

Oppdragsgiver:

SKANSKA NORGE AS

Prosjekt:

BØRSA SKOLE

Rapport:

GEOTEKNISK RAPPORT

Lokal- og global stabilitet
Fundamentering

Utarbeidet av: Torbjørn Kjøberg
Ansvarlig: Torbjørn Kjøberg

DOK. NR: ATK-2013-019-G03

B	Geoteknisk kategori, pålitelighetsklasse	TKj	LBj	19.03.14
A	For kommentarer	TKj	LBj	20.02.14
Rev.	Tekst	Utført av	Kontrollert av:	Dato:

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 0
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. :B

INNHOLDSFORTEGNELSE:**SIDE**

1. INNLEDNING	0
2. GRUNNFORHOLD	1
3. NYE OG EKSISTERENDE BYGNINGER	5
4. UTGRAVING OG STABILISERING AV BYGGEGROPER	11
5. FYLLING MED LETTE FYLLMASSER	11
6. JORDSKJELV	17
7. LOKAL GEOTEKNISK STABILITET	21
8. OMRÅDESTABILITET, VURDERING AV RASFARE IHHT. NVE's VEILEDER	23
9. GEOTEKNISK KATEGORI OG PÅLITELIGHETSKLASSE	26
10. KONKLUSJON	26
11. REFERANSER	27

1. INNLEDNING

Det skal bygges nye bygninger for Børse skole i Skaun kommune til erstatning for eksisterende bygninger som skal rives.

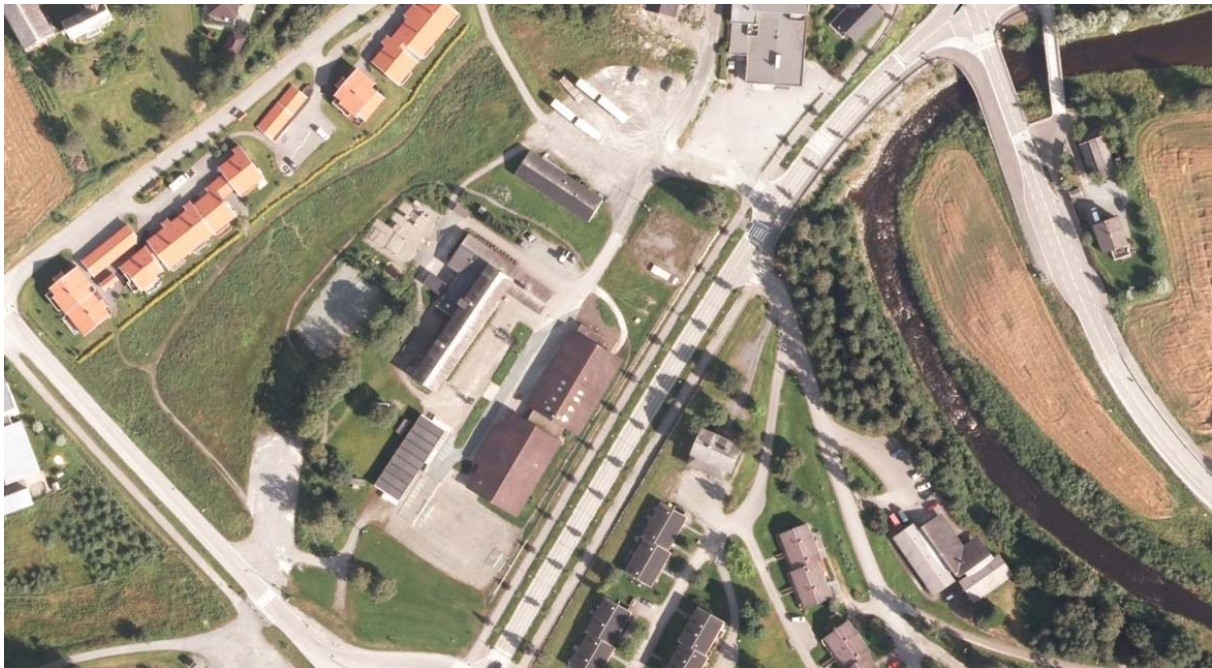


Fig. 1: Oversiktsbilde over området eksisterende skolebygninger

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 1
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

De nye skolebygningene plasseres på samme stedet som eksisterende skolebygninger.

Grunnforholdene i området består i hovedsak av et fast topplag på 2-2,5m over bløt leire til fjell. Det er også indikert/påvist kvikkleire i grunnen.

Den nye bygningsmassen består av lette konstruksjoner direktefundamentert med hel betongplate på grunnen.

Dette for å minimalisere framtidige setninger og for å minimalisere påvirkningen av den geotekniske stabiliteten av området.

Plan for nye bygninger er vist på figuren nedenfor:



Fig. 2: Plan med nye bygninger inntegnet. Oransje bygningsdel er kjellerkonstruksjon som bli stående etter rivning av eksisterende skolebygg. Nytt bygg fundamenteres oppå kjellerkonstruksjonen i dette området.

2. GUNNFORHOLD

Det er tatt utgangspunkt i geotekniske rapporter utarbeidet av NGI og Rambøll:

- 1) NGI: Børse sentrum
Grunnundersøkelser. Datarapport
Rapport nr. 20061762-1 , datert 19.februar 2007, referanse 1.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 2
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

- 2) NGI: Børse sentrum
Ny reguleringsplan. Geotekniske vurderinger.
Rapport nr. 20061762-2, datert 2. mai 2007, referanse 2.
- 3) Rambøll: Skaun kommune, Børse barneskole
Oppdrag nr. 6120959, rapport nr. 1, datert 26.02.2013, referanse 3.
- 4) NGI: Teknisk notat til Skaun kommune
Dokumentnr. 20120681-01-TN, datert 17. desember 2012, referanse 4.

Figuren nedenfor viser oversikt over nye- og eksisterende bygninger og borpunkter.

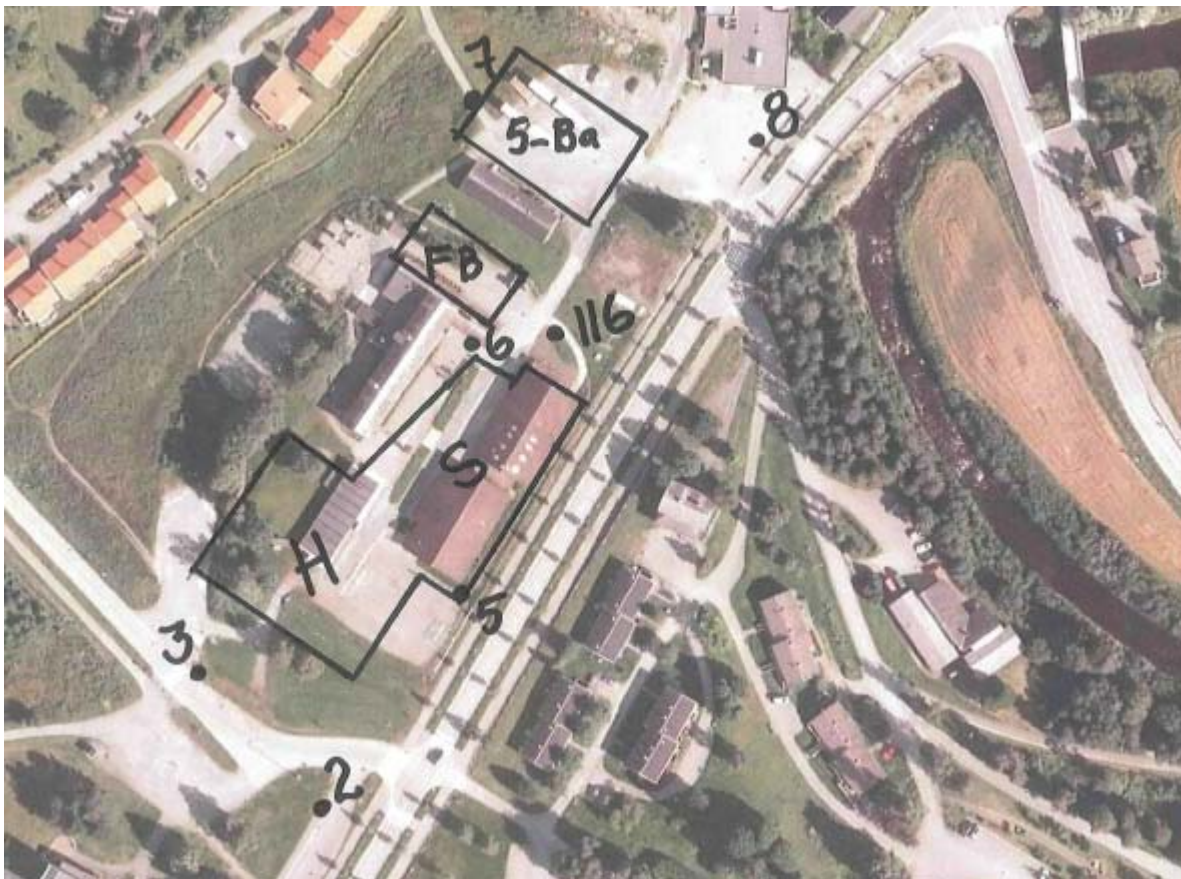


Fig. 3: Nye- og eksisterende bygninger, med markerte borpunkter

Ny skolebygning er markert med (S), ny idrettshall er markert med (H), 5-er bane er markert med (5-Ba) og flerbruksbane med (FB).

Borpunkt 3-6 er fra referanse (3) og borpunkt 116 fra referanse (1).

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 3
Prosjekt : Børse skole	Dato :19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. :B

Rapport (1):

NGI-rapporten omhandler grunnundersøkelser i forbindelse med utarbeiding av ny reguleringsplan for Børse sentrum. Det er påvist kvikkleire over store deler av Børse sentrum. Rapporten omfatter grunnundersøkelser over områder med fare for kvikkleireskred generelt og ikke spesielt for området der skolen ligger.

Snitt F-F og G-G i rapporten er relevante for bygging av de nye skolebygningene og utomhusområdene.

Borhull nr. 116 ved snitt F-F (markert med 116 på fig.3) ligger i nordenden av skolebygningene. Det er utført dreietrykksonderinger, CPTU og prøveserie i punktet. Dreietrykksonderingen viser bløte masser, med noe økende motstand ned mot fjell. Dybden til fjell er ca. 25m.

CPTU sonderingen viser bløte masser, med høye poreovertrykk.

