

**IDD SKOLE, HALDEN KOMMUNE****Geoteknisk prosjekteringsrapport**

Rev / Status	Dato	Sign.	Kontr.	Godkj.
00	26.06.17	<i>Brenden</i>	<i>Sakalsten</i>	<i>Sakalsten</i>

## Sammendrag

Det planlegges etablering av ny barneskole ved siden av eksisterende videregående skole. Prosjektet er nå inne i en detaljprosjektering, der Pöyry bistår med geoteknisk rådgivning.

Seismisk dimensjonering utføres for grunntype D.

Prosjektet plasseres i tiltaksklasse 2, og det kreves dermed uavhengig kontroll.

Det er ikke fare for områdeskred.

Barneskolen skal direktefundamenteres ved bruk av stiv, hel bunnplate. Bygningen skal bygges inn i en skråning der noe masse skal avsjaktes, mens noe av eksisterende terreng skal fylles ut for å nå kotehøyde + 67,2 (isolering 40 cm og tykkelse bunnplate gir FG på kote +68).

Det er god og tilstrekkelig bæreevne, 120 kN/m<sup>2</sup>. Grunntrykk i bruddgrense er 50 kN/m<sup>2</sup>.

Det forventes at det er setninger som vil være utfordringen for et bygg som blir liggende delvis innbygd i en skråning (avlasting) og delvis fundamentert på oppfylling over dagens terrengnivå (pålasting). Grunnforholdene under bygningen er gode i overkant av skråningen (nordvest) og mindre gode pga. et 2–6 m tykt middelsfast leirelag som vil føre til store setninger. Direktefundamentering på leirelaget vil føre til setninger på  $20 \pm 4$  cm, og det må iverksettes setningsreducerende tiltak. Tre mulig alternativer vil være kompensert fundamentering, med masseutskiftning av lettere masser som glasopor, bygge kjeller eller kalkpeling.

I området nordvest/vest der det er gode morenemasser og bare stedvis tynne lag med leire, skal leirelaget graves bort og byttes ut med pukk eller tilsvarende opp til ønsket fundamenteringsnivå.

Valgt fundamenteringsløsning ble masseutskiftning med glasopor i området med middelsfast leirelag. I dette området må det graves bort masser 2,3 meter under dagens terrengnivå, for så å masseutskifte og tilbakefylle med glasopor. Glasoporen må komprimeres for hver meter og komprimeres til 80 cm, som fører til tre komprimeringsnivåer. Hvert lag komprimeres to ganger i to ulike retninger. Det må legges fiberduk mellom leirelag og glasopor. Glasoporen dekkes så med fiberduk og dekkes med subbus/finpukk eller tilsvarende i maks. 10 cm tykt lag.

Graveskråninger kan etableres med helning inntil 1:1 i stedlige masser, eller 1:1,5 ved gravedybder over 2,5 m og i det middelsfaste leireområdet.

