

Til: Bergen kommune  
Fra: Norconsult  
Dato: 2014-03-18

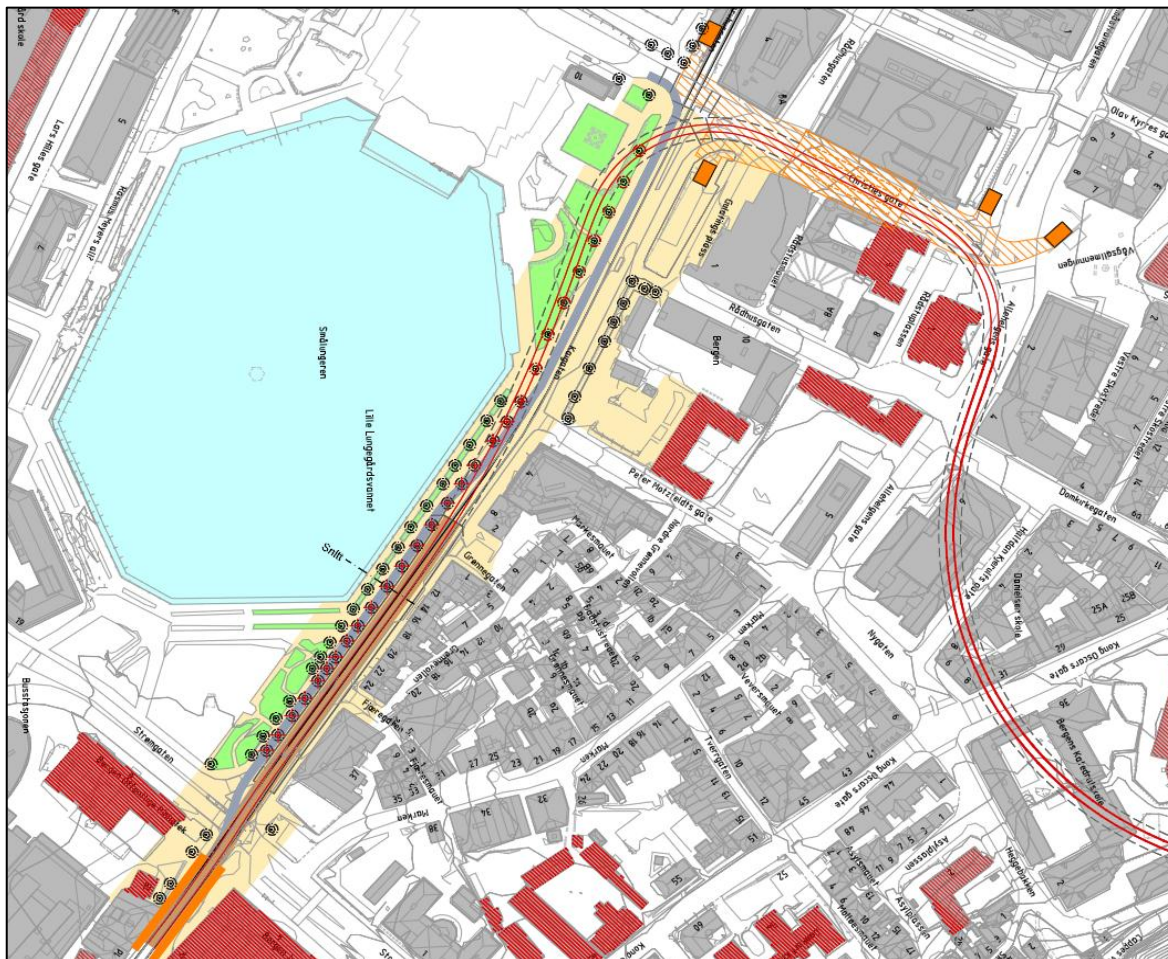
## **Tunnelalternativ 2Aa: Inngrep i Byparken, Kaigaten og Christies gate**

### **INNHOLD**

Innhold	1
1 Innledning	2
2 Behov for bredde til tunnelinnslag og buss i Kaigaten	3
3 Tekniske utfordringer banegeometri	4
3.1 Tekniske krav	4
3.2 Oppsummering banegeometri	5
4 Geotekniske utfordringer med bane under grunnvannsnivå	5
5 Fundamentering Telegrafan	6
6 Teknisk infrastruktur	7
6.1 Kaigaten	7
6.2 Christies gate	7
7 Anleggsperioden	8
7.1 Kaigaten	9
7.2 Christies gate	9
7.3 Trafikkavvikling i anleggsperioden	9
8 Oppsummering	11
VEDLEGG:	11

## 1 INNLEDNING

Dette notat oppsummerer hvilke inngrep i Byparken, Kaigaten og Christies gate som er nødvendig for å gjennomføre alternativ 2Aa med holdeplass under Christies gate.



Figur 1 Oversiktskart Kaigaten

I alternativ 2Aa går banen i dagens trase forbi Nonneseter og krysser Strømgaten før den dykker ned i en rampe i Kaigaten til en tunnel videre under sentrum. Tunnelen går under Christies gate og på grunn av grunnforhold og behov for kontakt med fjell må tunnelen dreie rundt og bak Domkirken før den går nordover mot Sandviken. I sentrum vil alternativ 2Aa ha følgende holdeplasser:

- Dagens holdeplass på Nonneseter beholdes
- Christies gate, holdeplass under bakken med tilkomst via nedganger på øvre del av Vågsallmenningen, på hjørnet av Småstrandgaten, ved Gulating og ved Byparken. Dagens holdeplass ved Byparken legges ned.

- Vetrildsalmeningen, holdeplass i fjell med tilkomst via Vetrildsalmeningen ved Fløibanestasjonen og Øvre Korskirkeallmenning
- Krohnengen

I tilleggstudretning nr 5 er det vurdert en variant av tunnelalternativ 2A med nedramping sør for Statens hus. Denne varianten har stor usikkerhet med hensyn til om den er gjennomførbar.