Prøveseriene i dybde 3,5m og 6,5m beskriver massene som middels fast leire, siltig, vanninnhold ca. 40%, skjærstyrke på ca. 30 kPa. Sensitiviteten øker med dybden fra 14 til 35. Dvs. middels til meget sensitiv. Målt gNaCl/l porevann er i området 1,6-3,3 målt som NaCl-ekvivalenter, som er mindre enn 5g/l.

Leiren tenderer derfor mot kvikkleire (sprøbruddoppførsel).

Ødometerforsøk fra dybde 6,3m angir en overkonsolideringsgrad på 1,8.

Rapport (2):

Denne NGI-rapporten gir en oppsummering av utførte grunnundersøkelser for ulike områder i Børse. Utbredelsen av kvikkleire er angitt på snitt i rapporten. Basert på profil E-E og F-F må det antas at det er kvikkleire i grunnen under skolebygningene.

Rapport (3):

Rapporten fra Rambøll dekker området som er regulert til skole.

Det er utført 8 totalsonderinger til fjell, 3 trykksonderinger (CPTU) og 1 prøveserie.

Dybden til fjell varierer fra ca. 7m i nordvestre skråning til ca. 35m i syd.

Borpunktene 5 og 6 ligger i området for skolebygningene. Her varierer dybden til fjell fra ca. 20m til ca. 35m, med størst dybde i syd.

Sonderingene viser at grunnen består av ca. 2m tørrskorpe/friksjonsmasser over bløt leire til fjell.

Prøveserien i punkt 3 i sydenden av området angir et vanninnhold fra 30-40%, skjærfasthet på ca. 40 kPa i øvre deler, avtagende til ca. 20 kPa i 10meters dybde, derfra noe økende ned mot fjell. Boringen er avsluttet på en dybde på ca. 35m.

I dybde på 5-10m er det angitt kvikkleire, med sensitivitet på over 100.

Borpunkt 7 i skråningen ved idrettsbanen består av et ca. 2m øvre lag med friksjonsmasser over leire til fjell på ca. 6,5m.

Borpunkt 8 vest for idrettsbanen, i retning elva, er grunnforholdene tilsvarende som for borpunkt 6. Dybde til fjell er ca. 21m.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 4
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

Rapport (4):

Teknisk Notat fra NGI inneholder stabilitetsvurderinger av området.

Notatet inneholder en geoteknisk utredning av området S1 som inneholder området for ny barneskole.

Området ligger innenfor kvikkleiresonen Børse og er vurdert til skredfareklasse Lav (1) og skredfarekonsekvensklasse Meget alvorlig (3).

Stabilitetsvurdering av område S1, ved nåværende barneskole, dvs. nordre del as S1:

Stabiliteten av dette området er akseptabel for dagens situasjon. Ved utbygging i området må det settes krav til at stabilitetsforholdene ikke forverres, verken lokalt eller globalt

Oppsummering av grunnforholdene ved skolebygningene:

Grunnen består et 2-2,5m fast topplag over bløt leire til fjell. Dybden til fjell varierer fra ca. 20m til mer enn 35m i området ved skolen. Det er indikert/påvist kvikkleire i grunnen. Leiren er noe overkonsolidert. I området for skolebygningene er grunnen noe forkonsolidert fra eksisterende bygninger.

Grunnvannstanden er antatt ca. 2m under terrengnivå.

Vurdering av rasfare:

Vurdering av rasfare i henhold til NVE's veileder utføres i kapittel 8.

Geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse:

Se kapittel 9.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 6
Prosjekt : Børsa skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

3.2 Belastninger på grunnen:

Eksisterende bygninger:

RIB har vurdert at belastningen på terrenget fra eksisterende bygningsmasse er ca. 20 kN/m^2 i bruksgrense og 30 kN/m^2 i bruddgrense.

Nye bygninger:

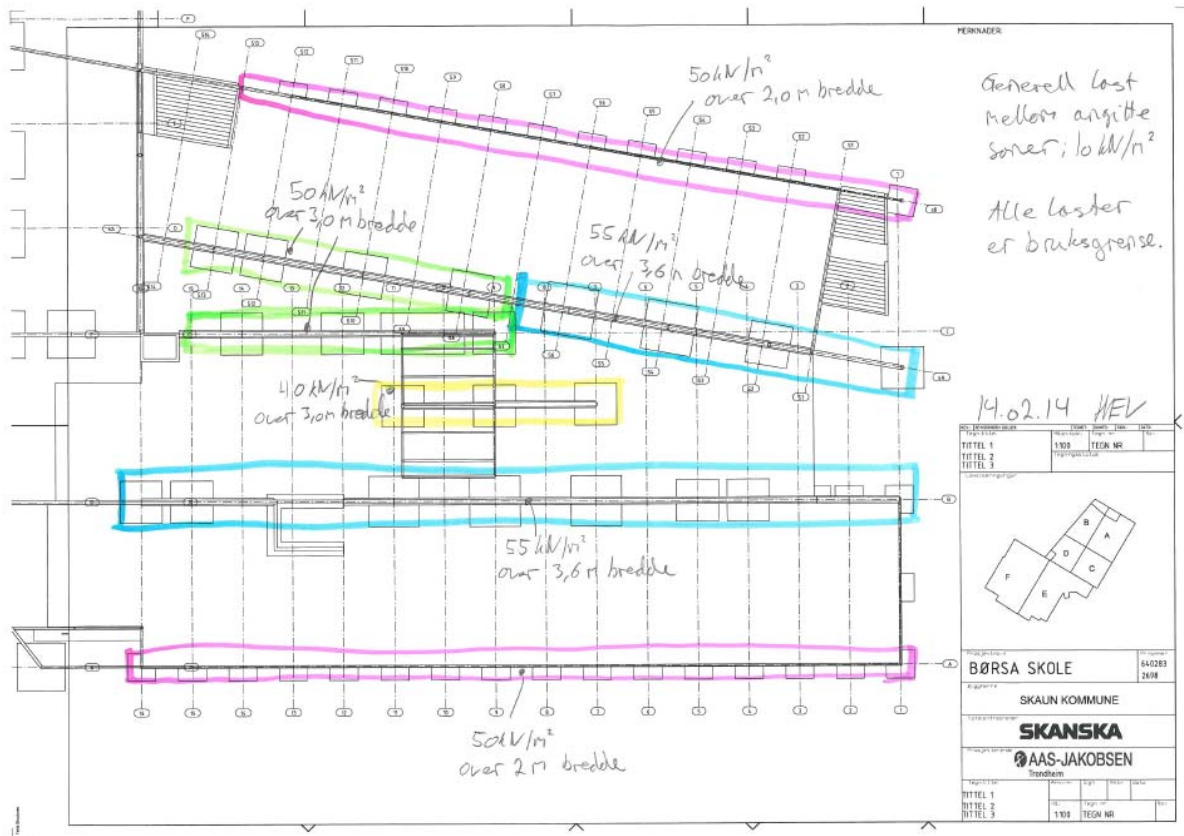


Fig 5: Plan 1 av skolebygning med laster mot grunnen i bruksgrense.

Det er hel bunnplate under bygningene, med lokale forsterkninger under søylepunkt. Lastene mot grunnen er konsentrert i soner langs hovedakser i bygget.

Eksisterende kjellerkonstruksjon (oransje del på fig.2):

Dette er en kjellerkonstruksjon som blir stående etter rivning av eksisterende skolebygg. Nytt bygg fundamenteres oppå kjellerkonstruksjonen. Det vurderes at nytt bygg har tilnærmet samme vekt som det eksisterende som skal rives.

Mellom aksene er flatelasten ca. 10 kPa i bruksgrense. Dette er en last som det vurderes at området i middel har vært belastet med tidligere.

Laster for idrettshallen er som for tidligere revisjon av skoleanlegget.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 7
Prosjekt : Børsa skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

Lastene angitt i figur 6. for idrettshallen brukes videre som dimensjonerende laster mot grunnen i dette området (dvs. lastene er ubetydelig endret fra tidligere revisjon).

For den nye bygningsmassen (tidligere revisjon) er belastningen på terrenget vist på figuren nedenfor (fra RIB):



Fig.6: Belastning på terreng fra idrettshallen (hentet fra tidligere revisjon) (fra RIB).

Belastningene fra eksisterende og nye bygninger er derfor på samme nivå, med noe økt belastning fra nybyggene.

For å oppnå minst mulig setning på nybyggene er det viktig at totalvekten medregnet fjerning av eksisterende masser er mest mulig lik eksisterende situasjon.

3.3 Kotehøyder og gravedybder

Figuren nedenfor viser den nye plasseringen av skolebygningene lagt inn i terrenget , med terrengkoter.

VA-ledning:

Det går VA-ledninger i grøft utenfor vestre hjørne av idrettshallen. Disse er ca. markert på figuren. Det antas at grøfta er gjenfylt med stedlige masser, dvs. leirmasser.

Det må tas hensyn til denne ved utgraving for idrettshallen.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 8
Prosjekt : Børsa skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

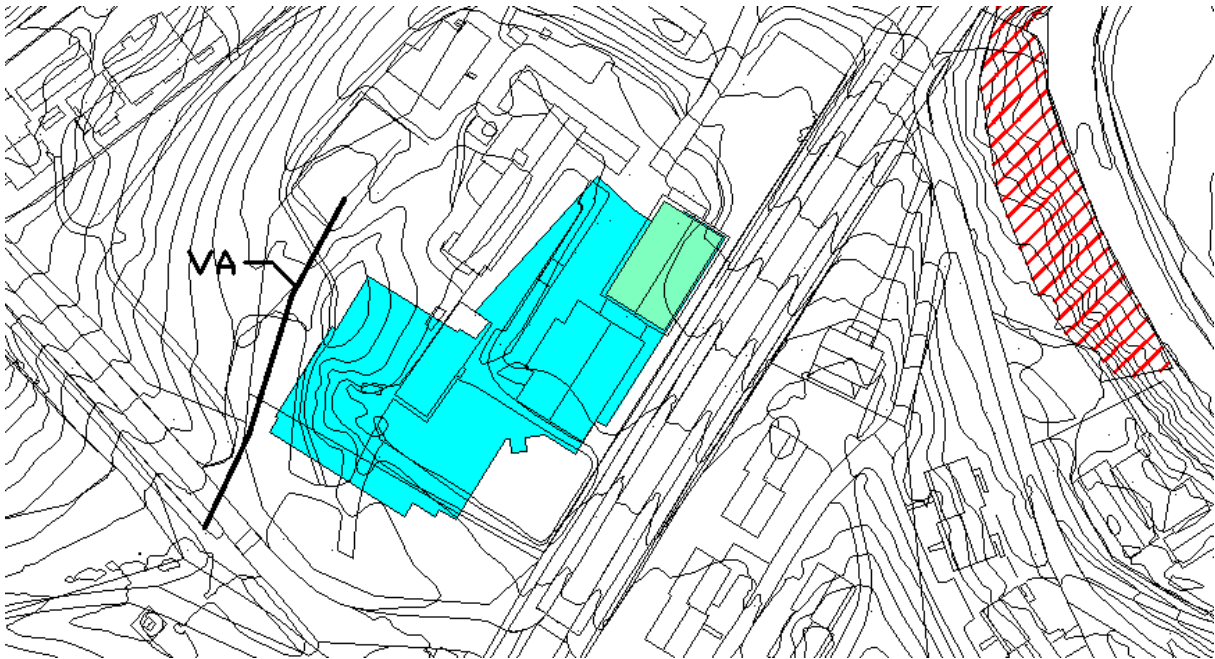


Fig. 7: Plan med terrengkoter med bygningene tegnet inn. Ca. plassering av VA-ledning.