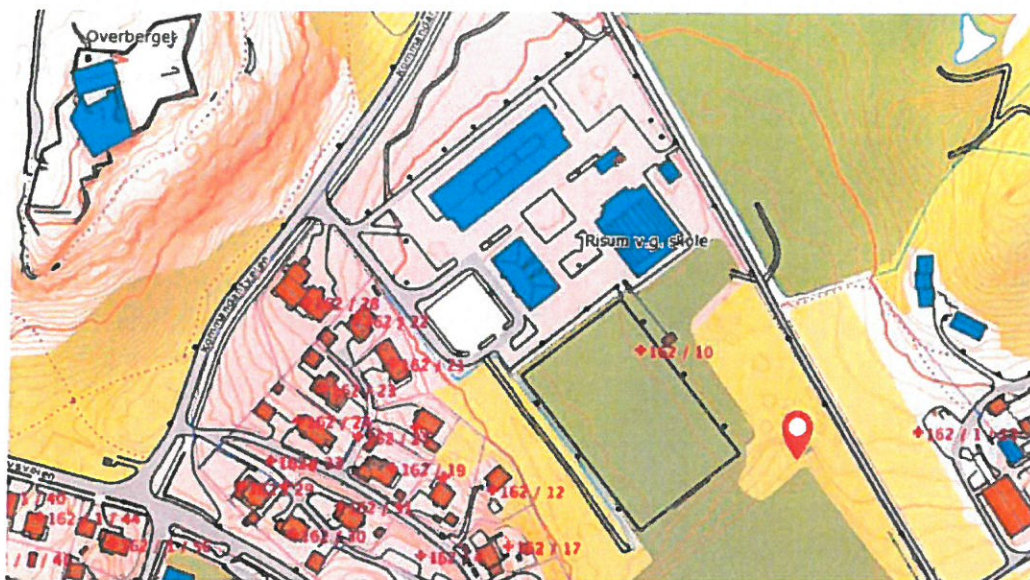


## Innhold

Sammendrag.....	2
Innhold .....	3
1 Innledning .....	4
2 Grunnforhold .....	5
2.1 Utførte grunnundersøkelser.....	5
2.2 Bygning og bygningens beliggenhet.....	5
3 Redegjørelser .....	6
3.1 Generelt .....	6
3.2 Grunntype.....	6
3.3 Tiltaksklasse og geoteknisk kategori .....	6
4 Geoteknisk vurdering.....	7
4.1 Materialparametre og dimensjoneringsgrunnlag.....	7
4.2 Fundamenteringsalternativer.....	7
4.3 Bæreevne.....	7
4.4 Setninger .....	8
4.5 Stabilitet og graveskråning.....	8
4.6 Utgraving og fylling .....	9
4.7 Jordtrykk .....	11
4.8 Drenering i byggefase .....	11
4.9 Tele.....	11
4.10 Radon .....	11
4.11 Tårnkranens fundamentstørrelse .....	12
4.12 Tykkelse forsterkningslag for ny adkomstveg .....	12
Referanser .....	13

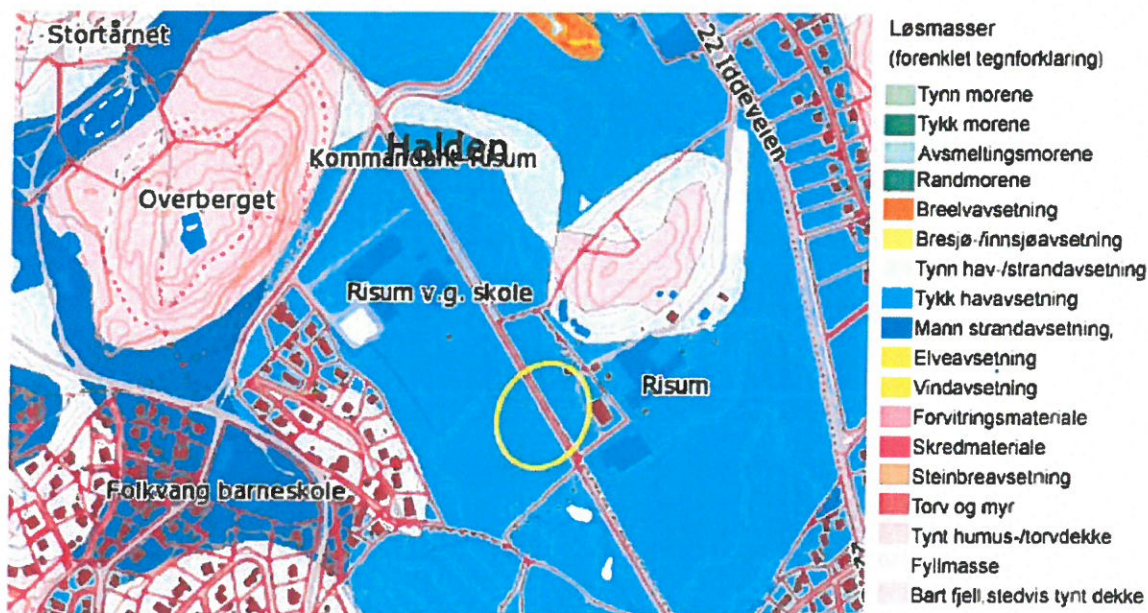
## 1 Innledning

Pöyry Norway AS har på oppdrag fra AF Bygg Østfold ved Stein Jordet, utført en geoteknisk vurdering av tomt 162/10 i forbindelse med bygging av ny barneskole i Kommandantveien 37 – Idd skole. Bygningen skal ha 1 – 3 etasjer og bygges inn i eksisterende skråning (dagens terreng på skråning går fra kote +72,4 til kote +67,0). Ferdiggulv (FG) kote skal ligge på +68. Dermed må eksisterende terreng både avsjaktes og fylles opp.



