

NOTAT

Oppdragsnavn **Fornebu Sentrum**
 Prosjekt nr. **1350023360**
 Kunde **Fornebu Sentrum Utvikling AS**
 Notat nr. **RIB-011**
 Versjon **01**
 Til **Trond Skudvig (Fornebu Sentrum Utvikling)**
 Fra **Knut Kure, Stein Myhre**
 Kopi **Rune Stangeland (Rodeo arkitekter)**

Utført av **Knut Kure**
 Kontrollert av **Thomas Fürst, Tommy Steinkjer**
 Godkjent av **Knut Kure**

Innledende seismisk vurdering

Dato 17.11.2022

Sammendrag

Fornebu Sentrum Utvikling (FSU) skal bygge flere kvartaler og torgområder over Fornebubanens (FOB) sin base og stasjon, heretter omtalt som Basen. Per d.d. er ikke bydelen detaljregulert, mens Fornebubanen er i gang med detaljprosjektering av sine råbyggskonstruksjoner.

Med bakgrunn i et svært forenklet overslag fra FSU er det forventet at FOB har gjort terrenginngrep i et areal på ca. 50.000m² og tatt ut ca. 600.000m³ løsmasser og berg fra byggegroppen. I gjennomsnitt innebærer dette et uttak med ca. 11m høyde. Faktisk mengde masseuttak er ikke kjent for FSU per i dag.

Per i dag ansees seismisk klasse IIIa som en realistisk øvre grense for FSU, altså samme klasse som FOBs underliggende konstruksjon.

For at FSU sine konstruksjoner innenfor basens fotavtrykk skal kunne ansees for å være i grunntype A er man avhengig av å videreføre FOBs vurdering om at deres konstruksjon ligger i grunntype A, da FOB sin konstruksjon benyttes som fundament for bygg over. FSU v/RIB har gjort en vurdering av avstand mellom tidligere terreng og berg innenfor Basens fotavtrykk. Anslagsvis er 55% av konstruksjonen definert direkte innunder grunntype A dersom man kun tar utgangspunkt i terreng høyden før FOB gravde ut området. Endelig terrengnivå vil trolig ligge i samme nivå som dagens terreng eller høyere. Vurderingen viser at mer enn 25% (ca. 45%) av arealet hvor Basen er etablert har mer enn 5m fra tidligere terreng til berg.

FSU ber om at FOB redegjør mer detaljert hvordan de har kommet frem til at Basen skal legges innenfor grunntype A, og hvor store arealer fra en annen grunntype utenfor Basens fotavtrykk som FSU kan koble sammen med basen før forutsetningene for grunntypen endres. Momenter som anses som relevante å belyse er gjengitt i dette notatets konklusjon.

Enkelte grunntyper, slik som D, S1 og S2 vil utløse krav om seismisk dimensjonering etter dagens regelverk, forutsatt seismisk klasse IIIa. Dersom FOB har en oversikt over hvilke områder som bør klassifiseres innunder de forskjellige grunntypene ønsker FSU at denne blir oversendt.

Dersom dagens regelverk blir endret i perioden frem til FSU skal bygge over Fornebubanen, er det vanskelig å si hvordan dette vil kunne slå ut ift. krav om seismisk analyse, endring av laster generelt osv. Vi anbefaler derfor at FOB, evt. i samarbeid med FSU, søker aksept hos Bærum kommune for at dagens gjeldende standardverk kan benyttes ved prosjektering av FSUs fremtidige bygg over Basen og for de av FSUs konstruksjoner som har innvirkning på Basen.

Rambøll
 Hoffsveien 4
 Postboks 427 Skøyen
 0213 Oslo

T +47 22 51 80 00
 F +47 22 51 80 01
<https://no.ramboll.com>

1 Innledning

Fornebu Sentrum Utvikling (FSU) skal bygge flere kvartaler og torgområder over Fornebubanens (FOB) sin base og stasjon, heretter omtalt som Basen. Per d.d. er ikke bydelen detaljregulert, mens Fornebubanen er i gang med detaljprosjektering av sine råbyggskonstruksjoner.

Det vises til utsendt notat RIB-008 og FSU-B-001-00 Fornebu Sentrum - Tidligfase Lastberegning.

Dette notatet gjengir noen av forutsetningene som er presentert fra FOB sin side rundt valg av grunntype og seismisk klasse. Notatet kommer innom hvilke avstander som fantes på området mellom tidligere terreng før FOB sine terrenginngrep og berg og hvordan Rambøll v/RIB og RIG oppfatter at jordskjelvsstandarden per i dag definerer grunntype A.