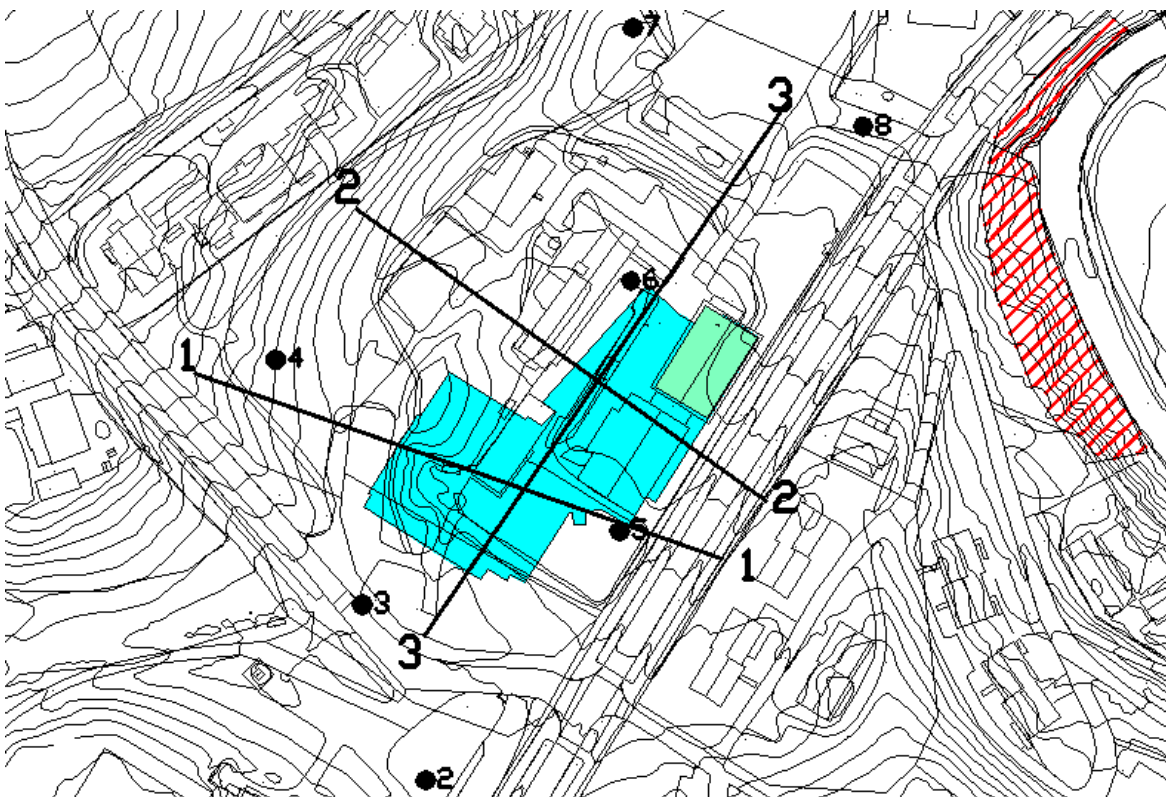


Fig. 8: Profiler for kontroll av gravedybder og lokal stabilitet. Ca. plassering av borpunkter fra referanse 3 er tegnet inn (nummer 2-8).

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 9
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

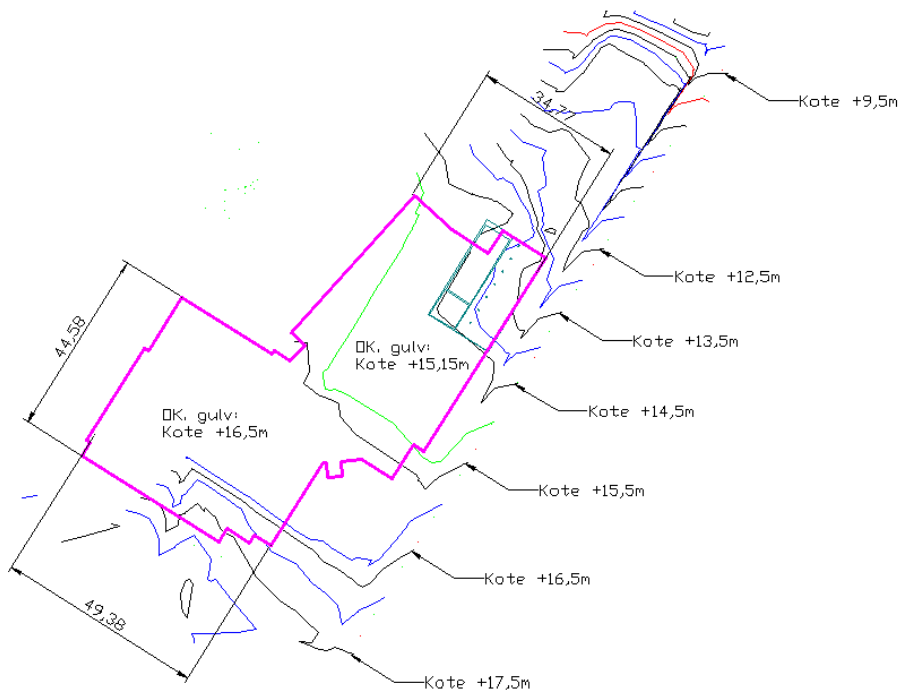


Fig 9 : Terreng oppmålt av Skanska Survey, med omriss av hall og skolebygg inntegnet.

Gravedybder for hall og skolebygg:

- Hall: OK gulv kote +16,54m , bunn byggegrøp kote ca. +15,8m
- Skole: OK gulv kote +15,15m, bunn byggegrøp kote ca. +14,45m

Snittene nedenfor er tatt fra arkitektens modell for byggene og lagt sammen med terrengmodell.

Snittene samsvarer med profilene som er tegnet inn på figur 8.

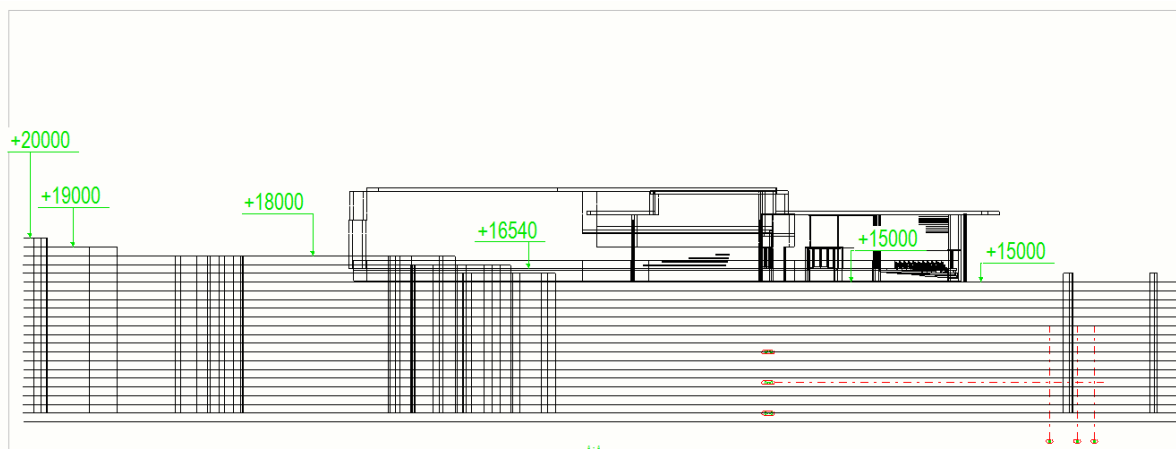


Fig. 10: Snitt 1-1, snitt gjennom hall og skolebygget. Gravedybder ca. 0-3m.
På det dypeste må utgravingen forventes å komme ned i bløtere lag.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 10
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

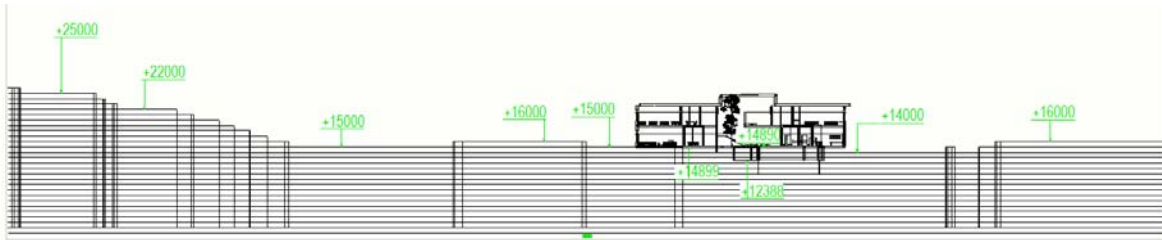


Fig 11.: Snitt 2-2, snitt gjennom skolebygget. Gravedybder 0-1,0m.
Dvs. graving i det faste topplaget.

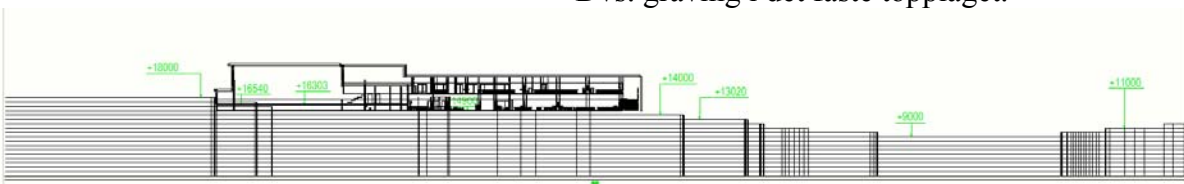


Fig 12: Snitt 3-3, Lengdesnitt gjennom hall og skolebygg. Idrettsbanen legges i lavpunktet.