Figur 1. Situasjonsplan - utsnitt fra norgeskart.no. Byggets plassering er markert.

Kart fra Norges Vassdrag- og Energidirektorat viser at tomten er dekket med tykk havavsetning, med en del bart fjell i nærområdet (figur 2). Området har svært heterogene grunnforhold – fra bart fjell og fast morene til bløt leire – i kun få meters avstand.



Figur 2. Utsnitt fra NVE Løsmassekart. Beliggenhet av planlagt bygning er markert med gul sirkel.



## 2 Grunnforhold

### 2.1 Utførte grunnundersøkelser

Geotekniske undersøkelser har blitt utført av Grunnteknikk AS 31.05. 2016 /6/. Det ble utført 24 totalsonderinger, 2 CPTU og en uforstyrret 54 mm prøveserie.

Grunnforholdene under planlagt bygning og utomhus består i det nordøstlige delen i hovedsak av morene (noen steder med et tynt leirelag over), og i de sørvestlige delen et topplag på 1 – 3 m tørrskorpeleire over et 2 – 6 m tykt lag med middels fast siltig leire (noen steder middelsfast leire med  $s_u = 30 \text{ kN/m}^2$ ). Fra 10 m dybde har løsmassene betydelig bedret mekaniske egenskaper og består trolig av morenemasser til fjell.

Vannstanden ble ikke målt under grunnundersøkelsene, men tolkning av totalsonderingene tilsier at grunnvannstanden ligger 1 meter under terrengnivå, på kote +66 der dagens terrengnivå er +67 (fotballbanen). I skråningen og på toppen av skråning (dagens terrengkote +72) tolkes grunnvannstanden å ligge på ca. 2 m under dagens terrengnivå – dvs. ca. kote +70.

Det er varierende dybde til fjell, også under byggets plassering, i følge grunnundersøkelser gjort av Grunnteknikk AS /6/. I borpunktene 14B og 15B ble det påtruffet fjell ved 29,7 og 29,9 meters dyp.

### 2.2 Bygning og bygningens beliggenhet

Tiltaksområdet blir i dag brukt som grøntareal og fotballbane (kote +67). Byggets beliggenhet vil være i eksisterende skråning, der øvre del av skråningen skal avsjaktes, mens nedre del av skråning og delen som blir liggende på dagens fotballbane skal bygges opp med fyllmasse. Eksisterende skråning går fra kote + 72,4 og ned til + 67. Bunnplaten skal ligge på kote + 68 (o.k. såle). Platen skal være 40 cm tykk og med tilstrekkelig isolasjon på ca. 30 cm, vil u.k såle ligge på ca. kote +67,3.

Bygningen skal bygges i massivt tre med kort avstand mellom bærebjelker. Dermed vil hel bunnplate være den mest praktiske fundamenteringsløsningen. Bygningen har følgende laster:  
Brukslast (SLS): 90 000 kN, som gir  $36 \text{ kN/m}^2$ .  
Bruddlast (ULS): 125 000 kN, som gir  $50 \text{ kN/m}^2$ .

Grunnforholdene i toppen av skråningen og der det skal avsjaktes er det stort sett gode morenemasser, noen steder med tynt leirelag over. Den delen av bygningen som skal ligge i toppen av dagens eksisterende skråning har FG (ferdiggulv/o.k såle) kote +72. Sørvestlige delen av bygningen skal bygges opp fra kote +67 til FG kote +68. Grunnforholdene under denne delen av bygningskroppen er varierende med et middelsfast leirelag ( $s_u = 30 \text{ kN/m}^3$ ) som ligger på ca. 1 - 3 m dybde og har en tykkelse på 2,5 – 3 m. Dette bløte leirelaget og stor variasjon i løsmassenes mekaniske egenskaper gjør at grunnforholdene vurderes som vanskelige.

### 3 Redegjørelser

#### 3.1 Generelt

I forbindelse med etablering av ny barneskole på tomten, må følgende geotekniske forhold vurderes:

- Grunntype og forsterkningsfaktorer for seismisk vurdering
- Klassifisering i tiltaksklasse
- Fundamenteringsløsning
- Bæreevneberegninger
- Setningsberegninger – uten og med tiltak
- Jordtryksberegninger (utført av RIB)
- Områdestabilitet
- Tårnkran – fundamentstørrelse
- Adkomstveg – tykkelse av bærelag

#### 3.2 Grunntype

For seismisk dimensjonering kan det benyttes grunntype D, med tilhørende forsterkningsfaktorer iht. Tabell NA.3.3 i /2/.