Det vises til FOBs premisser som angitt i mottatt notat Jordskjelvsdimensjonering for utbyggerlaster for Fornebu base og stasjon, versjon 02 av 01.09.2021.

Det er også tatt inn opplysninger fra FOBs utførte geotekniske datarapporter PF-P-721-RB-0004_01A_A Geoteknisk datarapport og PF-P-721-RB-0001_04A_A Geoteknisk fagrapport.

2 Utdrag fra FOBs grunnundersøkelser og omfang av løsmasseuttak

Iht. til enkeltutdrag fra PF-P-721-RB-0004_01A_A Geoteknisk datarapport beskrives massene i området hvor FOBs base skal etableres slik:

Grunnundersøkelsene fra området indikerer et topplag av fyllmasser med varierende mektighet bestående av pukk, grus og sprengstein, over et lag med leire. Leiren er bløt til middels fast og det er også funnet lommer med kvikkleire/sprøbruddmateriale. Det er stedvis påvist torvmasser i stor dybde under lag av fyllmasser. Det kan forventes fyllmasser, stedvis med mektighet opp mot 10 m. Dybder til berg i planområdet varierer fra berg i dagen til ca. 32 m i utførte sonderinger. Berggrunn består i hovedsak av skifer og kalkstein med knollekalk. ...

... Byggegroppen vil dekke et område tilsvarende ca. 500x100 m....

... Overslagsmessig skal det tas ut ca. 600 000 m³ med løsmasser og berg ned til planum. I områdene som ikke blir berørt av kulvert og sjakter er det forutsatt at alle masser innenfor byggegropen tas ut til samme traunivå på kote -3,4. Dette for å unngå graveskråninger og bergknauser internt i byggegropen....

Overslagsmessig innebærer tallene over at det var forventet gjort terrenginngrep i et areal på ca. 50.000m² og tatt ut ca. 600.000m³ løsmasser og berg fra byggegropen. I gjennomsnitt innebærer dette at det skal tas ut ca. 11m høyde med masser. Det nevnes i denne sammenheng at FSU ikke sitter på noen oversikt over hva som faktisk er tatt ut per i dag av løsmasser og berg.

3 Kriterier for valg av seismisk klasse

Opptredende seismiske laster vil i stor grad avhenge av valg av seismisk klasse, sammen med grunnforhold og utformingen av bygg og baneanlegg. Siden det skal etableres et større antall bygninger på toppen av T-baneanlegget, vil man helt eller delvis måtte sette felles forutsetninger for opptak av stabilitetslaster fra vind, skjevstilling og seismikk. Spesielt vil opptak av seismiske krefter ha et kompliserende grensesnitt mellom Fornebu Sentrum Utvikling sine konstruksjoner og Fornebubanen.

Fornebubanen har valgt å legge sin konstruksjon innunder seismisk klasse IIIa iht. Eurokode NS-EN 1998-1:2004+A A1:2013/NA:2021: Tabell NA.4(902). FSU sine konstruksjoner som fundamenteres på FOB sin base og stasjon kan dermed ikke ha høyere seismisk klasse enn konstruksjonen de fundamenteres på. FSU har derfor ikke mulighet til å etablere det som regnes som «viktig infrastruktur» eller «Byggverk der konsekvensen av sammenbrudd er særlig store» iht. tabell NA.4.2(902). Tabellen er klippet inn i Figur 1.

Det er ikke mottatt signaler om at FSU vil ha behov for høyere seismisk klasse enn den som er valgt av Fornebubanen i FOBs premissnotat «Jordskjelvsdimensjonering for utbyggerlaster for Fornebu base og stasjon», versjon 02 av 01.09.2021. Per i dag ansees seismisk klasse IIIa som en realistisk øvre grense for FSU. Dette dekker behov ved etablering av eksempelvis kjøpesenter, større barnehager, e.l. Det presiseres også at FSU ikke har anledning til å senere velge en høyere seismisk klasse enn IIIa uten en fullstendig vurdering av underliggende konstruksjon (FOB).