3.3 Skolebygningen

Som det framgår av snittene så ligger ferdig gulv i 1. etasje tilnærmet i nivå med eksisterende terreng, med noe senkning av terrenget i sydenden og noe oppfylling i nordenden.

Gravedybden under eksisterende terreng er ca. 0-1,0m, med middel på ca. 0,75m til bunn byggegrøp. Utgravingen foregår i det øvre faste laget. Det må fylles noe i nordenden av bygget.

3.4 Idrettshallen

Det framgår av snittene at terrenget senkes noe langs østre del av idrettshallen. OK gulv i idrettshallen ligger ca. 1,5m høyere enn skolebygningen.

Gravedybden under eksisterende terreng er grovt sett fra 0-3,0m, dypest i vest. Utgravingen vil derfor kunne gå ned i de bløte massene under tørrskorpa. Utgravingen må foregå fra eksisterende terreng seksjonsvis.

3.5 Idrettsbanen (5-er banen)

Toppkoten for idrettsbanen ligger ca. 1m over dagens terrengnivå.

Her må det brukes lette fyllmasser (løs Leca) for å begrense tilleggsbelastningene, eventuelt fjerning av eksisterende masser for å oppnå kompensert fylling.

Plassering av banen er godt utenfor det mest ustabile området ned mot elva, se figur 26.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 11
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

En lett, eventuelt kompensert, oppfylling for banen vil gi ubetydelige endringer av globalstabiliteten for dette området.

4. UTGRAVING OG LOKAL STABILISERING AV BYGGEGROPER

Graving skal foregå fra eksisterende terrengnivå. Graveskråningene skal være 1:1,5 til gravedybde på 1,5m. For gravedybde fra 1,5m til 3m skal graveskråningen være 1:2 eller slakere. Kommer utgravingen ned i de bløte massene skal graveskråningen være 1:3 eller slakere.

I bunn byggegrop legges det ut fiberduk forsterket med overliggende geonett som armering. Over geonettet legges det ut minimum 200mm puk, tilpasset maskeviddene i geonettet. Der det graves ned i bløte masser økes puklaget til 300mm.

Dersom arbeidene foregår i perioder med frost skal byggegropa frostisoleret for å unngå tele i grunnen.

For å sikre god kraftoverføring i bygningskonstruksjonene og stabilitet i grunnen skal det etableres hel bunnplate i betong under byggene. Dette er også nødvendig med hensyn til jordskjelvsdimensjonering.

5. FYLING MED LETTE FYLLMASSER, FUNDAMENTERING

Fundamentering av de nye bygningene skal være kompensert for å minimalisere setninger.

Det tas utgangspunkt i at området er forbelastet fra eksisterende bygninger på området. Last på terreng fra eksisterende bygninger settes til 20 kN/m² i bruksgrense (fra RIB).

Kompensert fundamentering:

Med kompensert fundamentering legges det her til grunn at grunnen ikke skal belastes utover eksisterende belastning i bruksgrense

Det tas i det videre utgangspunkt i fylling med løs Leca og at fundamentene er drenerte. Lette fyllmasser som Glasopor, Hasopor, XPS kan eventuelt også brukes.

Eksisterende kjellerkonstruksjon:

Deler av skolebygget fundamenteres på en eksisterende kjellerkonstruksjon.

Det antas at det nye bygget har tilnærmet samme vekt som det eksisterende som skal rives. Det betyr at området er forkonsolidert til ca. samme last som det nye bygget representerer, som igjen vil minimalisere framtidige setninger.

Felt uten eksisterende bygninger:

Deler av nybyggene blir plassert på felt uten eksisterende bygninger. Her må det vurderes spesielt om det trengs ekstra utskifting av stedlige masser som deretter erstattes med lette fyllmasser.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 12
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

5.1 Skolebygningen

5.1.1 Kompensert fundamentering langs ytterveggene (fiolettt på fig.5)

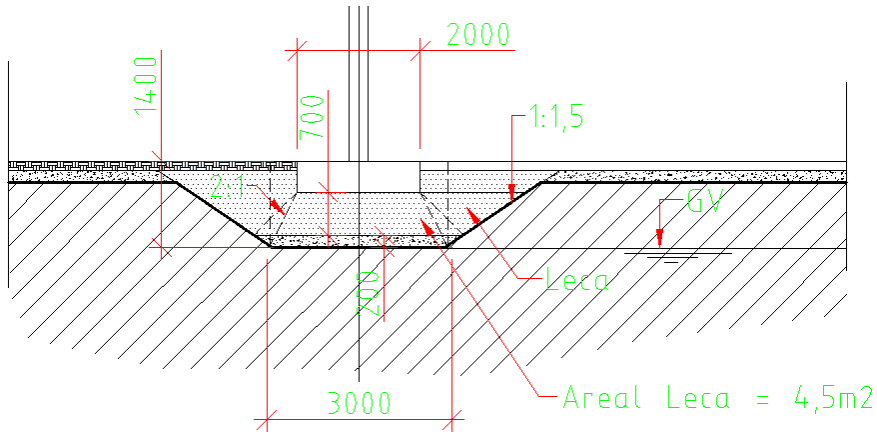


Fig.13: Kompensert fundamentering langs ytterveggene

- Last på terreng fra eksisterende bygninger: Ca. 20 kPa
- Last på nye fundamenter: 50 kPa
- Fundamentbredde: 2,0m

Bruksgrense:

Tilleggslast fra fundament: $\Delta N = (50 - 20) \cdot 2,0 = 60 \text{ kN/m}$

- Utgravn volum erstattet med løs Leca: $V = 4,5 \text{ m}^3/\text{m}$
- Romvekt av fjernet jord = 19 kN/m^3
- Romvekt for løs Leca = 6 kN/m^3
- Differanse = $19 - 6 = 13 \text{ kN/m}^3$

Redusert vekt i lecavolumet = $4,5 \cdot 13 = 59 \text{ kN/m} \approx 60 \text{ kN/m}$, dvs. kompensert fundamentert.

Konklusjon: For utgraving $\leq 0,5\text{m}$ og fylling (løs Leca) $\leq 1,0\text{m}$ fra dagens terrengnivå:
 Det graves ut og erstattes med $4,5 \text{ m}^3/\text{m}$ med løs Leca langs fundamentene.
 For utgravingsdybde mellom $0,5\text{m}$ - $1,0\text{m}$ kan løs Leca reduseres til $3 \text{ m}^3/\text{m}$.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 13
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

5.1.2 Kompensert fundamentering langs indre akser (blått på fig.5)

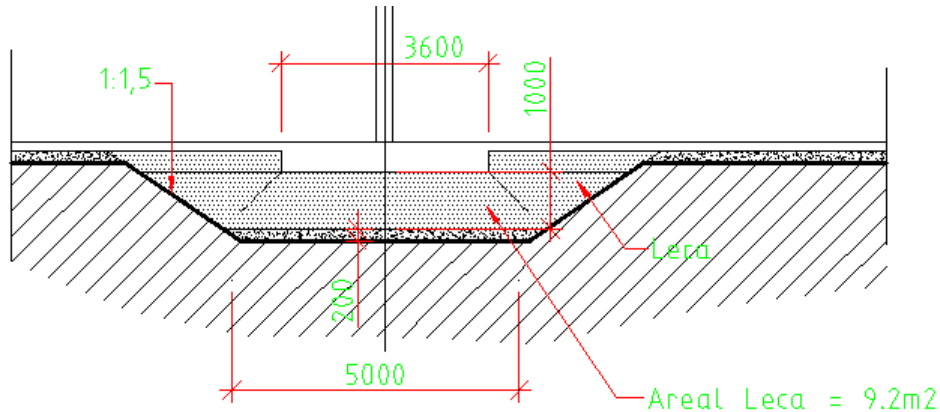


Fig. 14 : Kompensert fundamentering for hovedaksene innvendig

- Last på terreng fra eksisterende bygninger: Ca. 20 kPa
- Last på nye fundamenter: 55 kPa
- Fundamentbredde: 3,6m

Bruksgrense:

Tilleggsbelastning fra fundament: $\Delta N = (55 - 20) \cdot 3,6 = 126 \text{ kN/m}$

- Utgravningsvolum erstattet med løs Leca: $V = 9,2 \text{ m}^3/\text{m}$
- Romvekt av fjernet jord = 19 kN/m^3
- Romvekt for løs Leca = 6 kN/m^3
- Differanse = $19 - 6 = 13 \text{ kN/m}^3$

Redusert vekt i lecavolumet = $9,2 \cdot 13 = 120 \text{ kN/m} \approx 126 \text{ kN/m}$, dvs. kompensert fundamentering.

Konklusjon: For utgraving $\leq 0,5 \text{ m}$ og fylling (løs Leca) $\leq 1,0 \text{ m}$ fra dagens terrengnivå:
Det graves ut og erstattes med $9,2 \text{ m}^3/\text{m}$ med løs Leca langs fundamentene.

5.1.3 Kompensert fundamentering langs indre akser (grønt på fig.5)

Det graves og erstattes med $7,0 \text{ m}^3/\text{m}$ løs Leca langs fundamentene.

5.1.4 Kompensert fundamentering for midt-fundamenter (gult på fig.5)

Det graves og erstattes med $4,5 \text{ m}^3/\text{m}$ løs Leca langs fundamentene.

5.1.5 Gulv på grunn (mellom hovedaksene)

Gulv på grunn mellom fundamentstripene er satt til 10 kN/m^2 (fra fig.5, fra RIB)

Det er mindre enn antatt belastning fra eksisterende bygg slik at her kan det fundamenteres direkte på grunnen. I område med oppfylling skal det fylles med lette fyllmasser (løs Leca).

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 14
Prosjekt : Børsa skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

5.2 Idrettshallen

Idrettshallen ligger for en stor del i område der det ikke har vært bygg tidligere. Det betyr at det må kompenseres for hele vekten under deler av det nye bygget.

5.2.1 Randsoner

Lastene fra hallen ned på grunnen fordeles i hovedsak til randsonene av konstruksjonen. Fra RIB er randlastene vurdert til 30 kN/m^2 i bruksgrense (fig.6).

For gravedybder ned til ca. 1,9m:

- Vekt av utgravde masser er da ca. 36 kN/m^2 .
 - Vekt av pukk + nybygg er ca. $0,3 \cdot 19 + 30 = 36 \text{ kN/m}^2$,
- Dvs. tilnærmet kompensert fundamentering for bygningen i bruksgrense.

