en slits i berget runt området för bergschaktet innan sprängning, genom bergborrning eller bergsågning. Därigenom uppges markvibrationerna kunna dämpas med 50–80%.

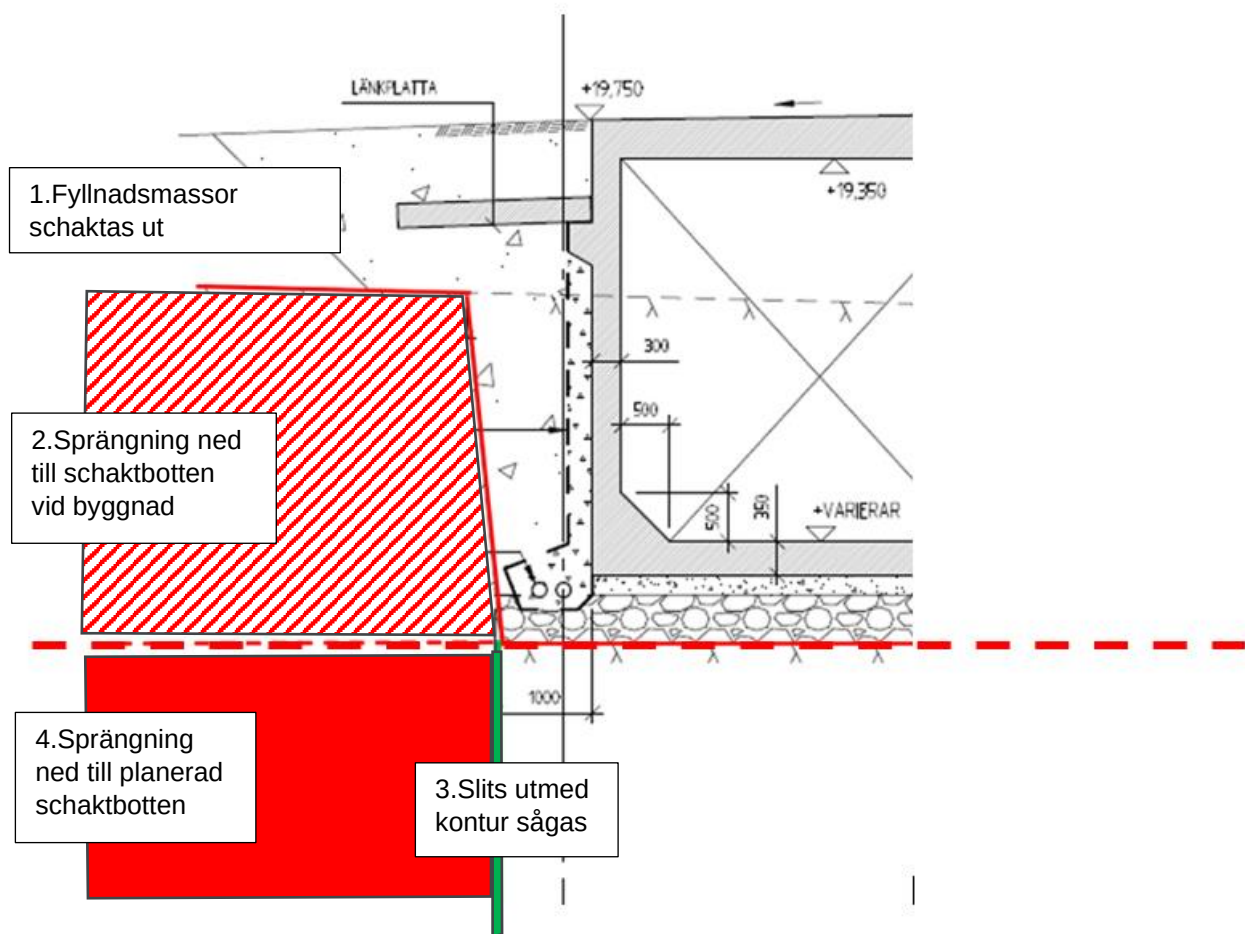
Andra fördelar är att ingen ny sprickbildning uppkommer i kvarvarande berg. Detta innebär minskade underhållskostnader i framtiden och eventuellt att ingen skrotning eller bultning behöver göras efter sprängningen. Vidare förhindrar man "lyftning" av berggrunden under byggnader.