Tabell NA.4 (902) — Veiledende valg av seismisk klasse

Byggverk	I	II	IIIa	IIIb	IV
Byggverk der konsekvensene av sammenbrudd er særlig store					x
Viktig infrastruktur: sykehus, brannstasjoner, redningssentraler, kraftforsyning og lignende			(x)	x	
Industrianlegg ^{a)}		x	x		
Tårn, skorsteiner, siloer	(x)	x			
Kaier og havneanlegg ^{b)}	x	(x)			
Støttemurer, nedgravde konstruksjoner, geotekniske konstruksjoner ^{c)}	x	(x)			
Byggverk med store, og vedvarende, ansamlinger av mennesker og som ofte er i bruk: kjøpesentre, konferanselokaler, kinosaler, kulturelle institusjoner			x		
Byggverk med store, men sjeldne, ansamlinger av mennesker: tribuner, sportshaller		x			
Byggverk med små, men vedvarende, ansamlinger av mennesker og som ofte er i bruk: idrettsbygg		x			
Skoler og institusjonsbygg		(x)	x		
Kontorer, forretningsbygg, hotell og boligbygg		x			
Småhus, rekkehus, mindre lagerhus	x				
Landbruksbygg ^{d)}	x				
Kaier og fortøyningsanlegg for sport og fritid	x				
MERKNAD Kryss uten parentes angir normalt valg av seismisk klasse. a Der det er fare for stor skade på miljø og/eller biomangfold bør klasse IIIa velges. b Der havneanlegg er en del av industrianlegg må disse vurderes også som industrianlegg c Der bortfall av konstruksjoner påvirker stabiliteten til en konstruksjon med høyere konsekvensklasse må tilsvarende høyere konsekvensklasse vurderes. Konstruksjoner som bidrar til stabilitet langs vei og spor bør vurderes tilsvarende som bruer; se NS-EN 1998-2/NA. d Landbruksbygg med fare for stor skade på miljø bør vurderes som industribygg					

Figur 1 Veiledende valg av seismisk klasse

4 Kriterier for valg av grunntype

På Figur 2 vises hvilke parametere FOB har lagt til grunn for grunnakselerasjon og valg av grunntype.

Grunnakselerasjon:

Grunnakselerasjoner er basert på tabell NA.3.2(901) fra Eurokode 8-1, Standard Norge, «Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger (NS-EN 1998-1:2004+A A1:2013/NA:2021)».

Basert på lokasjon Bærum er det besluttet å benytte $a_{gR} = 0.25 \text{ [m/s}^2\text{]}$ i prosjektet.

Grunntype:

NA.3.2.2(2) sier at det bør brukes type 2 elastisk responsspekter for seismiske soner angitt i nasjonal annekset. Basen er fundamentert direkte til berg, og dekket over basen er sideveis stabilisert mot berg i basens tverretning.

Det benyttes derfor grunntype A som gir etter Tabell 3.3 i NS-EN 1998-1:2004+A A1:2013/NA:2021:

forsterkningsfaktor $S = 1.0$. og periodene:

- $T_B = 0.05 \text{ sek}$
- $T_C = 0.25 \text{ sek}$
- $T_D = 1.2 \text{ sek}$

Konstruksjonsfaktor:

For basen er prinsippet at strukturen er stiv og har lite energiabsorpsjon. Det benyttes derfor konstruksjonsfaktor $q=1.5$ (DCL Tabell NA.6.1 NS-EN 1998-1:2004+A A1:2013/NA:2021).

Utbygger står fritt til å velge konstruksjonsfaktor for sine bygg.

Figur 2 Fornebubanens vurdering av grunnakselerasjon og grunntype

iht. Eurokode NS-EN 1998-1:2004+A A1:2013/NA:2021: Tabell NA.3.1 defineres grunntype A ved at skjærbølgehastigheten $v_{s,30}$ er større enn 800m/s. Dette kjennetegnes gjennom beskrivelsen *fjell-lignende geologisk formasjon, medregnet høyst 5m svakere materiale på overflaten.*»