I sør-østre hjørne av hallen ligger ferdig gulv i hallen omtrent på nivå med eksisterende terreng. Det vurderes at terrenget her er avlastet tidligere for opparbeiding av plassen i tillegg til terrengbelastning. Antar forbelastning på 10 kN/m^2 .

Her er det derfor aktuelt å fjerne 1,5m av topplaget i randsonen til bygget som deretter blir erstattet med lette fyllmasser (Leca).

- Vektreduksjon for utgravde masser(jord-Leca): $1,5 \cdot 13 = 20 \text{ kN/m}^2$.
- Antatt forbelastning: 10 kN/m^2 .
- Forbelastning + vektreduksjon = 30 kN/m^2

Dvs. at fundamenteringen blir tilnærmet kompensert i bruksgrense.

5.2.2 Midtsoner

I midtsonen er belastningen ca. 10 kN/m^2 dvs. ca. lik antatt forbelastning for området.

Midtfeltet kan fundamenteres som gulv på grunn uten fylling med lette masser.

5.3 Kontroll av bæreevne til fundamentene

5.3.1 Skolebygning

Fundamentlaster tas fra figur 5 (laster fra RIB).

Graving for fundamentene vil foregå i de fastere toppmassene. Under toppmassene er det kvikkleire med skjærfasthet i området 15 kPa - 45 kPa .

Bruker 15 kPa i beregningene nedenfor i udrenerte beregninger.

Vurderer at dette inkluderer 15% reduksjon av fastheten på grunn av kvikkleira.

Bæreevnen kontrolleres for både korttid- og langtidstilstanden.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 15
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

a) Stripefundamenter langs ytterveggene

Geometri er gitt i figuren nedenfor:

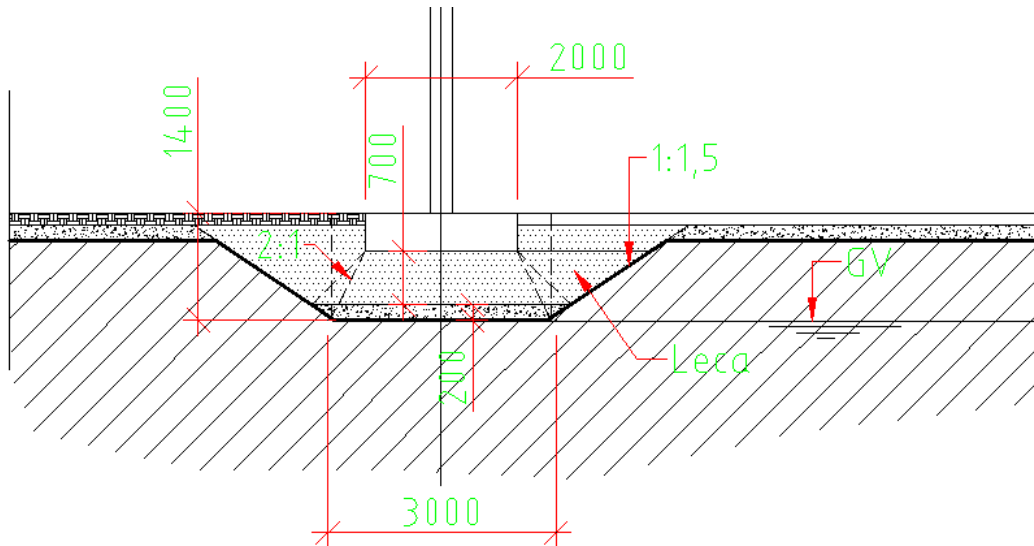


Fig.15: Stripefundament langs yttervegger

Grunnvannstand: UK. pukk under fundamentet (dvs. drenerte fundamenter)

Laster:

- Fundamentlast mot grunnen: $p = 50 \text{ kPa}$, $P_{Ed} = (1,35 \cdot 50) \cdot 2,0 = 135 \text{ kN/m}$.
- Løs leca: $V_L = (0,5 \cdot 0,45) \cdot 2 + 3,0 \cdot 0,7 = 2,55 \text{ m}^3/\text{m}$
 $G_L = \gamma_L \cdot V_L = 6 \cdot 2,55 = 15 \text{ kN/m}$, $G_{L,Ed} = 1,35 \cdot 15 = 20 \text{ kN/m}$
- Pukk: $G_p = (0,2 \cdot 19 \cdot 2,9) \cdot 1,35 = 15 \text{ kN/m}$
- Terrenglast: $q_{\text{terreng,Ed}} = 5 \cdot 2,0 = 10 \text{ kPa}$

Dimensjonerende last i bruddgrense: $N_{Ed} = P_{Ed} + G_{L,Ed} + G_{p,Ed} + q_{\text{terreng,Ed}}$
 $= 135 + 20 + 15 + 10 = 180 \text{ kN/m}$

Dimensjonerende vertikaltrykk: $q_{Ed} = N_{Ed}/B = 180/3,0 = 60 \text{ kPa}$

Udrenert bæreevne:

Bæreevne: $\sigma_v = N_c \cdot \tau_d + p'$, $N_c = 5,0$, $r \approx 0,1$
 $\tau_d = C_u/\gamma_m = 15/1,4 = 10,7 \text{ kPa}$, $p' = 1,4 \cdot 19 = 26 \text{ kPa}$

$\sigma_v = 5,0 \cdot 10,7 + 26 = 80 \text{ kPa} > q_{Ed} = 60 \text{ kPa}$, dvs. OK.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 16
Prosjekt : Børsa skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

Drenert bæreevne(a, φ):

$$\begin{aligned} \varphi &= 24^\circ, \text{ fra referanse (3), små tøyninger } \sim 0,5\% \text{ i kvikkleire} \\ a &= 0 \\ r &\approx 0,1 \\ \tan \rho &= \tan 24^\circ / 1,25 = 0,36 \rightarrow N_q = 6, N_\gamma = 4 \end{aligned}$$

Bæreevne: $\sigma_v = 0,5 \cdot N_\gamma \cdot \gamma' \cdot B + N_q \cdot p' = 0,5 \cdot 4 \cdot 9 \cdot 2,9 + 6 \cdot 26 = \underline{208 \text{ kPa}} \gg q_{Ed} = 60 \text{ kPa, dvs. OK.}$

b) Fig. Stripefundamenter langs innervegger

Geometri er gitt i figuren nedenfor:

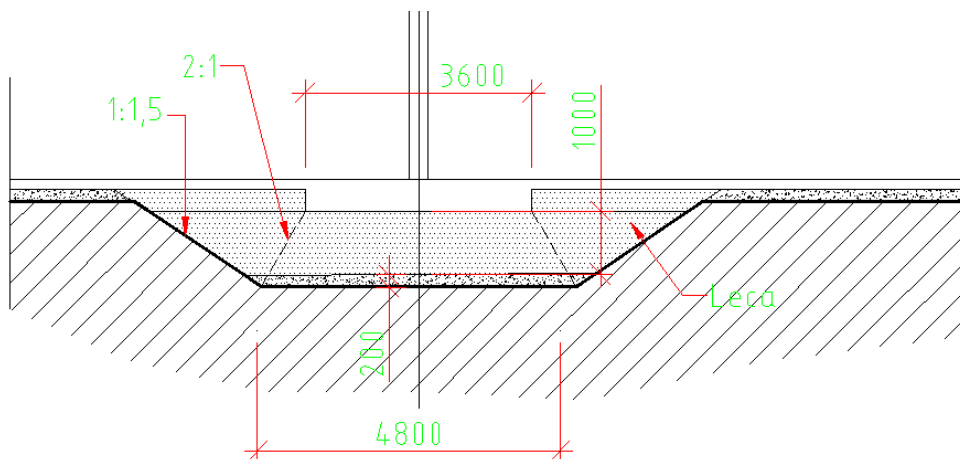


Fig.16: Stripefundament langs innervegger

Grunnvannstand: UK. pukk under fundamentet (dvs. drenerte fundamenter)

Laster:

- Fundamentlast mot grunnen: $p = 55 \text{ kPa}$, $P_{Ed} = (1,35 \cdot 55) \cdot 3,6 = 267 \text{ kN/m}$.
- Løs leca: $V_L = (0,5 \cdot 0,45) \cdot 2 + 4,8 \cdot 1,0 = 5,25 \text{ m}^3/\text{m}$
 $G_L = \gamma_L \cdot V_L = 6 \cdot 5,25 = 31,5 \text{ kN/m}$, $G_{L,Ed} = 1,35 \cdot 31,5 = 43 \text{ kN/m}$
- Pukk: $G_p = (0,2 \cdot 19 \cdot 4,8) \cdot 1,35 = 25 \text{ kN/m}$
- Terrenglast: $q_{terreng,Ed} = 5 \cdot 3,6 = 18 \text{ kN/m}$

$$\begin{aligned} \text{Dimensjonerende last i bruddgrense: } N_{Ed} &= P_{Ed} + G_{L,Ed} + G_{p,Ed} + q_{terreng,Ed} \\ &= 267 + 43 + 25 + 18 = 353 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Dimensjonerende vertikaltrykk: } q_{Ed} = N_{Ed} / B = 353 / 4,8 = 74 \text{ kPa}$$

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 17
Prosjekt : Børsa skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

Udrenert bæreevne:

Bæreevne: $\sigma_v = N_c \cdot \tau_d + p'$, $N_c = 5,0$, $r \approx 0,1$

$$\tau_d = C_u / \gamma_m = 15 / 1,4 = 10,7 \text{ kPa}, \quad p' = 1,4 \cdot 19 = 26 \text{ kPa}$$

$$\sigma_v = 5,0 \cdot 10,7 + 26 = \underline{80 \text{ kPa}} > q_{Ed} = 74 \text{ kPa}, \text{ dvs. OK.}$$

Drenert bæreevne(a,φ):

$\varphi = 24^\circ$, fra referanse (3), små tøyninger $\sim 0,5\%$ i kvikkleire

$a = 0$

$r \approx 0,1$

$$\tan \rho = \tan 24^\circ / 1,25 = 0,36 \rightarrow N_q = 6, N_\gamma = 4$$

Bæreevne: $\sigma_v = 0,5 \cdot N_\gamma \cdot \gamma' \cdot B + N_q \cdot p' = 0,5 \cdot 4 \cdot 9 \cdot 4,8 + 6 \cdot 26 = \underline{242 \text{ kPa}} \gg q_{Ed} = 74 \text{ kPa}, \text{ dvs. OK.}$

Konklusjon: Fundamentene har tilstrekkelig bæreevne både for kort-tid – og lang-tid tilstanden.