Nackdelen med en slits är att den är tidskrävande och kostsam. En annan nackdel kan vara att de släta väggarna är svåra att kartera då det är svårt att se sprickornas riktning och stupning och även om väggen ser stabil ut kan det finnas instabila kilar som är svåra att upptäcka.

Uttagsordning:

1. Fyllnadsmassor grävs ut och befintlig bergyta friläggs. Stor försiktighet iakttas på grund av risk för dolor, odetonerat sprängämne, från tidigare sprängarbeten.

2. Försiktig sprängning med begränsad pallhöjd utförs i berg ned till befintlig schaktbotten vid befintliga byggnader, se Figur 8, röd streckad linje.
3. Slits sågas ned till 0,5 m under planerad schaktbotten, grönt område i Figur 8.
4. Resterande bergmassa sprängs ut försiktigt med begränsad pallhöjd.

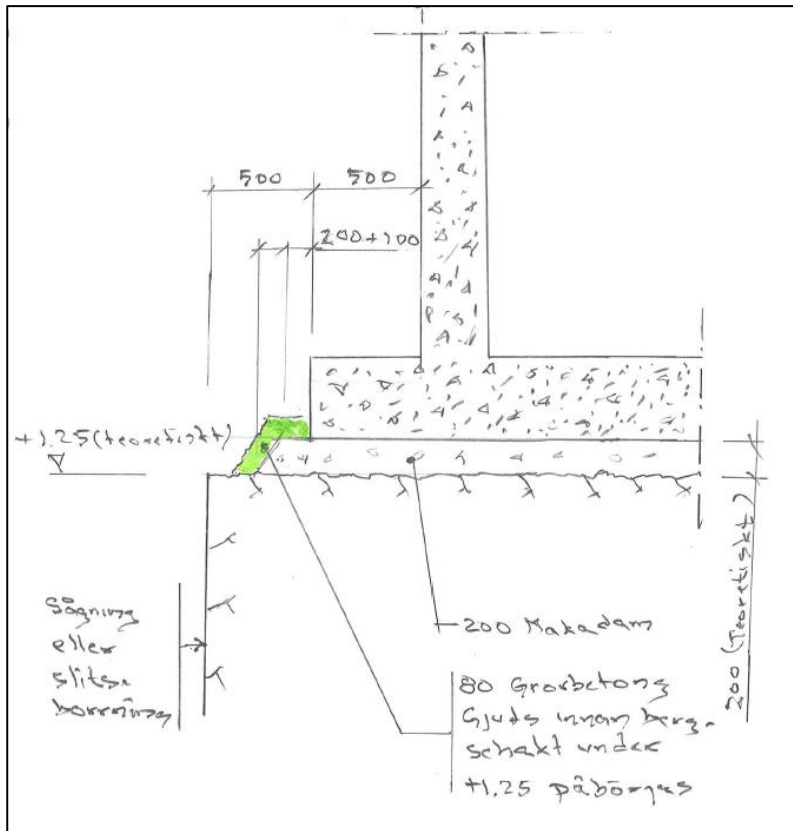


Figur 8 Skiss över uttagsordning och metod

För kalkyl har antagits att samtliga konturer mot befintlig anläggning från nivå för befintlig grundläggning (röd streckad linje i Figur 8) och ned till 0,5 meter under schaktbotten utförs genom sågning.

5.6.3 Säkring av makadam under bottenplattor

För att tillse att fyllningen under bottenplattorna intill nya bergschakt inte glider ut och orsakar sättningar i befintliga byggnader, behöver en betongklack gjutas, se Figur 9.