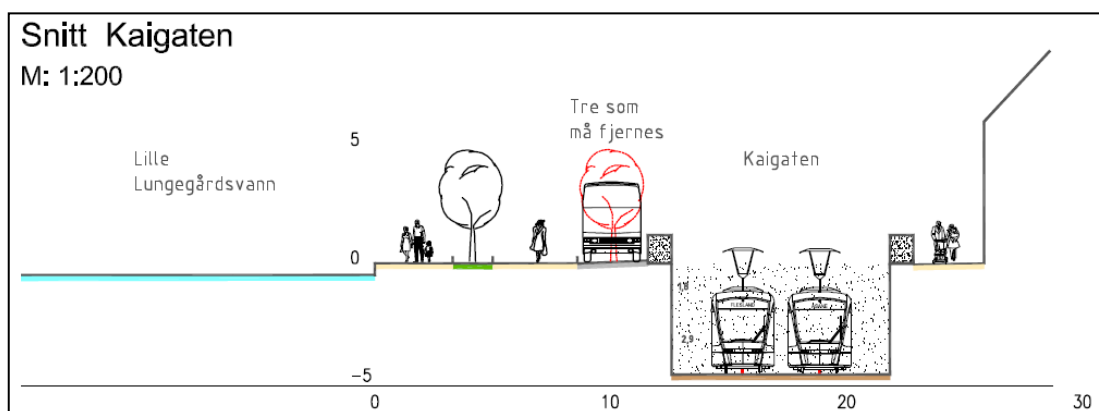
## 2 BEHOV FOR BREDEDE TIL TUNNELINNSLAG OG BUSS I KAIGATEN

Kaigaten er en hovedgate for buss i sentrum. Etter innføring av Bybane gjennom sentrum til Åsane vil fremdeles Olav Kyrres gate og Christies gate være hovedgatene for buss i sentrum. Bybanen til Åsane er planlagt bygget før bybane mot vest, det må derfor legges til rette for god kapasitet og fremkommelighet for bane og et stort antall busser. Når bane mot vest er bygget vil antall busser reduseres, hvor mange er avhengig av hvilken trasé som velges vestover. Uansett løsning er det behov for et sørgående felt for buss i Kaigaten slik at linjene er koblet til busstasjonen.

Banetraseen går ned i en ca 125 meter lang kulvert i Kaigaten. Sørgående busstrafikk forutsettes å beholde ett felt i gaten. Bredden på kulverten med murer vil være ca 11 meter. Det er da lagt til grunn smaleste mulig tverrsnitt for banen inklusive krav til rømningsareal mellom bane og kulvertvegg. Det er også lagt til grunn fortau på 3 meter og bussfelt på 3 meter.

Dette fører til inngrep i parken og at parkarealet vil reduseres. Den ytterste trerekken i denne delen av Byparken må fjernes og gangarealet vil reduseres. Det vil ikke være mulig å reetablere trerekken da den i så fall vil komme svært tett inn mot neste trerekke i parken, midt i gangvegen.

I nordre del av parken vil trerekken fjernes i byggefasen, men vil kunne reetableres. For å kunne oppnå en akseptabel banegeometri (ned mot minimumskurvatur og maksimum fall) må tunnelkulverten delvis ligge under nordre del av parken og følgelig må hele arealet åpnes opp anleggsperioden. Infrastruktur under bakken må legges om.



Figur 2 Tverrsnitt Kaigaten

Figuren under viser behov for bredder til bane, buss og fortau i Kaigaten langs Byparken. Den totale bredden blir ca 17 meter. Tilgjengelig bredde i dag, uten inngrep i Byparken, er ca 13 meter (fra husvegg til veikant mot parken). Dette inngrepet gjelder fra Strømgaten og litt nord for Grønnegaten, der det er åpen kulvert. Videre nordover mot Christies gt, er kulverten lukket og bussen kan gå i gaten.



Figur 3 Behov for areal i Kaigaten

### 3 TEKNISKE UTFORDRINGER BANEGEOMETRI

#### 3.1 Tekniske krav

Regelverket til Bybanen skiller ikke på banegeometri for dagsone og tunnel. Når det gjelder stigningskrav er anbefalt fall på 4 % og maks fall på 6 %. Foreslått trasé har 6 % fall på deler av strekningen, dette gjelder der banen ramper ned i kulvert i Kaigaten og videre til underjordisk stasjon i Christies gt.

I regelverket til Bybanen er anbefalt horisontalkurve radius på R=240 og minimumskurve på R=50 (der banen går i egen trasé). Foreslått trasé har R=50 gjennom svingen Kaigaten - Christies gt.



I regelverket til Bybanen er anbefalt vertikalkurveradius på  $R=1250$  og minimumskurve på  $R=1000$  (der banen går i egen trasé). Vertikalkurven i kulverten inn mot stasjonsområde er  $R=800$ . En linjeoptimalisering vil trolig kunne innfri minimumskravet .

### 3.2 Oppsummering banegeometri

Sporets kvalitet er summen av alle de geometriske elementene. Når alle disse minimumselementene er sammenfallende inn mot holdeplassen blir strekningen samlet sett svært dårlig sporgeometrisk. Skiltet hastighet vil maks være 25 km/t og det må forventes høye drifts- og vedlikeholdskostnader på strekningen. Når strekningen også ligger i kulvert/tunnel blir tilgang til sporet vanskeligere, noe som gjør vedlikehold mer tidkrevende og vanskeligere.

Linjen ble tegnet for å vise minimum inngrep i Byparken, og har som nevnt ikke optimal kurvatur. Det anbefales ikke en krappere horisontalkurve enn  $R=50$  basert på vurderingene over. Noen dagsoner har krappe kurver ned mot  $R=25$ , men disse ligger da horisontalt (uten stigning) og har gode siktforhold, og kan derfor ikke sammenlignes med tilsvarende kurve i tunnel, i enden av en bratt stigning kombinert med minimums vertikalradius.

Linjekombinasjonen gjør at leddene i vognene får en spesiell vridning og belastes mer enn normalt, og må dermed skiftes oftere enn normalt. Skinner i krappe kurver slites også raskere enn normalt, da flensen til hjulet står mye brattere mot skinnen i kurven. Konsekvensen er at skinnen slites raskt, som betyr hyppig vedlikehold for å unngå avsporingsfare.

En sporgeometri med krapp kurve i enden av en lang bakke med maks stigning må risikovurderes eksplisitt. Trolig vil det bli påkrevet 2 separate bremsesystemer.