6. JORDSKJELV

6.1 Topografi og grunnforhold

Det er i grunnundersøkelsene påvist kvikkleire i området ved- og omkring skoleområdet. Det er antatt litt bedre grunnforhold lokalt i området der skolen ligger i dag, men det er indikert/påvist at det er kvikkleire også her.

Dybden til fjell varierer fra 20m til mer enn 35m over skoleområdet.

Grunntype med hensyn til jordskjelv blir dermed **grunntype S2**.

Grunntype S2 dekkes ikke direkte av Eurokode 7, men må vurderes spesielt.

Terrenget i området har en relativt jevn helning uten markerte topper eller søkk som kan forsterke jordskjelvsresponsen lokalt.

Nedenfor utføres en forenklet beregning/vurdering av seismisk forsterkningsfaktor for skoleområdet.

6.2 Seismisk forsterkningsfaktor (S)

Beregner seismisk forsterkning i **horisontalplanet** gjennom jordprofilen basert på analytisk løsning i ref.(6). Beregningsmessig jordprofil er vist på figuren nedenfor.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 18
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

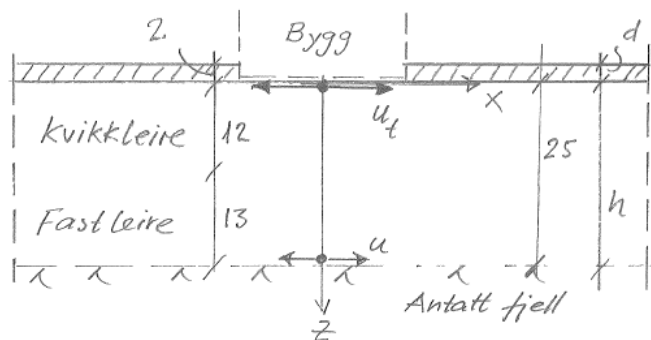


Fig.17: Jordprofil som basis for beregningene

Basis for beregningene:

- Midlere dybde til fjell, $h = 25\text{m}$
- Antar horisontal fjelloverflate og terrengoverflate lokalt ved skolebyggene
- Antar homogent jordprofil
- Horizontal forskyvning ved fjelloverflaten fra jordskjelv, u
- Horizontal forskyvning ved terrengoverflaten, u_t
- Kompensert fundamentering med hel bunnplate (dvs. ikke last på terreng)

Horizontal forskyvning ved fjelloverflaten er gitt ved: $u = u_0 \cdot \sin(\omega t)$

Tilsvarende grunnakselerasjon blir: $a_g = -\omega^2 \cdot u$

Horizontal forskyvning ved overflaten: u_t

Tilsvarende akselerasjon ved overflaten: $a_{gt} = -\omega^2 \cdot u_t$

Forsterkning av responsen gjennom jordprofilet: $F = a_{gt} / a_g = u_t / u$

Responsspektrum ved overflaten: $S_e = a_g \cdot S \cdot 2,5 \cdot f(T_B, T_C, T_D) = a_g \cdot F \cdot f(T_B, T_C, T_D)$

$$F = S \cdot 2,5 \rightarrow S = F / 2,5$$

Beregning av forsterkning gjennom jordprofilet (S) baseres på analytisk løsning gjengitt i referanse (6): Soil Dynamics: Chapter 5, Earthquakes in soft layers, pkt. 5.4.3.

Løsningen er basert på horisontalt homogent jordprofil med overliggende stivt stivt jordskikt. Bygningene er tilnærmet kompensert fundamentert slik at disse vil gi ubetydelig innflytelse på jordresponsen.

Parametere i beregningene:

Periode $T(\text{s})$:

Maksimum respons vil være i periodeintervallet $T = 0,1\text{s} - 5\text{s}$.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 19
Prosjekt : Børsa skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

Skjærbølgehastighet i kvikkleira:

Skjærmodul G (m/s) for kvikkleire: $G/C_u \sim 800 - 900$

Skjærfasthet i kvikkleira: $C_u \approx 15-45$ kPa , referanse (3).

Min.skjærmodul for kvikkleira: $G_{\min} \approx 800 \cdot 15 = 12000$ kPa , $\rho \approx 1,9$ t/m

Min.skjærbølgehastighet: $c_{\min} = \sqrt{(12000/1,9)} \approx 80$ m/s

Max. skjærmodul for kvikkleira: $G_{\max} \approx 900 \cdot 45 = 40500$ kPa , $\rho \approx 1,9$ t/m

Max. skjærbølgehastighet: $c_{\max} = \sqrt{(40500/1,9)} \approx 145$ m/s

- a)** Responsberegning for midlere skjærbølgehastighet for hele jordprofilen (til venstre på figur 18):

Skjærbølgehastigheten i underliggende fast leire settes til 200m/s.

$$c_{\min, \text{middel}} = (80 \cdot 12 + 200 \cdot 13) / 25 = 142 \text{ m/s}$$

$$c_{\max, \text{middel}} = (145 \cdot 12 + 200 \cdot 13) / 25 = 174 \text{ m/s}$$

Beregninger utføres for skjærbølgehastigheter: 140 m/s, 160m/s, 180m/s

Jord-demping: $\zeta = 0,15$ (15 % dempning i jordprofilen)

Beregningsmessig høyde av jordprofilen: $h = 25$ m

Tykkelse av overliggende tørrskorpe: $d = 2$ m

- b)** Responsberegning gjennom kun kvikkleireprofilen (til høyre i figur18):

I dette tilfellet antas det at forsterkningen av responsen i hovedsak foregår i kvikkleirelaget.

Beregninger utføres for skjærbølgehastigheter: 80 m/s, 110m/s, 140m/s

Beregningsmessig høyde av jordprofilen: $h = 15$ m (hovedsakelig respons i kvikkleirelaget)

Tykkelse av overliggende tørrskorpe: $d = 2$ m

Beregnet respons for tilfelle a) og b) er gjengitt nedenfor.

Beregningene utføres numerisk ved bruk av Matlab.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 20
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

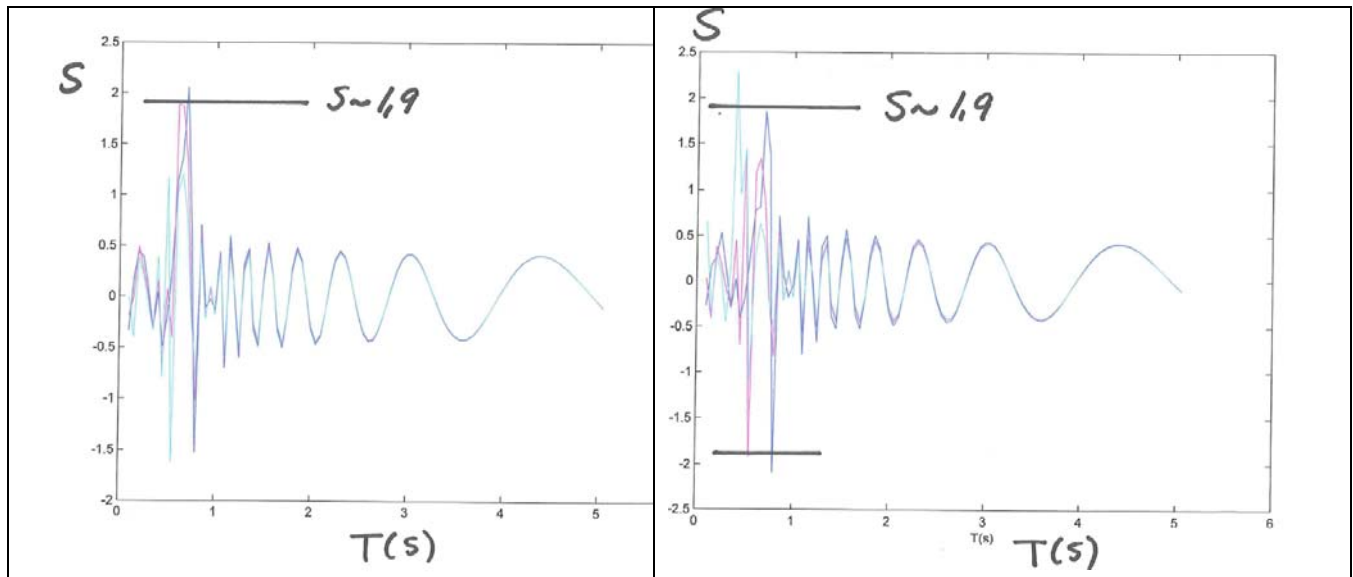


Fig.18: Horizontal jordrespons ved overflaten (fra Matlab beregning etter ref.(6))
 Venstre side: a) Midlere respons i hele jordprofilen ($c = 140\text{m/s}, 160\text{m/s}, 180\text{m/s}$)
 Høyre side: b) Respons hovedsakelig i kvikkleirelaget ($c = 80\text{m/s}, 110\text{m/s}, 140\text{m/s}$)

Det vurderes at forsterkningsfaktoren $S \approx 1,9$ ut fra beregningene.

Lavere skjærbølgehastighet i jordprofilen trekker generelt responsen noe mot lengre perioder.

Elastisk responspektrum, med grenseverdiperioder:

Resulterende responspektrum, basert på referanse (7):

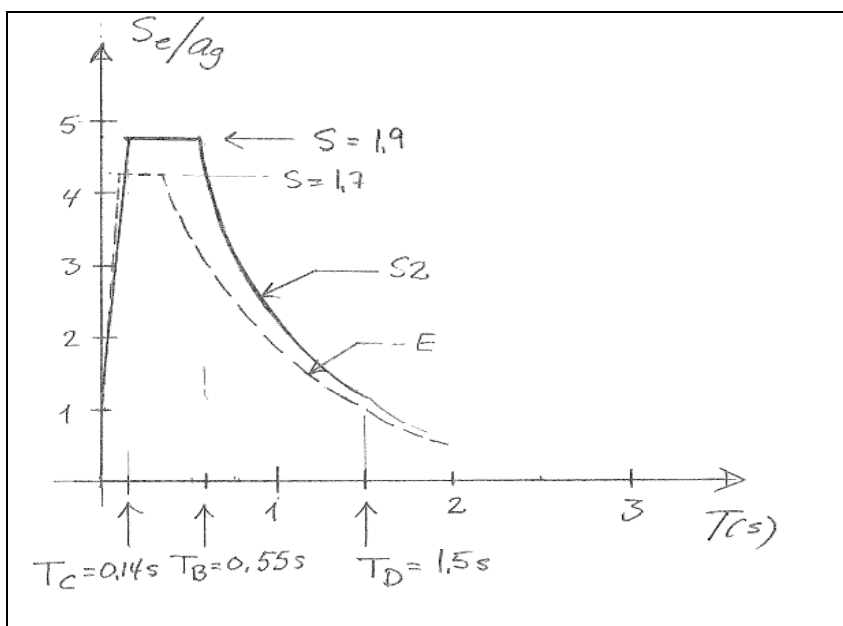


Fig. 19: Elastisk responspektrum for prosjektet ($S=1,9$ $T_B=0,14\text{s}$ $T_C=0,55\text{s}$ $T_D = 1,5\text{s}$)

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 21
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

7. LOKAL GEOTEKNISK STABILITET

7.1 Generelt

De nye skolebygningene er plassert på samme stedet som eksisterende skolebygninger. Bygningene prosjekteres som lette konstruksjoner med fundamentert på hel bunnplate. Vekt av nye bygninger, medregnet noe fjerning av gravemasser, er tilnærmet uforandret i forhold til dagens terrengbelastning. Det vurderes at lokal stabilitet for skoleområdet blir uforandret i forhold til dagens situasjon.