Figur 9 Skiss över säkring av bottenfyllning med betong, (skiss från Ramboll, 220516).

Betongklacken gjuts innan bergschakt under befintlig schaktbottennivå påbörjas och inspekteras löpande. Friläggning sker med max 10 meter i taget.

5.7 Förstärkningsåtgärder

Förutsatt att sprängning utförs på ett skonsamt sätt borde förstärkningsarbetet vara relativt litet, förutom i området kring inkommande tunnel där omfattande förstärkningsarbete krävs för att möjliggöra nya tunnelanslutningar och bibehålla stabiliteten i tunneln. I övrigt antas selektiv bultning och eventuellt sprutbetong vara tillräckligt. Främst för att skydda mot mindre blockutfall. Sprutbetong på ytor som inte ska motgjutas kan minska behovet av underhåll om inte miljön är alltför korrosiv och fuktig. Vatten bakom sprutbetong behöver hanteras, exempelvis med dräner. Det har inte beaktats inom ramen för förstudien. Dränering förutsätts ske via schaktbotten till pumpgrop.

5.8 Buller

De bullerstörningar som uppstår i samband med markarbetena kan i huvudsak hänföras till aktiviteter såsom borrning, sprängning samt lastning och transporter. Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggplatser, NFS 2004:15, ISSN 1403-8234, ska tillämpas. Där anges följande riktvärden:

- För externt buller utomhus gäller riktvärdet 70 dB för kontorslokaler (utomhus vid fasad) och inomhus 45 dB.
- För verksamhet med begränsad varaktighet, högst 1 – 2 månader, spontning, pålning etc., kan 5 dB högre värden tillåtas.
- Vid enstaka kortvariga händelser, högst 5 minuter per timme, kan ytterligare upp till 10 dBA högre nivåer accepteras.

6 Kritiska faktorer

För utförandet av bergarbeten har flera kritiska faktorer relaterade till befintligheter på anläggningen identifierats. Dessa måste fortsätta utredas under projekteringen.

6.1 Grundvattensänkning

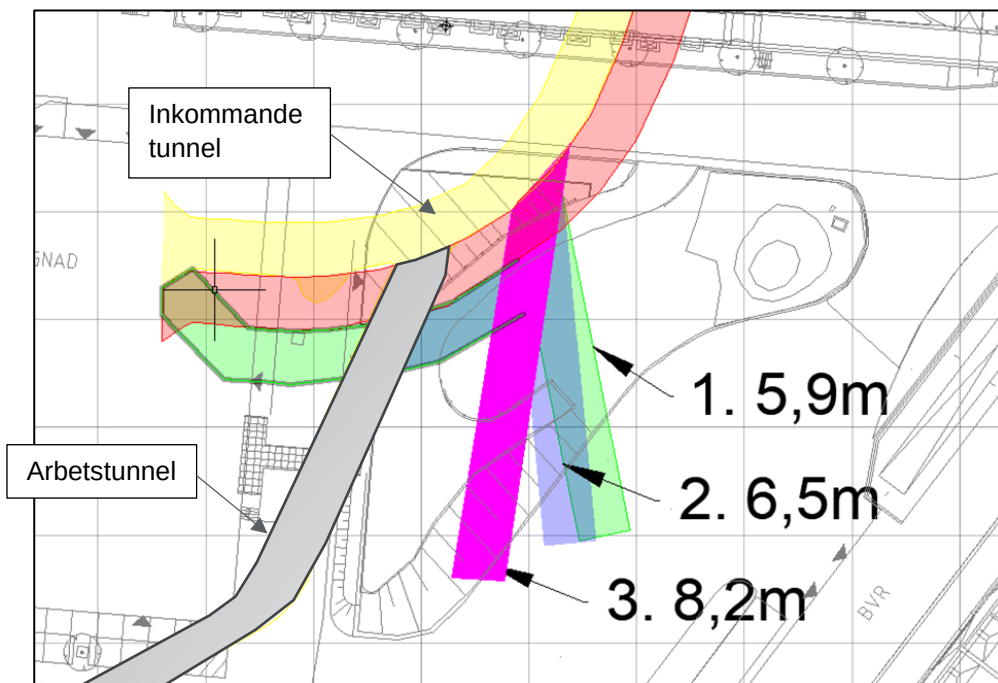
Under byggtiden kan en temporär grundvattensänkning antas uppstå och accepteras under rimliga förutsättningar vilka redovisas och hanteras i tillståndprocessen. Ett kontrollprogram för grundvatten behöver tas fram under förprojekteringen.