## 4 GEOTEKNISKE UTFORDRINGER MED BANE UNDER GRUNNVANNSNIVÅ

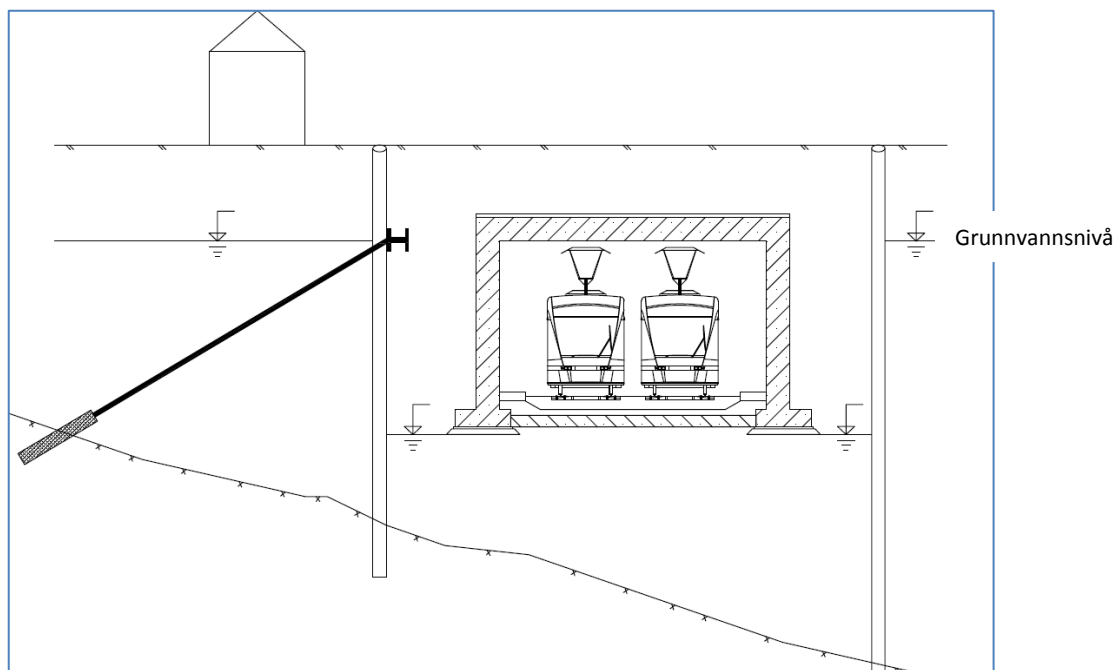
Det er anleggsteknisk nødvendig å arbeide tørt med kulverten samtidig som grunnvannsspeilet utenfor byggegropen i størst mulig grad forblir opprettholdt. I Kaigaten står grunnvannet relativt høyt (kanskje bare 0,7 meter under gatenivå) og det er fra Lille Lungegårdsvann god tilførsel av vann inn mot traseen i gatelinjen. Oppdrift vil bli en utfordring for deler av kulverten i alternativ 2Aa.

Selv om en kulvertkonstruksjon kan bygges tett, kan det oppstå problemer med å kontrollere drenering langs tilbakefyllingen mot kulvertvegg. En dobbelt vegg-løsning med kulvert inne i en kulvert vil være en aktuell løsning. Byggegropsavgrensning av stålpunt eller borede stål- og betongpeler rammet eller boret ned til eller i fjell, gir en tørr byggegrop og permanent tørt miljø for selve banekulverten.

Det finnes mange varianter mht materialbruk og avstivingsløsninger; stålpunt, stålørsvegger, sekantpelevegg med jord- eller fjellanker på utsiden (som figur 4 under viser) eller gjensidig innvendig avstivet hvis penetrering av jordmassene utenfor støtteveggen ikke er ønskelig av hensyn til fredet kulturlag. Den ytre kulvertvegg kan avsluttes i terreng eller den kan gis et lokk som da bl.a. gir rom for åpne ledningskulverter på siden eller over bybanekulverten før kulverten blir en tunnel.

Det viktigste er at den ytre støtteveggen som permanent bygges inn i en kulvert, holder grunnvannet på utsiden på normalt, stabilt nivå og håndterer oppdriftsproblematikken for selve bybanekulverten.

Prinsippkissen under viser dobbelt kulvert med forankring utover. Dette opprettholder grunnvannsstand og gir tørr byggegrop og kulvert. Avstiving kan settes mellom støtteveggene.



Figur 4 Prinsippkisse kulvert med forankring

Graving og installasjon av kulvert eller byggegropsavstivning i trange gater med tilgrensende bygninger på såler eller gamle peler, må håndteres spesielt. Rystelsene må holdes under kontroll (gjelder også sprengningsarbeider for kulvert, påhugg og tunnel). Også for slike tilfeller vil boring av rør for å få konstruert en avstivingsvegg være et alternativ framfor ramming av spunt.

## 5 FUNDAMENTERING TELEGRAFEN

Telegrafan er et vernet bygg fra 1920-tallet, og vil stå svært tett inn mot byggegropen for holdeplassområdet i Christies gt. Bygningen er fundamentert på betongsøyler/ pilarer fra kjelleretasje ned til fjell. Mot Rådhusgaten er dybden til fjell omtrent 4,5 meter fra dagens overflate. Mot Starvhusgaten er det rundt 8 meter fra dagens overflate til fjell

Forholdene rundt fundamentering av bygget er hentet inn fra Byarkivet. Det lå ikke opplysninger om fundamentering mot Christies gate, men det synes i alle fall klart at bygget er fundamentert på fjell.

## 6 TEKNISK INFRASTRUKTUR

For vurderinger av VA-anlegg langs Kaigaten og i Christies gate er det forutsatt en byggegrop i ca 13 meters bredde i Kaigaten. I Christies gate forutsettes det at hele bredden av gaten graves opp for å etablere en underjordisk holdeplass for Bybanen. Forslag til omlegging av ledninger ligger utenfor den antatte byggegropen.

### 6.1 Kaigaten

Det ligger en stor vannledning og en stor avløpsledning et stykke langs gaten. Disse må flyttes og legges om. Vannledningen kan legges i gangveg langs Lille Lungegårdsvann og delvis i grøntareal i park. Avløpsledningen kan flyttes lenger inn mot husrekken i Kaigaten.

Dagens overvannsledninger ligger langs Kaigaten på siden mot parken og Lille Lungegårdsvann. I samme ledningstrasé ligger det en vannledning. Begge ligger innenfor byggegropen for kulvert og må flyttes. Sluk og sandfang er plassert på motsatt side av byggegropen i forhold til overvannsledningen, og ledningene fra slukene vil komme i konflikt med nedrampingen til kulverten og må kobles om.

En AF-ledning (felles ledning for spillvann og overvann) langs Grønnegaten 1 og Kaigaten 12-24 ligger innenfor antatt byggegrop. Ledningen må flyttes lenger inn på fortauet. En større AF-ledning krysser Bybanetraséen i krysset ved Kaigaten/Christies gate. Ledningen går forbi Festplassen mot en pumpestasjon ved Byparken. Det vil ikke være hensiktsmessig å legge om ledningen, avløpsvannet må uansett krysse Bybanetraséen på et punkt. AF-ledningen er i duktilt støpejern og dersom trasé 2Aa velges, er en mulighet å grave rundt og danne en slags bro i anleggsfasen. Alternativt kan det etableres en midlertidig pumpestasjon og pumpe avløpsvannet forbi byggegropen i anleggstiden.

Det er seks ledningskryssinger som må ivaretas ved bygging av alternativ 2Aa. Tre av kryssingene går over byggegropen i Kaigaten. Disse ledningene har forsyning fra flere sider. I forbindelse med detaljprosjekteringen må det vurderes om ledningsnettets kapasitet til å kutte forsyningen fra Kaigaten midlertidig i anleggsfasen, eller om det må etableres midlertidig forsyning. Vannledningene som krysser byggegropen kan legges tilbake ved gjenfylling over kulverten for Bybanen.