7.2 Kontroll av lokal stabilitet for utgraving av byggegrop

I forbindelse med etablering av byggegrop for nybyggene vil terrenget bli senket i deler av området. Dette gjelder spesielt i vestre del av idrettshallen. Maks. gravedybde er her ca. 3m under eksisterende terreng.

Stabiliteten for maks. utgravingen kontrolleres ved bruk av Plaxis 2D.

Stabiliteten av utgravingen kontrolleres for profil 1-1, se figur 8. Snitt langs profil 1-1 er vist på figuren nedenfor.

Jordprofilen er basert på referanse (2) og (3).

VA-ledning:

Det antas at det er gjenfylt med stedlige masser (leirmasser) over VA-ledningen.

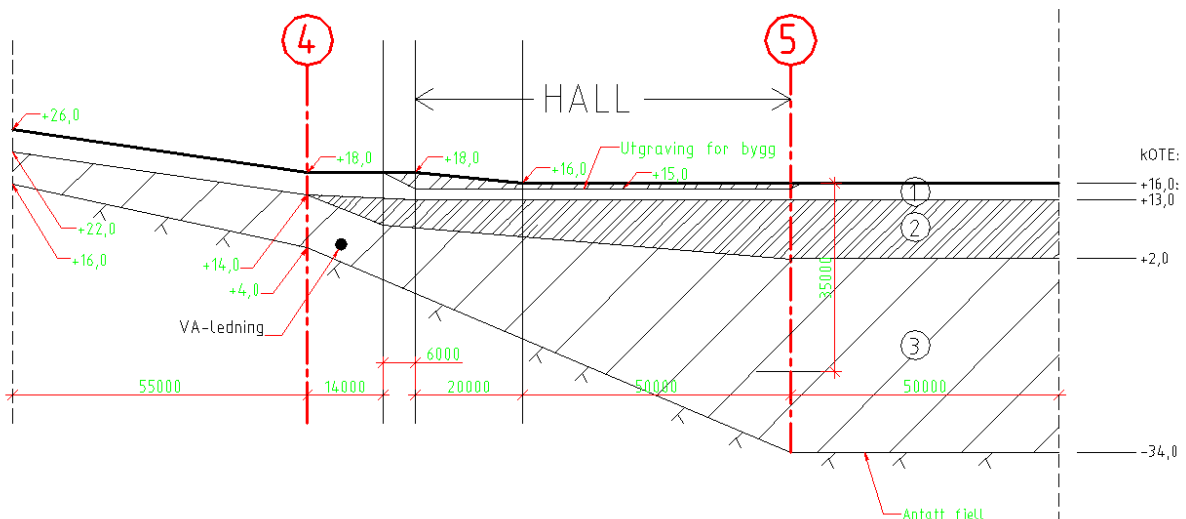


Fig.20: Snitt, profil 1-1, se figur 8.

Figurforklaring:

(1), (2) og (3) angir jordtyper

(4) og (5) angir ca. plassering av borpunkter i ref. (3).

Hall: Angir ca. utstrekning av idrettshallen i snitt 1-1.

Utgraving for bygg: Det antas i beregningene at gravedybden kan gå ned til kote +15m

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 22
Prosjekt : Børsa skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

under hallen.

Høyeste graveskråning er ca. 3m. Skråningen har helning på 1:2.

Jordparametre:

Basert på referanse 3:

(1): Middels fast leire, $C_u = 35-55 \text{ kPa} \rightarrow C_u = 40 \text{ kPa}$ i beregningene, lite/middels sensitiv

(2): Kvikkleire, $C_u = 15-40 \text{ kPa} \rightarrow C_u = 20 \text{ kPa}$ i beregningene, meget sensitiv

15% reduksjon av skjærfasteten pga. kvikkleire: $C_{u,red} = 0,85 \cdot 20 = 17 \text{ kPa}$.

(3): Fast leire, $C_u = 50-55 \text{ kPa} \rightarrow C_u = 50 \text{ kPa}$ i beregningene

Lokal stabilitet kontrolleres i **udrenert** tilstand siden byggeperioden der byggegropa står åpen vil ta relativt kort tid.

Jordstivhet settes lik: $E_u \approx 200 \cdot C_u$ (midlere $C_u = 20 \text{ kPa}$)

Skjærmodul: $G_u = G' \approx E_u/3$

Grunnvannstanden legges ca. 1-1,5m under topp terreng.

Laster:

Det forutsettes at terrenget ovenfor graveskråningen ikke belastes etter utgravingen. Utgravingen skal foregå seksjonsvis der maskinen står på ikke utgravd terreng.

Stabilitetsberegninger utføres ved bruk av Plaxis 2D. Plaxis - modellen er vist på figuren nedenfor:

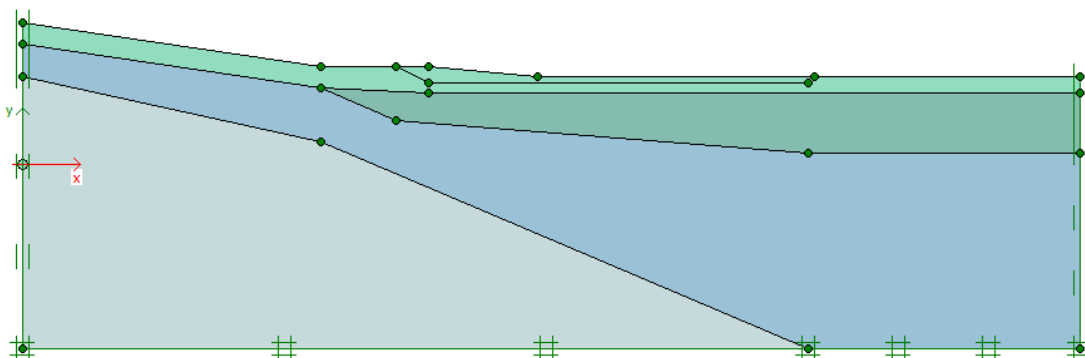


Fig. 21: Plaxis-modell for snitt 1-1.

Beregningsresultater:

Beregnet sikkerhet ved utgravingen: $\gamma_m = \Sigma M_{sf} = 2.1$, dvs. god sikkerhet mot grunnbrudd.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 23
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

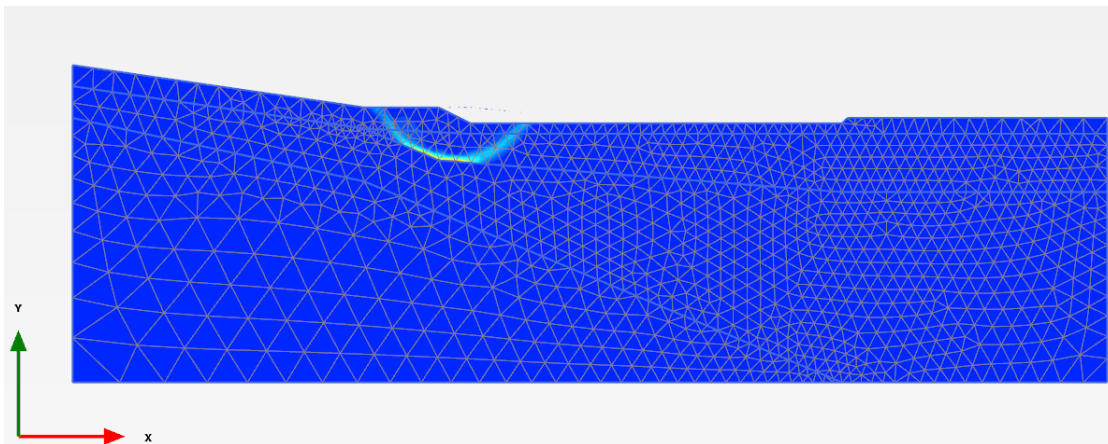


Fig. 22: Bruddfigur (inkrementell skjærtøyning) for $\gamma_m = \Sigma M_{sf} = 2.1$.

Maksimale skjærtøyninger i kvikkleira er beregnet til ca. 0,8%, dvs. < 1% , OK.

8. OMRÅDESTABILITET, VURDERING AV RASFARE IHHT NVE's VEILEDER

BASERT PÅ NVE VEILEDER FOR OMRÅDESTABILITET VED UTBYGGING PÅ KVIKKLEIRE, REF. (5).

8.1 Flytskjema, fig. 4.1 i ref. (5):

8.1.1 Ligger hele planområdet innenfor en eksisterende faresone?

Fra www.skrednett.no:



Fig.23: Plassering av ny skole er markert med svarte strek

Svar: Ja. Den nye skolen vil bli plassert innenfor registrert kvikkleiresone i Børse sentrum.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 24
Prosjekt : Børsa skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

Området er plassert i **risikoklasse 3**.