6.2 Tunnelanslutningar inkommande tunnel

Kritiska moment i samband med bergarbeten kommer vara anslutningarna till inkommande tunnel, vilket behandlas utförligare i Bilaga 1 - Tunnelanslutningar.

I Figur 10 nedan visas inkommande tunnel i gult, minsta avstånd för bergschakt i ljusrött, tillbakedning av orenat vatten till inkommande tunnel/svallschakt i grönt till vänster, samt tre olika alternativ till tunnelöppningar med olika vinkel i förhållande till inkommande tunnel i mörkrosa, ljusblått och grönt. I Bilaga 1 redovisas tunnelanslutningarnas risker och bedömning av åtgärder.

De tre alternativen demonstrerar vikten av och konsekvenser av olika tunnelriktningar i form av öppningens bredd i befintlig tunnel. Rosa alternativ ger en öppning på ca 8,2 m, ljusgrönt alternativ 5,9 m. En mindre öppning är att föredra ur ett tunnel- och bergförstärkningsperspektiv.



Figur 10 Exempel tunnelanslutningar

6.3 Anslutning till befintlig arbetstunnel

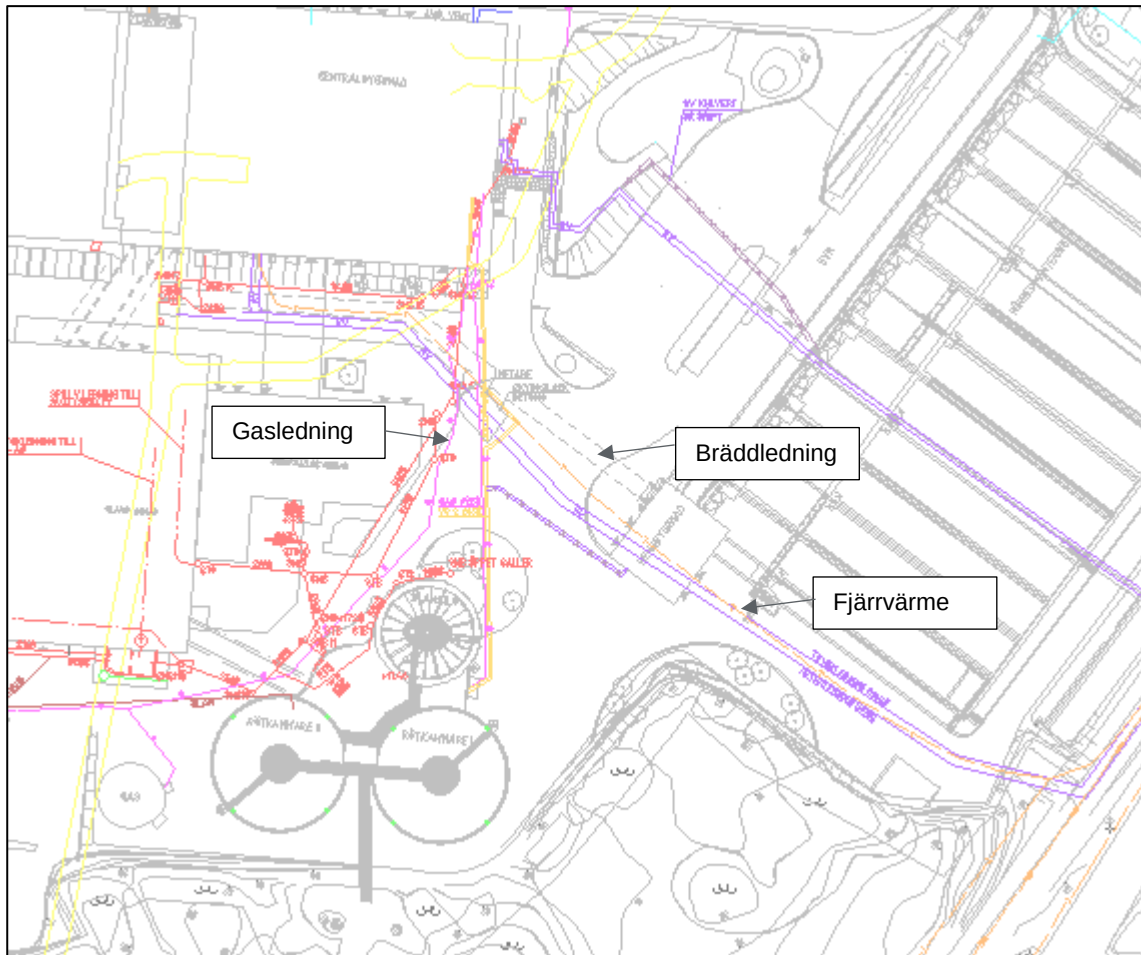