«Fjell eller

Tabell NA.3.1 — Grunntyper

Grunntype	Beskrivelse av stratigrafisk profil	Parametere ^{b)c)}		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (slag/30cm)	c_u (kPa)
A ^{a)}	Fjell eller fjell-lignende geologisk formasjon, medregnet høyst 5 m svakere materiale på overflaten.	> 800	-	-
B	Avleiringer av svært fast sand eller grus eller svært stiv leire, med en tykkelse på flere titalls meter, kjennetegnet ved en gradvis økning av mekaniske egenskaper med dybden.	360 – 800	> 50	> 250
C	Dype avleiringer av fast eller middels fast sand eller grus eller stiv leire med en tykkelse fra et titalls meter til flere hundre meter.	180 – 360	15 - 50	70 - 250
D	Avleiringer av løs til middels fast kohesjonsløs jord (med eller uten enkelte myke kohesjonslag) eller av hovedsakelig myk til fast kohesjonsjord.	120 – 180	10 – 15	30 – 70
E ^{d)}	Et grunnprofil som består av et alluviumlag i overflaten med v_s -verdier av type C eller D og en tykkelse som varierer mellom ca. 5 m og 20 m, over et stivere materiale med $v_s > 800 \text{ m/s}$.			
S ₁	Avleiringer som består av eller inneholder et lag med en tykkelse på minst 10 m av bløt leire/silt med høy plastisitetsindeks ($PI > 40$) og høyt vanninnhold.	> 100	-	10-20
S ₂	Avleiringer av jord som kan gå over i flytefase (liquefaction), sensitive leirer eller annen grunnprofil som ikke er med i typene A – E eller S ₁ .			

a Hvis minst 75 % av konstruksjonen står på fjell og resten på løsmasser, og konstruksjonen står på ett kontinuerlig fundament (platefundament), kan grunntype A benyttes.

b Valget av grunntype kan være basert på enten $v_{s,30}$, N_{SPT} eller c_u . $v_{s,30}$ anses som den mest aktuelle parameteren å benytte.

c Der det er tvil om hvilken jordtype som skal velges, velges den mest ugunstige.

d Ved bestemmelse av grunntype E kan følgende alternative beskrivelse benyttes: Et jordprofil bestående av et overflatelag med $v_{s,30}$ -verdier av type C eller D og tykkelse varierende mellom ca. 5 m og 20 m over et underliggende stivere materiale med $v_{s,30} > 500 \text{ m/s}$.

Figur 3 Tabell NA.3.1 i NS-EN 1998-1:2004+A A1:2013/NA:2021

Imidlertid åpner standarden i sin fotnote a) (som kun er inkludert i nasjonalt tillegg) for at 75% av konstruksjonen står på fjell og resten på løsmasser, og konstruksjonen står på ett kontinuerlig fundament (platefundament), kan grunntype A benyttes.» Tabell NA.3.1 er vist på Figur 3.

«Hvis minst

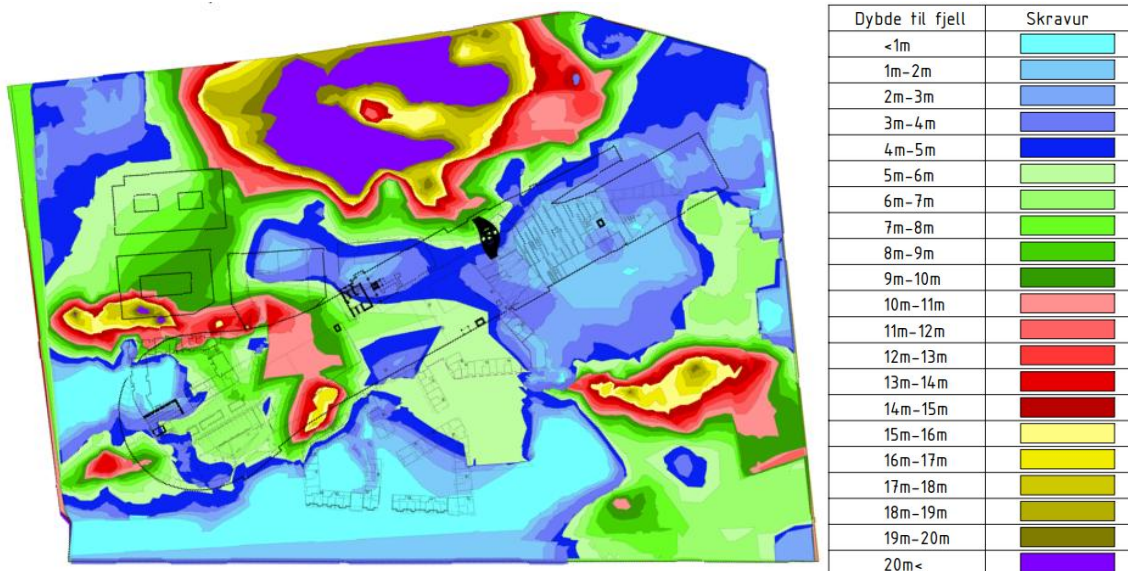
Med andre ord åpner fotnoten opp for at dersom fotnotens betingelser oppfylles, kan konstruksjonen plasseres i grunntype A uavhengig av høyden med svakere materiale på overflaten. Dette betinger blant annet ett kontinuerlig platefundament.