#### 3.3 Tiltaksklasse og geoteknisk kategori

Med utgangspunkt i at det skal bygges en stor bygning i en skråning med relativt varierende grunnforhold, vil tiltaket bli plassert i tiltaksklasse 2.

*Tabell 1. Tiltaksklasser for bygg, anlegg eller konstruksjon, SAK 10 /4/.*

Tiltaksklasse 1	Tiltaksklasse 2	Tiltaksklasse 3
Småhus inntil 3 etasjer.	Fundamentering av byggverk med 3-5 etasjer.	Byggverk med flere enn 5 etasjer
Andre byggverk inntil 2 etasjer med oversiktlige og enkle grunnforhold.	Fundamentering på tomt med vanskelige grunnforhold. Metode for fastleggelse av grunnforhold er godt utviklet.	Fundamentering på tomt med vanskelige grunnforhold
Fundamentering for anlegg og konstruksjoner som iht NS-EN 1990 + NA plasseres i pålitelighetsklasse 1.	Fundamentering for anlegg og konstruksjoner som iht NS-EN 1990 + NA plasseres i pålitelighetsklasse 2.	Metode for fastleggelse av grunnforhold er lite utviklet.
		Fundamentering for anlegg og konstruksjoner som iht NS-EN 1990 + NA plasseres i pålitelighetsklasse 3 og 4

I henhold til Plan- og bygningsloven vil tiltaksklasse 2 for geoteknikk kreve uavhengig kontroll. For klassifisering i konsekvens og pålitelighetsklasse, samt geoteknisk kategori henvises det til forprosjektrapporten Idd skole RIG01 Geoteknisk rapport /5/.

Tiltaket har følgende klassifisering:

- ✓ Grunntype D
- ✓ Tiltaksklasse 2
- ✓ Kontrollklasse Utvidet for prosjektering og utførelse (uavhengig kontroll)



## 4 Geoteknisk vurdering

### 4.1 Materialparametre og dimensjoneringsgrunnlag

NS-EN 1990-1:2002 + NA:2008 (Eurokode 0) og NS-EN 1997-1:2004 + NA:2008 (Eurokode 7) /1/ (eventuelt Statens Vegvesens håndbok /3/) legges til grunn for beregningene.

Morenemassene har svært gode mekaniske egenskaper og vurderes som svært god byggegrunn.

Tørsskorpeleire er også god byggegrunn og ble i felt 15.06.2017 målt til å ha en skjærstyrke på ca. 80 kN/m<sup>2</sup>.

Det bløte leirelaget har ikke sprøbruddegenskaper, men har en skjærstyrke på ca. 30 kN/m<sup>2</sup> (fra prøvetaking 31.05.16 av Grunnteknikk AS /6/), som anses som lavt. Det vil derfor bli store setninger i dette middelsfaste laget da terrengnivået skal bygges opp 1 meter over dagens terrengkote, i tillegg til økt brukslast fra bygningen på 36 kN/m<sup>2</sup>.

### 4.2 Fundamenteringsalternativer

Det forutsettes tradisjonell sålefundamentering, med stiv plate og jevnt fordelte laster. Mulige fundamenteringsløsninger basert på grunnforholdene er kompensert fundamentering i form av masseutskiftning med glasopor, kompensert fundamentering i form av kjeller i området med bløtt leirelag eller kalkpeling. Kjellerløsningen har i tillegg en nytteverdi, men vil være en relativt dyr løsning. Kalkpeling er ikke en setningsfri løsning og det er vanskelig å beregne nøyaktige setninger, da man mister litt kontroll over permeabilitet når kalksement vispes inn. Det kreves ca. 1 kalkpele pr m<sup>2</sup>, altså totalt ca. 34 000 lm. Dette vil også være en relativt dyr løsning.

Valgt løsning, på bakgrunn av byggherrens ønske, ble dermed masseutskiftning med glasopor og pukk.