Befintlig arbetstunnel mellan inkommande tunnel och utloppstunnel planeras att delvis rivas men också att användas för bräddning via ett stigschakt. Tunneln ansluter till befintlig utloppstunnel varför det är fördelaktigt att utnyttja den för att föra ut överskottsvatten. I norr ansluter arbetstunneln till inkommande tunnel och anslutningen behöver förstärkas innan ny anslutning utförs, se Bilaga 1. I dagsläget sitter en betongplugg i bägge ändar av arbetstunneln. Pluggarna behöver ses över och förstärkas innan arbetet med att tömma arbetstunneln påbörjas.



Figur 11 Exempelbild på plugg i arbetstunneln

6.4 Bräddledning och andra befintliga ledningar

Ett antal ledningar kommer att vara kvar under arbetena med bergschakt och byggnation, Figur 12. Gasledningar och fjärrvärmeledningar visas i lila, bräddledning i streckad ljusgrå.



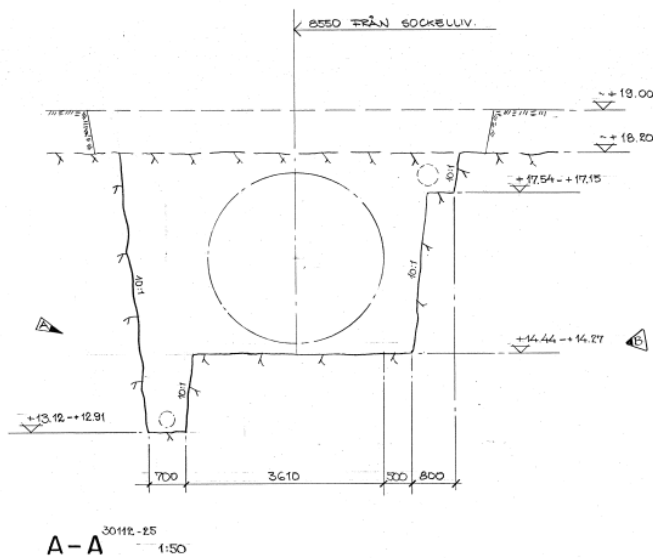
Figur 12 Några av de ledningar som behöver hanteras i samband med bergarbeten.

6.4.1 Bräddledning

Befintlig ledning för bräddning av avloppsvatten går från försedimenteringsbassängerna i nordvästlig riktning och ansluter till utloppstunneln, Figur 13.