Samtidig er det skrevet følgende i forordet til Nasjonalt tillegg NA:

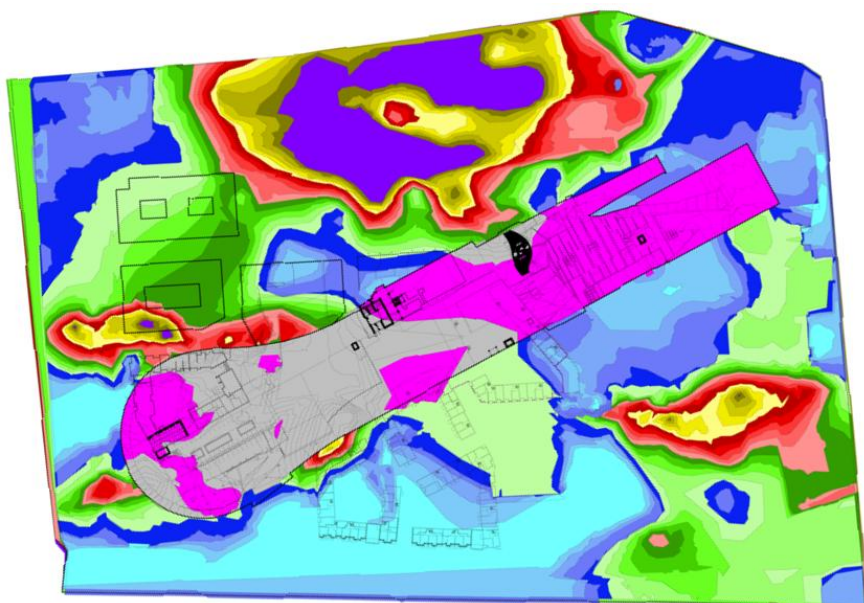
«Dokumentet inneholder ikke-motstridende tilleggsinformasjon (non-conflicting complementary information, NCCI)»

Figur 4 viser avstanden mellom tidligere terreng og berg i området. På Figur 5 er det i tillegg vist hvilke områder innenfor Basens avgrensning som før utgraving hadde lengre eller kortere enn 5m avstand fra terreng til berg. Området som avgrenses av Basen er fargelagt rosa der avstand til berg var mindre eller lik 5m, og grå der avstand til berg var mer enn 5m. Anslagsvis er 55% av konstruksjonen definert direkte innunder grunntype A dersom man kun tar utgangspunkt i terrenghøyden før FOB gravde ut området. Endelig terrengnivå vil trolig ligge i samme nivå som dagens terreng eller høyere.

Siden mer enn 25% av arealet hvor Basen er etablert har mer enn 5m fra tidligere terreng til berg og FOBs konstruksjon nå ikke har et kontinuerlig platefundament siden bunnplaten er fjernet, ber FSU om at FOB utdyper grundigere hvordan de definerer seg innunder grunntype A. Dette er viktig for FSU all den tid FSU senere er avhengig av å definere seg innunder samme grunntype som FOB. FSU ber også om at FOB oppgir hvor store arealer fra en annen grunntype som FSU kan påkoble Basen fra utenfor Basens fotavtrykk, før forutsetningene for grunntypen endres.



Figur 4 Avstand mellom tidligere terreng og berg



Farge	Avstand til fjell	Areal (m ²)	Prosent
Rosa	Mindre lik 5m	26120	55
Grå	Større enn 5m	21404	45
SUM		47523	100

Figur 5 Avstander mellom tidligere terreng og berg innenfor Basens fotavtrykk

For at FSU sine konstruksjoner innenfor basens fotavtrykk skal kunne ansees for å være i grunntype A er man avhengig av å støtte seg på FOBs vurdering om at deres konstruksjon ligger i grunntype A, da FOB sin konstruksjon benyttes som fundament for bygg over.

FOB har tidligere sagt at strategien for å overføre horisontale laster fra Basen og overliggende bebyggelse, er å *å punktvis kontaktstøpe skottvegger mellom basens vegger og dekker og berg*. Løsmasser som ligger mellom bergskjæring og FOBs yttervegg vil ikke følge bergets bevegelse direkte. Dersom valg av grunntype baserer seg på at byggets bevegelse styres av bergets bevegelse, vil løsmassene mellom fjellskjæring og FOBs kjellervegg kunne virke både på FOB og FSU sin konstruksjon i en seismisk situasjon. Om dette også kan få innvirkninger på FSU sine konstruksjoner er per i dag ikke klarlagt.