Det er også behov for noe omlegging av fjernvarme og bossug. Eksisterende fjernvarme og bossug ligger langs kanten av Lillelungeren. På enkelte punkt vil det i prosjekterings- og anleggsperioden være nødvendig å vurdere tiltak for hindre omlegging av disse anleggene.

### 6.2 Christies gate

I alternativ 2Aa planlegges det en byggegrop i omtrent hele bredden i Christies gate. Det ligger en vannledning midt i vegarealet og denne kommer i konflikt med byggegropen. I anleggsperioden er det sannsynligvis ikke nødvendig å erstatte denne da ledningen er en del av flersidig forsyning. En midlertidig omkobling er mulig. Det går én stikkledning fra denne ledningen, mot den gamle brannstasjonen.

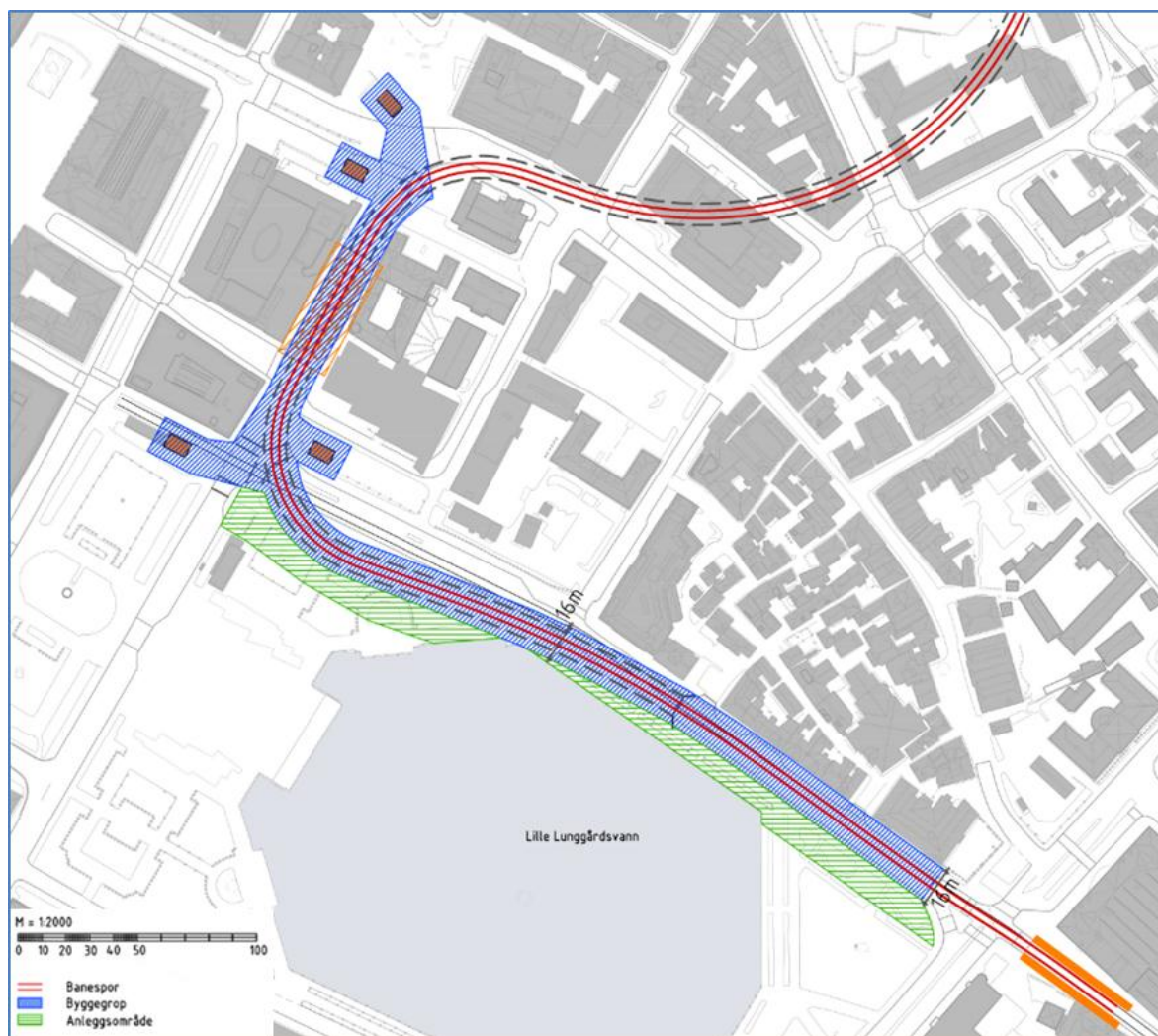
Graving for rør i forhold til kulturlag i Christies gate ble ikke vurdert spesifikt for dette alternativet. Ettersom alternativet medfører total fjerning av gaten er omfanget i utgangspunktet stort negativt.

## 7 ANLEGGSPERIODEN

Det er utført en del grunnundersøkelser i området. Basert på det vi vet, antas at det kan være tilstrekkelig bergoverdekning til å drive tunnel i berg rett etter svingen ved enden av Lille Lungegårdsvann i Byparken, der traseen dreier mot holdeplassen i Christies gate.

Holdeplassen i Christies gate trenger imidlertid større takhøyde enn der banen går i tunnel. For selve holdeplassen er det spesielt usikkert om man oppnår tilstrekkelig bergoverdekning, men det kan være mulig. Generelt må det utføres supplerende grunnundersøkelser for å få avdekket bergnivået mer i detalj, og for å kunne verifisere gjennomførbarheten.

Alternativet er å åpne opp hele området i anleggsperioden. Sett i forhold til stor usikkerhet rundt bergoverdekning og bergkvalitet, samt praktisk gjennomførbarhet for anleggsdriften, kan det være mest hensiktsmessig å forutsette åpen byggegrøp, både for kulverten i Kaigaten og stasjonsområdet i Christies gt. Det er tatt høyde for en slik løsning i konsekvensutredningen.



Figur 5 Omfang åpen byggegrøp og antatt anleggsområde i parken



## 7.1 Kaigaten

Grunnvannet ligger høyt i området, og det må generelt bygges en tett betongkonstruksjon som sikres mot oppdrift. Dette gjelder både der det er åpent opp i dagen og der det er lukket tverrsnitt og traseen i sin helhet ligger under bakken. I anleggsfasen må utgravingen sikres med vanntette støttekonstruksjoner. Dette kan gjøres med tradisjonell stålpunt, eller varianter med vegger av stål- eller betongrør. Støtteveggene må stives av med stag til berg eller innvendig avstivning. Den permanente konstruksjonen med støttekonstruksjoner vil kreve en nødvendig bredde på rundt 15 m. Dette utgjøres av betongkonstruksjonen på ca. 11 m, og 2 m på hver side til støttekonstruksjoner. For å ta høyde for at det må forgraves i spuntlinjen, bør man påregne at en bredde på minimum 17 m vil bli direkte berørt av midlertidige og permanente konstruksjoner. I tillegg berøres et anleggsområde på hver side.