Föreliggande rapport omfattar inte berguttag under bräddledning. Bergschakt avslutas 0,5-1 meter om vardera sida ledningsgraven. Särskild arbetsordning behöver upprättas för säkring av bräddledningen och uttagsordning. Där ingår också flytt av det ca 80 ton tunga skyddslock i betong som ligger över ledningen.

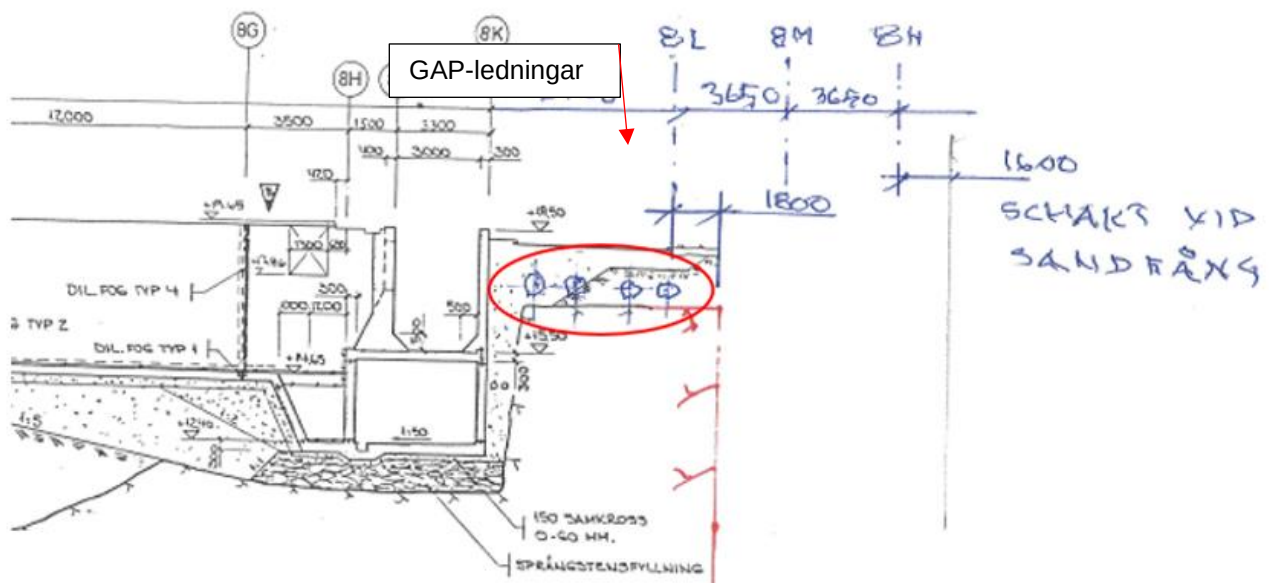
Bräddledningen kommer att behöva förankras och skyddas vid berguttag under och i närheten av densamma. Ledningens diameter uppgår till ca 2,7 m.



Figur 13 Bräddledning i sektion, från ritning 30112-26, Ryaverket Etapp 2B, försedimenteringsbass, schaktsektioner. Vy mot nordväst.

6.4.2 GAP-ledningar

GAP-ledningarna används för kemisk rening vid bräddning. De ansluter från försedimenteringsbassängerna in till finrensbyggnaden och vilar på fyllning ovanpå berg. Om projekteringen visar att bergschakt ska gå under och in mot försedimenteringsbassängerna behöver ledningarna säkras. Förstudien förutsätter ett minsta avstånd för bergschakt 1,8 meter från rörmitt.



Figur 14 Skiss från Ramboll som visar GAP-ledningarnas läge i sektion sedd mot söder.

6.5 Gas- och fjärrvärmeledningar

Sprängning nära gasledningar och fjärrvärmeledningar ska utföras med stor försiktighet. Ledningarnas läge måste verifieras genom inmätning innan arbetena påbörjas.