### 4.3 Bæreevne

Bæreevnen er beregnet basert på følgende forutsetninger:

- Hel, fullstendig stiv bunnplate – grunnareal 2466 m<sup>2</sup>.
- Horisontallast, bruddgrense (ULS) 125 000 kN, som gir grunntrykk under fundamentplate på 50 kN/m<sup>2</sup>.
- Materialparametre for leirelag, jfr delkapittel 4.1.
- Bæreevnen beregnes for svakeste laget,  $s_u=30$  kN/m<sup>2</sup>,  $s_u$  verdi fra prøvetaking i /6/.
- Bæreevneformel:  $q = N_q(s_u/F)$ , hvor  $q$  er bæreevne,  $N_q = 6,1$  og  $F = 1,5$

Med nevnte forutsetninger ivaretatt, kan 120 kN/m<sup>2</sup> legges til grunn.

#### 4.4 Setninger

Setningsberegninger har blitt gjort i programmet GeoSuite Settlement og for hånd. Det har blitt utført setningsberegninger uten tiltak, og ved flere ulike masseutskiftningsalternativer, utskiftningsdybder og tykkelse av tilbakefyllingslag med lettere masser.

Der det skal avsjaktes mest i områder med morenemasser forventes det å bli 0 cm setninger. Ved mindre avsjakting av eksisterende terreng og ved større innhold av leiremasser vil setningene blir større, i størrelsesorden 4 – 6 mm. Påtreffes leirelag i områder der det forventes morenemasser, dvs. nordlige og vestlige deler av bygningen, må dette graves bort og fylles opp med pukk eller tilsvarende. Morenemassene er prebelastet fra istiden og tåler dermed vesentlige høyere laster enn byggets og oppfyllingens vertikallast.

Området rundt borpunkt 11B, 14B og 15B, er det middelsbløte leirer i henholdsvis 3 – 6 m dybde for borpunkt 11B og 1 - 2 m dybde for borpunkt 14B og 15 B. Ved å heve dagens terreng med 1 m (fra kote +67 til kote +68), samt at det blir en tilleggsbrukslast på 36 kN/m<sup>2</sup>, vil det bli, uten tiltak, opptil 20 cm ( $\pm 4$  cm) setninger for den delen som skal etableres på fylling. Størstedelen av setningene vil oppstå i det middelsfaste leirelaget, men også i hele leireprofilen.

Det har blitt akseptert av byggherre med 1 – 2 cm skjevsetninger på bunnplaten. For å redusere setningene i leireområdet med middelsfast leirelag til 1 – 2 cm, må det sjaktes av 2,3 m (til kote 64,7) fra dagens terreng, for så å fylle opp med 2,3 m med glasopor, til kote +67,2. Da kan man forvente setninger på ca. 12 mm.

Skjevsetninger på 12 mm er betydelig under bunnplatens toleransegrense, som er ca. 1 % for sensitive konstruksjoner. Leiren i området inneholder en del silt og sand, og dreneringsegenskapene er dermed forbedret i forhold til vanlig leire, og man kan forvente at størstedelen av setningene skjer i byggefasen, eller kort tid etter.

Det forventes at største forskjell i setninger med masseutskiftning med glasopor kan oppstå mellom de delene av bygningen som er fundamentert i utgravning på ca. kote +70, til størst setninger ved borpunkt 11B. Forventet differensialsetninger vil mest sannsynlig ikke overstige 0,3 - 0,5 %.

#### 4.5 Stabilitet og graveskråning

##### *Global stabilitet/områdestabilitet*

Det er ikke påvist løsmasser med sprøbruddegenskaper på utbyggingsområdet. Det finnes heller ikke skråninger i nærheten med potensielt utløpsområde mot utbyggingsområdet. Det er ikke fare for områdeskred. Det er heller ingen store fjellskjæringer eller andre bratte skråninger med potensiell fare for skred i området. Områdestabiliteten er vurdert til å være tilfredsstillende.



### Lokal stabilitet/graveskråning

Graveskråninger kan etableres med helning inntil ca. 1:1 i stedlig morenemasser. Evt. permanente skrånninger bør vurderes nærmere. Stabilitetsberegninger for utgravning i morene og middels faste leire viser at helning 1:1 gir sikkerhetsfaktor som overstiger 2 ved 10 kN last og overstiger 1,4 ved 20 kN last. Da antas det at øverste del av leiren er svakere enn den faktisk er, dvs. vurdert konservativt.

I området med middelsfast leire og dypere utgraving enn 2,5 meter anbefales det skråning 1:1,5 for å få sikkerhetsfaktor høyere enn 1,4. En helning på 1:1 gir sikkerhetsfaktor høyere enn 1,3. Beregnede verdier tilsvarer last fra anlegg 10 kN/m<sup>2</sup>.