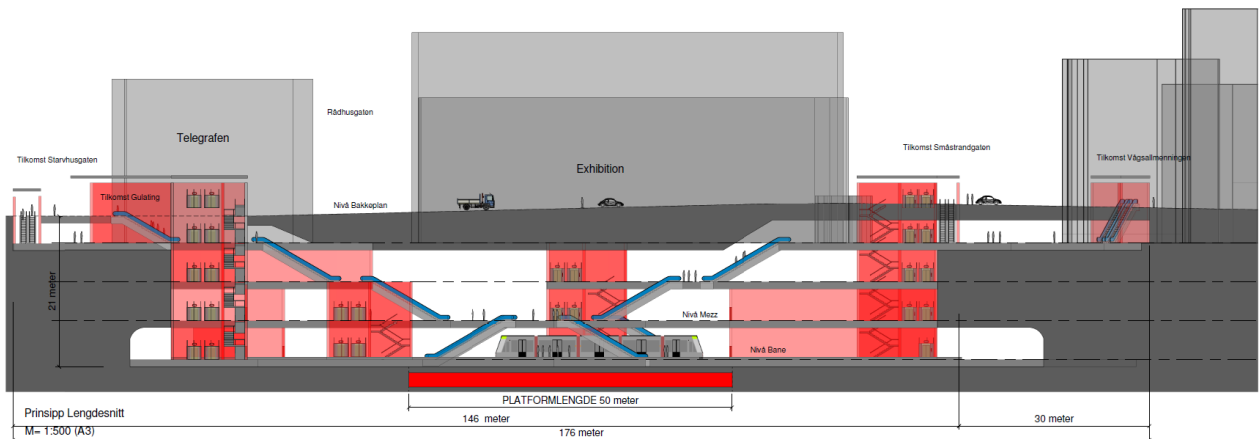
## 7.2 Christies gate

Det er planlagt atkomster til holdeplassen i Christies gate fra fire innganger. Disse er plassert på øvre del av Vågsalmenningen, på hjørnet av Småstrandgaten, ved Gulating og ved Byparken, jfr markeringene i figur 7. For alle disse atkomstene må man påregne at det må graves åpent til man kommer inn i berg. Her må det også settes av en tilstrekkelig bredde i anleggsperioden for å sikre utgravingen. Nødvendig bredde er konstruksjonsbredden med 2,5 m på hver side for avstivning.

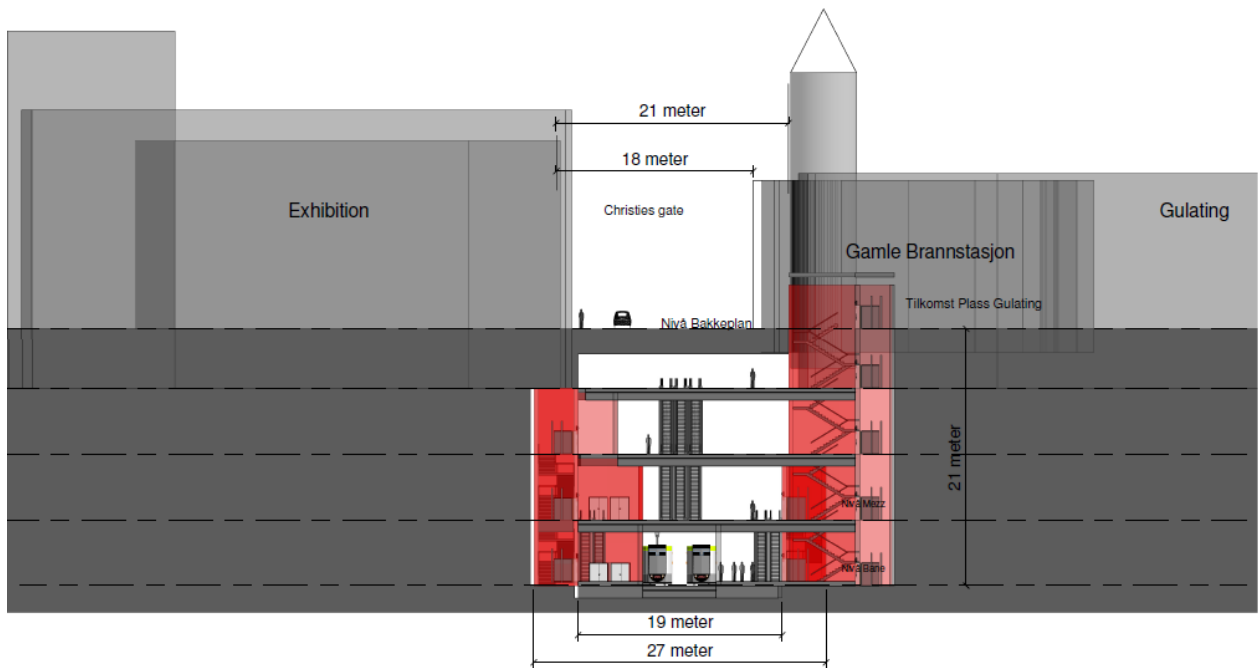
## 7.3 Trafikkavvikling i anleggsperioden

Under anleggsperioden må både Kaigaten og Christies gt. stenges for trafikk. Dette innebærer omfattende omlegging av trafikkmønsteret i Bergen sentrum.

Christies gt. er i dag en hovedåre for nordgående trafikk gjennom sentrum, både når det gjelder buss og bil. Kaigaten brukes i dag til bybane og buss, samt noe mindre biltrafikk. Endestoppet for Bybanen i Byparken må legges ned, og snupunkt for dagens bybanedrift flyttes sørover. Bussene som kommer fra Christies gt, og som skal til Bystasjonen, benytter Kaigaten i dag. Disse må legges om i annen trasé.



Figur 6 Lengdesnitt holdeplass under bakken Christies gate.



Figur 7 Tverrsnitt holdeplass under bakken Christies gate.

## 8 OPPSUMMERING

Alternativ 2Aa med kulvert i Kaigaten og stasjon under Christies gate er en krevende løsning med mange utfordringer, både når det gjelder tekniske løsninger og praktisk anleggsgjennomføring.