8.1.2 Mulig løsneområde og/eller antatt utløpsområde

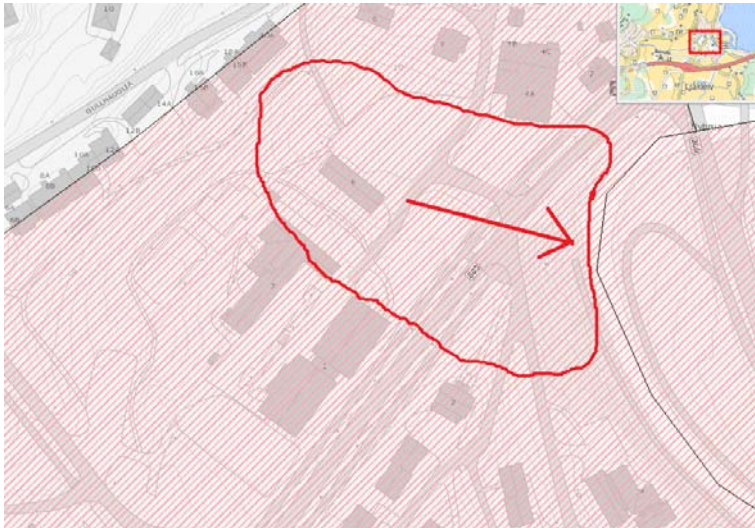


Fig.24: Mulig løsne og utløpsområde er markert på figuren

Stabilitet for dagens situasjon er beregnet i NGI-rapport (1). Snitt F-F og G-G er mest relevante for dette prosjektet, se figuren nedenfor.

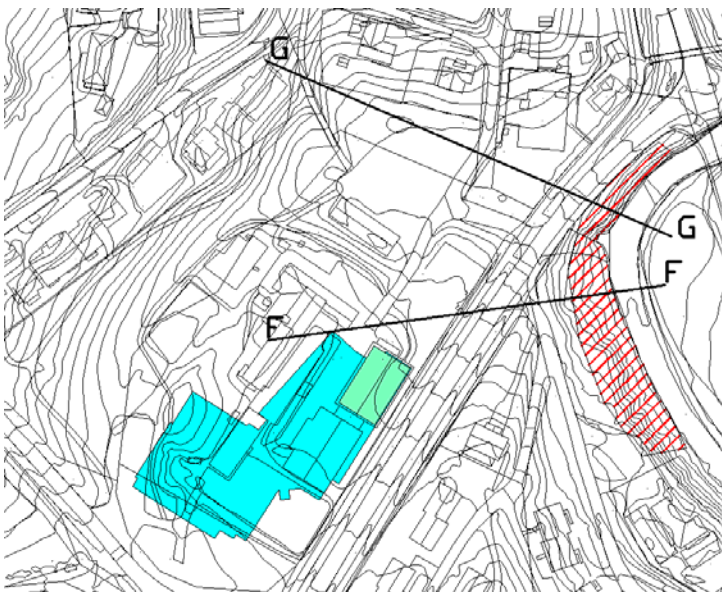


Fig.25: Snitt F-F og G-G fra NGI rapport (2). Skravert felt (rødt) er mest kritisk.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 25
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

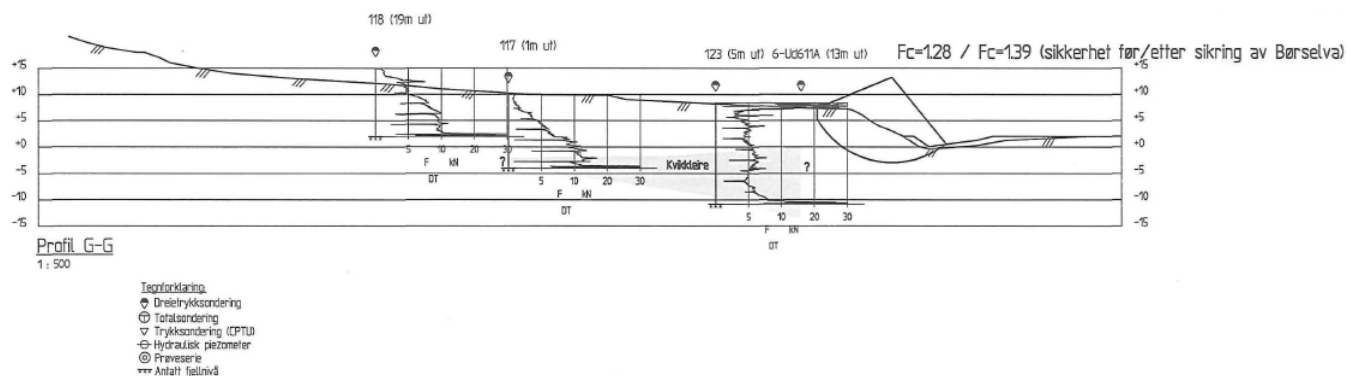
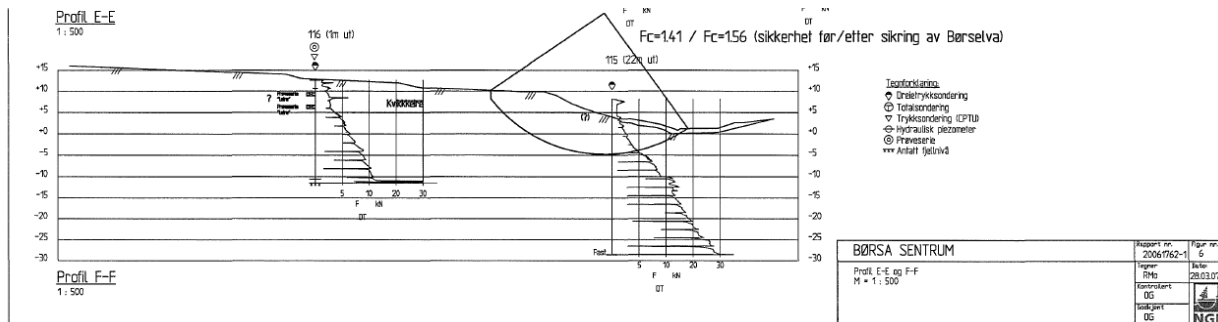


Fig. 26: Snitt i profil F-F og G-G, fra referanse (2).

Materialkoeffisienten ($FC = \gamma_m$) for snitt F-F er beregnet til 1,56 og for snitt G-G til $1,39 \approx 1,4$. Glidesirkelene med lavest sikkerhet ligger i skråningen ned mot elva for begge profilene. Området er skravert med rød farge på figur 25.

Kravet til akseptabel stabilitet er 1,4, dvs. at området har tilfredsstillende sikkerhet uten ytterligere tiltak.

Skolebygning og idrettshall:

Dagens situasjon har tilfredsstillende global stabilitet.

Globalt sett så gir de nye bygningene tilnærmet samme terrengbelastning som eksisterende bebyggelse på området. Lokal oppfylling over eksisterende terreng i forbindelse med utomhus arbeidene skal utføres med lette fyllmasser, eventuelt med fjerning av eksisterende masser for å oppnå kompensert fylling.

Globalstabiliteten vil derfor være tilnærmet uendret med de nye skolebyggene.

Idrettsbane:

Toppkoten for idrettsbanen ligger ca. 1m over dagens terrengnivå.

Her skal det brukes lette fyllmasser i for å begrense tilleggsbelastningene, eventuelt fjerning av eksisterende masser for å oppnå kompensert fylling.

Plassering av banen er godt utenfor det mest ustabile området ned mot elva.

En lett, eventuelt kompensert, oppfylling for banen vil gi ubetydelige endringer av globalstabiliteten for dette området.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 26
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

9. GEOTEKNISK KATEGORI OG PÅLITELIGHETSKLASSE

Geoteknisk kategori:

Grunnundersøkelsene viser at det er et 2-3m topplag med tørrskorpeleire eller friksjonsmasser over leire til fjell. Det er antydning/påvist at leirmassene kan inneholde et lag med kvikkleire.

Skolebygningene skal utføres som lette bygninger fundamentert på hel bunnplate i betong.

Bygningene er fundamentert på grunnen uten kjeller.

Det tilstrebes mest mulig kompensert fundamentering slik at de nye bygningene ikke belaster området utover eksisterende tilstand.

Gravearbeidene begrenses i hovedsak til det øvre laget med tørrskorpe/friksjonsmasser.

Velger derfor geoteknisk kategori 2.

Pålitelighetsklasse:

Bygningene er skolebygg og plasseres i pålitelighetsklasse (CC/RC): 2

Kontrollklasse: N (normal)

10.0 KONKLUSJON

Plassering ,grunnforhold og krav til prosjekteringskontroll:

Ny skolebygning med idrettshall er plassert på samme stedet som de eksisterende skolebygningene.

Prosjektet er satt i geoteknisk kategori 2 og pålitelighetsklasse 2.

Men siden området er innenfor registrert kvikkleiresone i Børse sentrum, med risikoklasse 3, blir krav til sikkerhet skjerpet med tilleggskravene:

- Stabilitetsanalyse: $\gamma_m \geq 1,4$
- Kontroll: Skjerpet kontroll, 3.parts kontroll.

Grunnen her består i hovedsak av ca. 2-3m tørrskorpeleire over bløt leire til fjell. Boringer viser at dybden til fjell varierer fra 20m til mer enn 35m.

Potensiell skredfare som kan omfatte den nye skolen er identifisert. Det er tidligere utført stabilitetsberegninger for det aktuelle området. Beregningene er utført av NGI.

Området har tilfredsstillende stabilitet for dagens situasjon. For utbygging skal situasjonen ikke forverres, hverken lokalt eller globalt.

Med hensyn til jordskjelv så skal det brukes jordtype S2.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 27
Prosjekt : Børse skole	Dato : 19.03.14
Dok. nummer : ATK-2013-019-G03	Rev. : B

Fundamentering av bygningene:

De nye bygningene prosjekteres som lette konstruksjoner og fundamenteres på hel bunnplate. Terrengbelastningen fra de nye bygningene, medregnet kompensert fundamentering, er tilnærmet som for dagens bygninger.

Det kan derfor forventes svært små setninger på nybyggene.

I tillegg til lette bygninger skal det brukes lette fyllmasser, med kompensert oppfylling utomhus inklusive feltet med idrettsbanen.

Global og lokal stabilitet av området vil derfor være tilnærmet uendret i forhold til dagens situasjon.

10.0 REFERANSER

1. NGI: Børse sentrum
Grunnundersøkelser. Datarapport
Rapport nr. 20061762-1 , datert 19.februar 2007, referanse (1)
2. NGI: Børse sentrum
Ny reguleringsplan. Geotekniske vurderinger.
Rapport nr. 20061762-2, datert 2. mai 2007, referanse (2)
3. Rambøll: Skaun kommune, Børse barneskole
Oppdrag nr. 6120959, rapport nr. 1, datert 26.02.2013, referanse (3).
4. NGI: Teknisk notat til Skaun kommune
Dokumentnr. 20120681-01-TN, datert 17. desember 2012, referanse (4).
5. NVE veileder: Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
Vedlegg 1: Flom-og skredfare i arealplaner.
6. Arnold Verrujit: Soil Dynamics, Delft University of Technology, 1994, 2006