7 Risker

Ett antal risker har identifierats under arbetet med förstudien.

7.1 Inkommande tunnel

Vid bergguttag i anslutning till befintlig inloppstunnel finns det risk för reducerad stabilitet, både i inloppstunnel samt i schaktväggar. Förförstärkning av bergmassa i anslutning till inloppstunneln bedöms vara nödvändig. Det föreligger även risk för läckage mellan befintlig inloppstunnel, ny tunnelanslutning samt schaktvägg. För att undvika läckage kan förinjektering utföras i mellanliggande bergmassa, ett annat alternativ är att använda lining i tunnelkonstruktionerna.

Andra åtgärder kan vara att flytta bergschakten längre ifrån tunneln och därmed få en tjockare bergvägg kvar vilket ökar stabiliteten kring tunneln.

7.2 Befintliga byggnader

En stor risk är sättningar i befintliga byggnader på grund av avlastning av bergmassan som skapar rörelser i berget och orsakar skador på byggnader eller bassänger.

För att minska risken krävs en noggrant planerad uttagsordning, specifik laddning och ett genomtänkt bormönster. Vidare rekommenderas förförstärkning och sågning av en slits utmed bergkonturerna vid befintliga byggnader. Byggnaderna behöver övervakas och inspekteras kontinuerligt.

Noggrann täckning erfordras för att inte skada byggnader, bräddledning eller andra ledningar. Sprängning ska ske försiktigt och skonsamt.

Besvärande luftstöt vågor eller buller från sprängning kan dämpas genom väl utförd förladdning av krossmaterial av borrhål.

8 Kostnadsuppskattning bergarbeten

En grov kostnadsuppskattning har tagits fram för planerade bergarbeten för utbyggnaden av Nya Rya, se *Entreprenadkalkyl, Förstudie Nya Rya*, daterad 2022-05-31. Den är uppdelad i ett antal delområden, varav två presenteras i Tabell 5 och Tabell 6:

- Pumpstation IN, inklusive förstärkning av befintlig inkommande tunnel
- Område söder och öster om rötammare

Tabell 5 Pumpstation IN

Aktivitet	Enhet	Mängd	Summa (Milj SEK)	Tidsåtgång	Tidsåtgång totalt	Kommentar
Sprängning	m ³	88 900	36	100 m ³ /d	2,5 år	Begränsad pallhöjd
Sågning	m ²	5 540	28	5 m ² /timme	111 dagar á 40 timmar	
Förstärkning			22			Bult, sprutbetong, injektering
Övrigt			5		90 d	Fyllnadsmassor mm
Oförutsett			9			10%
Totalt			100		Ca 3 år	

Tabell 6 Höjdområde

Aktivitet	Enhet	Mängd	Summa (Milj SEK)	Tidsåtgång	Tidsåtgång totalt	Kommentar
Sprängning	m ³	289000	116	100 m ³ /d	2890 d	Begränsad pallhöjd
Sågning	m ²	3150	15	5 m ² /timme	80 d	
Förstärkning			14			Bult
Övrigt			2,1			Fyllnadsmassor mm
Oförutsett			15			10%
Totalt			162,1		2-4 år	

Summan för bergarbeten i utredningsområdet uppgår till ca 262 miljoner SEK och beräknas ta ca 4 år att utföra förutsatt att områdena inte drivs parallellt. Därutöver tillkommer byggherrekostnader, kostnader för projektering och förberedande arbeten.

9 Slutsatser och rekommendationer

I den fortsatta projekteringen bör bergarbetena krävställas. Det är viktigt att såväl krav som kontroll av kraven är noggrant definierade.