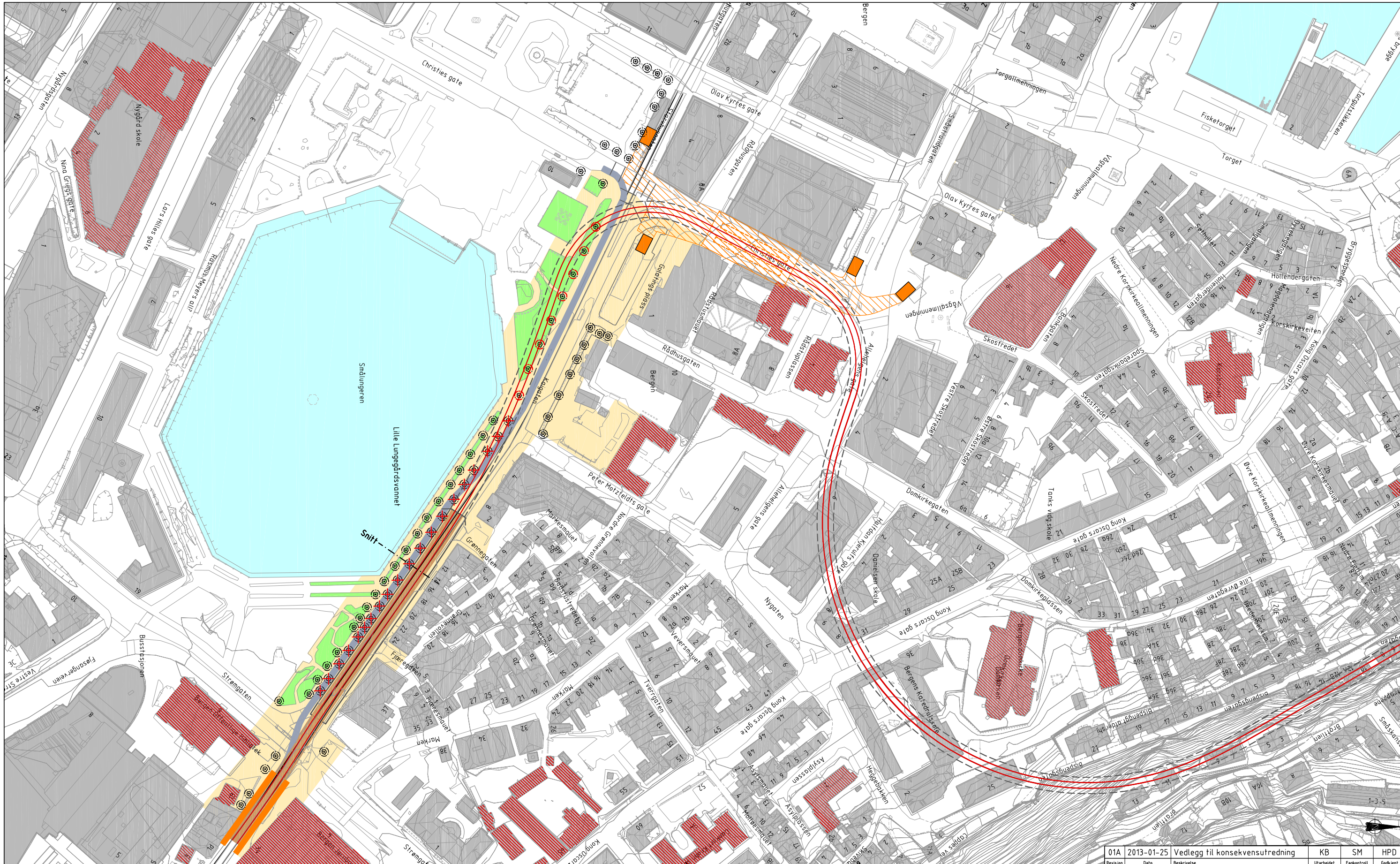
Alternativet krever også inngrep i Byparken. Hovedpunktene er:

- Krevende anleggsgjennomføring med trange forhold og krevende handtering av grunnvann
- Mye teknisk infrastruktur må legges om
- Svært dårlig sporgeometri for banetraseen med bruk av flere minimumsløsninger samtidig
- Selv med minimumsløsninger for traseen vil den måtte gå inn under Byparken før den svinger inn i Christies gate.
- For avvikling av busstrafikk vil det være nødvendig å fjerne sørøstre del av trekken mellom Byparken og Kaigaten og anlegge bussfelt på grøntarealer mellom gangvegen og gaten.
- Under anleggsperioden vil både Christies gate og Kaigaten bli stengt for trafikk. Dette krever omfattende omlegging av trafikkmønsteret i sentrum.
- Under anleggsperioden vil store deler av Byparken mellom Lillelungeren og Kaigaten bli berørt.

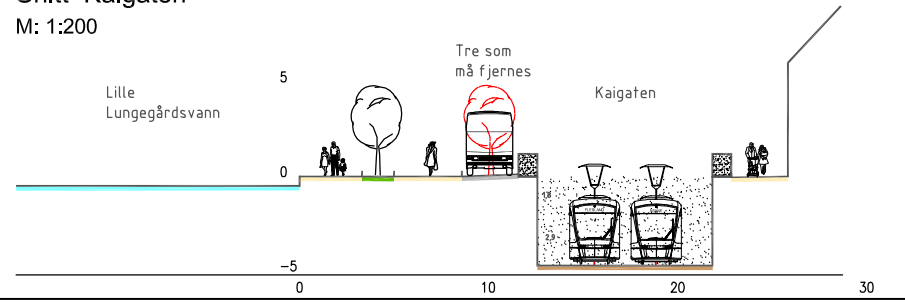
### VEDLEGG:

1. Illustrasjonsplan av alt. 2Aa i Kaigaten
2. Illustrasjon omfang av byggegrep alt. 2Aa
3. Snitt holdeplass under Christies gt.





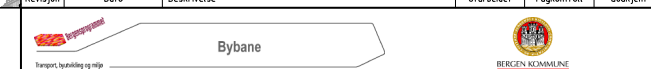
**Snitt Kaigaten**  
M: 1:200



**TEGNFORKLARING**

- Banetrase
- Banetunnel
- Vegareal
- Gangareal
- Sykkeltrese
- Holdeplass under bakken
- Plattform / tilkomst til holdeplass under bakken
- Gangfelt
- Eksist. tre som utgår
- Eksist. tre som kan flyttes
- Eksist. tre

01A	2013-01-25	Vedlegg til konsekvensutredning	KB	SM	HPD
Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent



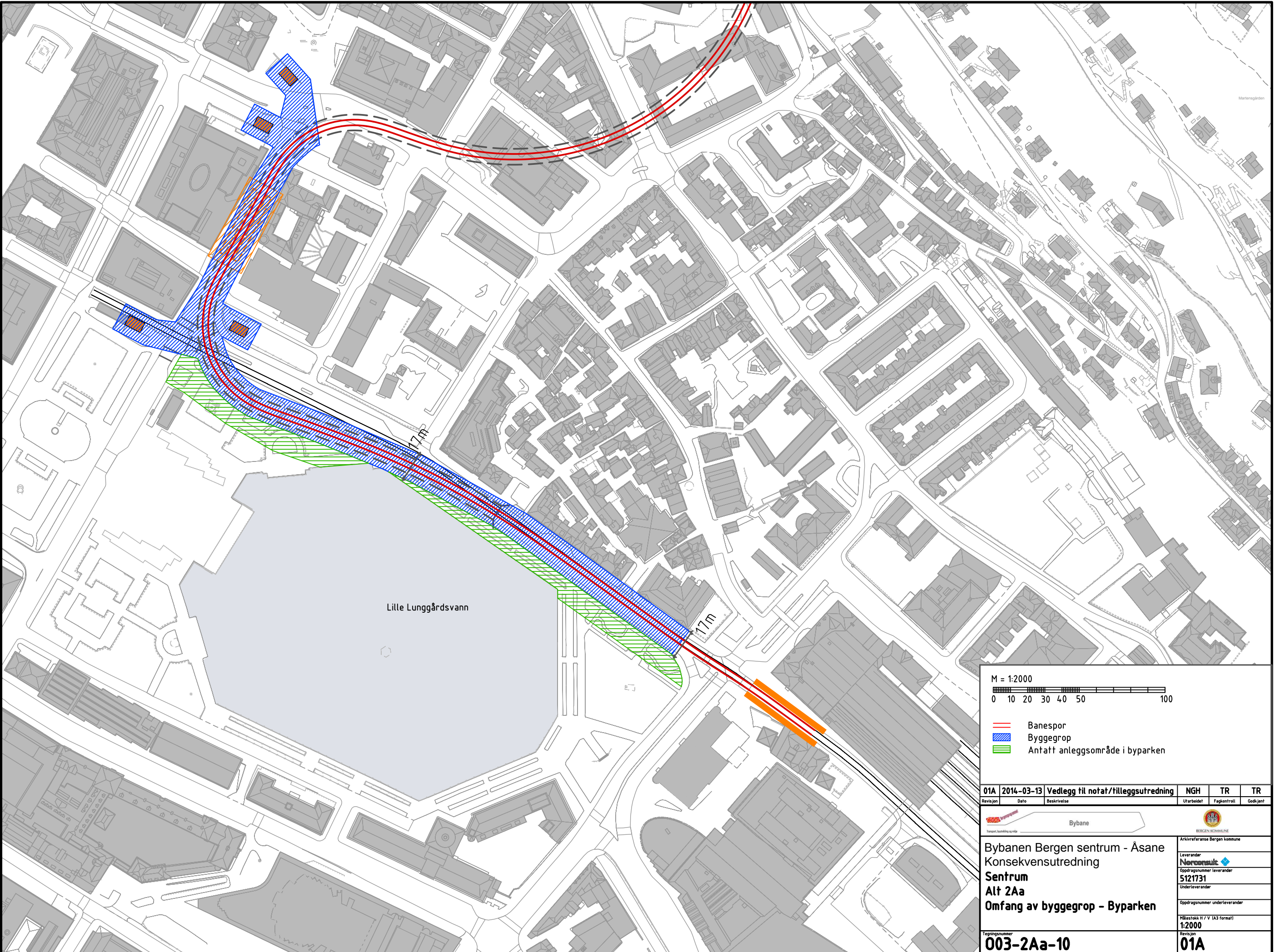
**Bybanen Bergen sentrum - Åsane**  
Konsekvensutredning  
Sentrum  
Alt 2Aa, Kaigaten - Christiesgate  
Illustrasjonsplan

Tegningsnummer: **001-2Aa-01**

Leverandør <b>Norconsult</b> Oppdragsnummer: 5121731 Underleverandør	Arkivreferanse Bergen kommune Oppdragsnummer underleverandør Målestokk H / V (A1 format) 1:1000 (A1) Revisjon <b>01A</b>
---	---



\D\BERGEN\Oppdrag\5121731\DAK\BaneModell\gravesgraff\_nigho\_2014-03-12.dwg - Nigho - Plottet: 2014-03-13\_15:02:49 - XREF - Raster = PDSESVLET,SESSOND-ACE161628098FC72EDC7F631A10.F5D\*



M = 1:2000

- Banespor
- Byggegrupp
- Antatt anleggsområde i byparken

01A	2014-03-13	Vedlegg til notat/tilleggsutredning	NGH	TR	TR
Revisjon	Date	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Bybane