5 Konsekvenser dersom FSU sine bygg som tilstøter FOB havner innunder en annen grunntype enn A

5.1 FOBs vurdering av seismisk klasse og grunntype i området.

I PF-P-721-RB-0001_04A_A Geoteknisk fagrapport står følgende om seismisk klasse og grunntype

5.1.6 Seismisk klasse

Seismisk klasse III er valgt.

Tilgjengelige grunnundersøkelser viser at dyder til berg innenfor byggegroppen varierer fra berg i dagen til ca. 20 m under terreng. Det er i tillegg indikert forekomster av kvikkleire flere steder på tomta. Grunntype vil derfor kunne variere mellom type A, E og type S₂ for planlagte konstruksjoner

Dersom FOB har en oversikt over hvilke områder som bør klassifiseres innunder de forskjellige grunntypene ønsker FSU at denne blir oversendt. Per i dag har ikke FSU noen oversikt som viser plassering og omfang av de ulike grunntypene.

5.2 Seismisk klasse II

Dersom FSU sine kvartaler blir definert under seismisk klasse II, vil utelatelseskriteriet være tilfredsstillt for samtlige grunntyper med oppdaterte verdier iht NA2021. FSU sin konstruksjon må imidlertid vurderes sammen med FOB der FSU bruker FOB som fundament. FOB sin konstruksjon er definert innunder seismisk klasse IIIa

5.3 Seismisk klasse IIIa

Dersom FSU sine kvartaler blir definert under seismisk klasse IIIa, vil utelatelseskriteriet være tilfredsstillt for Grunntype A,B,C & E med oppdaterte verdier iht NA2021.

6 Endring av regelverk

Dersom dagens regelverk blir endret i perioden frem til FSU skal bygge over Fornebubanen, er det vanskelig å si hvordan dette vil kunne slå ut ift. krav om seismisk analyse, generelle laster osv. Vi anbefaler derfor at FOB, evt. i samarbeid med FSU, søker aksept hos Bærum kommune for at dagens gjeldende standardverk kan benyttes ved prosjektering av FSUs fremtidige bygg over Basen og for de av FSUs konstruksjoner som har innvirkning på Basen.

7 Konklusjon

iht. Eurokode NS-EN 1998-1:2004+A A1:2013/NA:2021: Tabell NA.3.1 defineres grunntype A ved at skjærbølgehastigheten $v_{s,30}$ er større enn 800m/s. Dette kjennetegnes gjennom beskrivelsen *fjell-lignende geologisk formasjon, medregnet høyst 5m svakere materiale på overflaten.*

«Fjell eller

Imidlertid åpner standarden i sin fotnote a) (som kun er inkludert i nasjonalt tillegg) for at *75% av konstruksjonen står på fjell og resten på løsmasser, og konstruksjonen står på ett kontinuerlig fundament (platefundament), kan grunntype A benyttes.* Tabell NA.3.1 er vist på Figur 3.

«Hvis minst

Mer enn 25% (ca. 45%) av arealet hvor Basen er etablert har mer enn 5m fra tidligere terreng til berg. FOBs konstruksjon har per i dag ikke et kontinuerlig platefundament siden bunnplaten er fjernet. FSU ber om at FOB redegjør for hvordan de definerer seg innunder grunntype A. I denne redegjørelsen bør blant annet følgende tema belyses:

- FOBs fortolkning av standardens definisjon av grunntype A
- Hvordan FOB vurderer sin konstruksjon innunder grunntype A
- Hvordan løsmasser mellom berg og yttervegg innvirker på FOB sine konstruksjoner i en seismisk situasjon, og om FOB ser situasjoner hvor dette kan påvirke FSU sine konstruksjoner.
- Finnes det begrensninger for hvor store arealer fra en annen grunntype utenfor Basens fotavtrykk som FSU kan koble sammen med basen før forutsetningene for grunntypen endres. Og hva er i så fall disse begrensningene?

Dersom FOB har en oversikt over hvilke områder som bør klassifiseres innunder de forskjellige grunntypene ønsker FSU at denne blir oversendt. Per i dag har ikke FSU noen oversikt som viser plassering og omfang av de ulike grunntypene.