- Om utrymmet tillåter rekommenderas släntlutning 5:1 för norra och södra slänten. Om projekteringen ska utgå från 8:1 rekommenderas förstärkning från start med långa ingjutna bultar eller förspända linor för att få tillräcklig förankringslängd i potentiellt stora block.
- Övriga skärningar bedöms kunna utföras med lutning 10:1-8:1.
- Förankring av block rekommenderas utföras med helingjutna bultar utan förspänning eller förspända stag för att säkerställa att inga rörelser sker i bergväggen.
- Observationsmetoden bör användas eftersom det är svårt att fastställa bergets egenskaper innan produktion påbörjas. Metodiken för konstruktion och utförande anpassas därmed till faktiska förhållanden vilket kan medföra en lägre total projektkostnad. Observationsmetoden bygger på tre principiella steg; förutsägelse, observation och åtgärd och benämns även Aktiv Design (Stille 1986).
- Numerisk modellering/ känslighetsanalys bör utföras för att utvärdera hur stora deformationer som kan komma att uppstå till följd av avlastning av bergmassan. Den numeriska analysen bör även omfatta befintlig inloppstunnel.

9.1 Krav för bergschakt

- Sprängningen ska utföras skonsamt så att kvarvarande berg inte skadas mer än normalt till ca 0,3 m djup, vilket motsvarar bergschaktningsklass 2A enligt AMA för slänt/vägg i öppen schakt, och bergschaktningsklass 2 för tunnel och bergrum. Detta för att undvika bergutfall utanför avsedd bergkontur och uppspräckning av kvarvarande berg i bergväggar samt minimera behovet av förstärkning. Kravet kan utformas genom ett största tillåtna avstånd mellan konturhål och största tillåtna laddningskoncentration.
- Losshållning av slänt/vägg i området för ny pumpstation samt slänt mot försedimenteringsbassänger och rötktammare i höjdområdet kan krävställas hårdare, motsvarande bergschaktningsklass 1A.
- Bergschaktsbotten behöver inte krävställas lika noggrant, eftersom det finns möjlighet att jämna ut schaktbotten med tätande och dränerande massor för grundläggning av betongbassäng.
- Allt bergarbete ska utföras så att befintlig anläggning inte riskerar att skadas, tex genom luftstöt våg, stenkast eller markvibrationer.
- Vibrationsfria metoder, tex sågning, för släntytter mot befintlig anläggning rekommenderas.
- Elektroniska sprängkapslar ska användas.

9.2 Konstruktionskrav

- Bärande huvudsystem för inkommande tunnel förutsätts utgöras av berg varför projekteringen inte får inkräkta på dess stabilitet som erhålls genom valvverkan.
- Om svaghetszon i berg påträffas krävs en särskild bergmekanisk utredning.
- Bergförstärkning utförs i första hand med bergbultar och fiberarmerad sprutbetong. All bergförstärkning görs med målet att erhålla en god beständighet med en livslängd på minst 100 år.
- Bergbultar ska vara korrosionsskyddade, vanligen cementingjutna och med en håldimension som är anpassad till typ av bultar.
- Vid större vattenflöden från bergets sprickor kan tätning genom injektering behövas, utöver den injektering som angetts mellan befintlig tunnel och bergschakt.
- Enstaka dropp får förekomma. Dropp på gång- och körytor ska undvikas. Vattenläckage längs bergbultar, upphängningsbultar och förankringsbultar får inte förekomma.

9.3 Övriga krav

- Kontinuerlig vibrationskontroll skall utföras i närbelägna byggnader och objekt samt vibrationskänsliga utrustningar runt området. Vibrationsmätningen ombesörjs och bekostas av beställaren. Entreprenören ska förvissa sig om att mätarna är monterade och färdiga för mätning innan vibrationsalstrande aktivitet får påbörjas. Givare ska monteras så nära vibrationskällan som möjligt i bärande del i grundkonstruktionen.
- Mätsystemet skall uppfylla kraven i Svensk Standard, SS 460 48 66.
- Radonmätning skall utföras om uppkrossat bergmaterial skall användas som fyllnadsmaterial i byggnader där människor vistas mer än tillfället.