**Bybanen Bergen sentrum - Åsane**  
 Konsekvensutredning  
 Sentrum  
 Alt 2Aa  
 Omfang av byggegrupp - Byparken

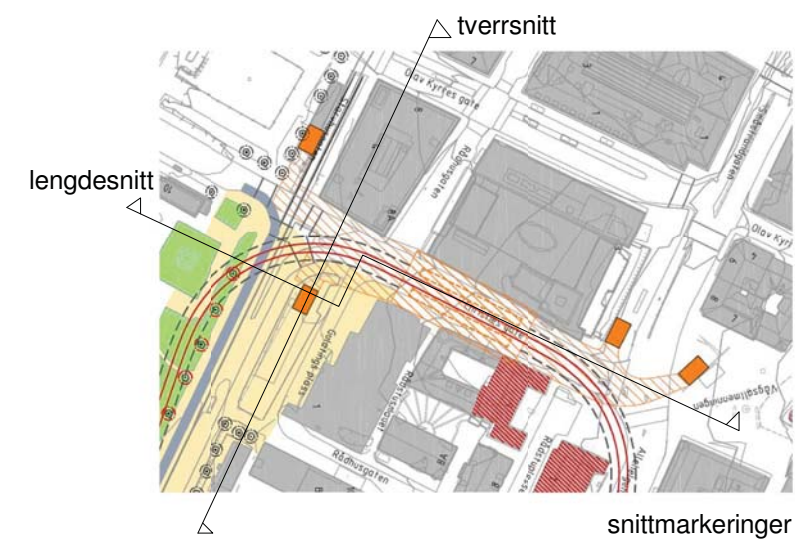
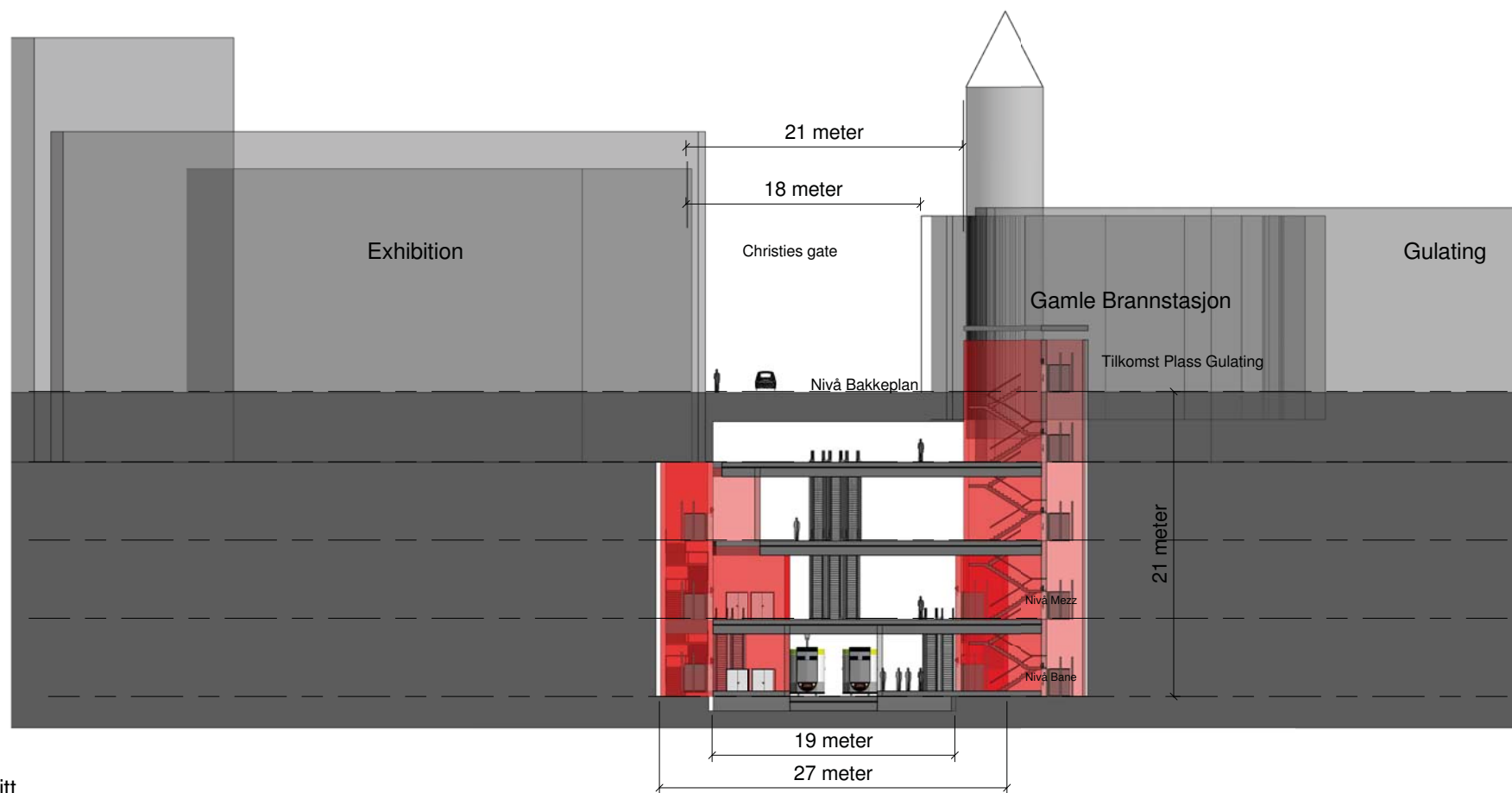
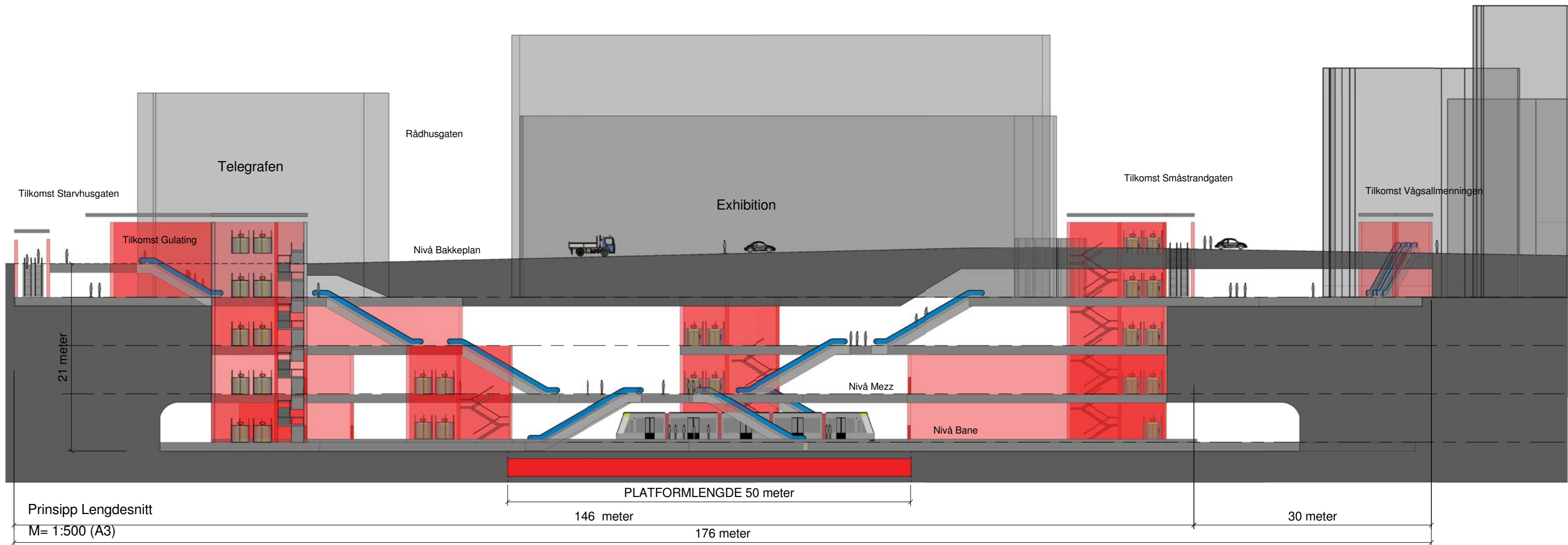
Oppdragsnummer 5121731  
 Underleverandør

Oppdragsnummer underleverandør  
 Målestokk H/V (A3 format)  
 1:2000  
 Revisjon  
**003-2Aa-10**

Arkivreferanse Bergen kommune  
 Leverandør  
**Norconsult**  
 Oppdragsnummer leverandør  
 5121731  
 Underleverandør  
 Oppdragsnummer underleverandør

**01A**





01A	2014-03-11	Vedlegg til KU	PBJ	TPJ	HPD
Revisjon	Dato	Beskrivelse	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Bybane			BERGEN KOMMUNE		
Bybanen Bergen sentrum - Åsane			Arkivreferanse Bergen kommune		
Konsekvensutredning			Leverandør Norconsult		
Holdeplass i fjell - Christies gate			Oppdragsnummer leverandør 5121731		
Prinsippløsninger Snitt			Underleverandør		
			Oppdragsnummer underleverandør		
			Målestokk H / V 1 : 250		
Tegningsnummer 003-2Aa-06			Revisjon 01A		