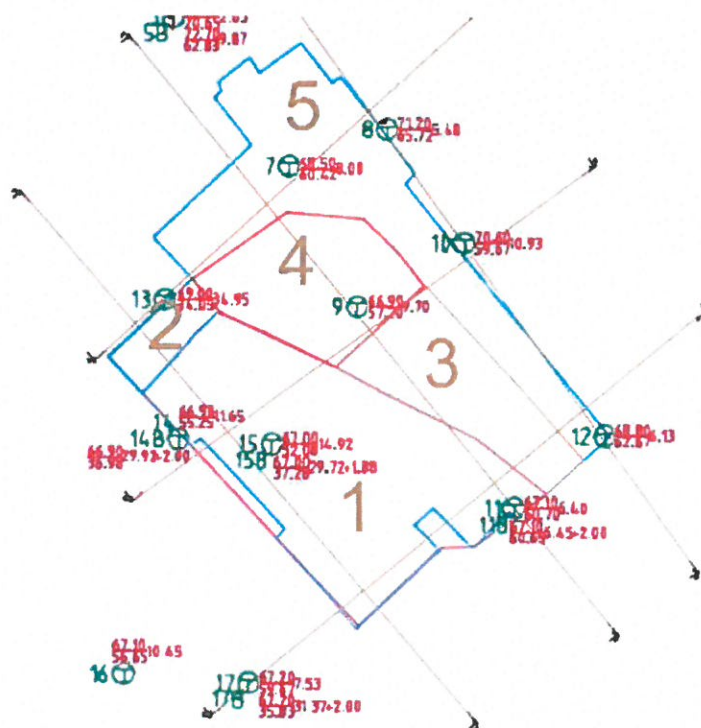
Det er tilstrekkelig plass på tomten for slake graveskråninger og utgravninger og det er derfor ikke behov for spunting. Skrånninger skal beskyttes med duk.

Det anbefales minimum 2 - 3 meter avstand mellom kant av gropa og anleggstrafikksoner, spesielt hvis graveskråning er brattere enn 1:1,5.

Forventes det last som overstiger 10 kN/m<sup>2</sup> bør det vurderes å bruke skråningshelning 1:2 eller spunting.

### 4.6 Utgraving og fylling

For detaljert arbeidsprosedyre for utgraving henvises det til eget notat om dette «Arbeidsprosedyre Idd skole. Geoteknisk utgravingsveiledning».



Figur 3. Utgravingsdybder og volum av glasopor i 5 ulike områder.

Utgraving deles i fem deler, se tabell 2 og figur 3. Byggherre har ønsket å akseptere 1 – 2 cm differensialsetninger for bunnplaten, slik at glasoporvolumet kan reduseres. Volumet av glasopor i de ulike delområdene vises i tabell 2.

Tabell 2. Tykkelse og volum av glasopor for 0,3 m oppfylling til kote + 67,3 og 1 cm setning.

Område	Utgraving dybde [m]	Tykkelse av glasoporlaget [m]	Volum av glasopor* [m <sup>3</sup> ]
1	2,3	2,5	3055
2	2 – 2,3	0,5 – 2,5	157,5
3	0,5 – 2,3	0 – 2,5 m av pukk	540**
4	2 – 2,3	0 – 2,5 m av pukk	450**
5	2 – 2,3 m	0 – 2,5 m av pukk	300**
Σ			3212,5 (3855 etter 20 % komprimering)

\*Volumet av glasopor kan være litt mindre. Som utgangspunkt for beregninger var antatt takkanten.

\*\* Mengde av pukk

Området i topp av skråning. Bunnplate kan fundamenteres direkte på stedegen morenemasse eller ønsket fyllmasse. Hvis det påtreffes leire må denne graves vekk og erstattes med pukk eller annen fyllmasse.

Område rundt borpunkt 9. Dette er et noe usikkert område. Trolig er det gode morenemasser på ca. dybde 1,90 m under dagens terreng. Det anbefales å grave til 2 m dybde (til kote +65) fra dagens terreng ned til gulbrunt lag. Her ligger morenemasser som er god byggegrunn. Avdekkes morenelaget kan det fylles opp med godt komprimert pukk.

Hvis det påvises liknende faste morenemasser ved utgravning i andre områder kan det brukes pukk til oppfylling. Da kan glasoporlaget reduseres og brukes som et tynt isolasjonslag. Da kan man forvente setninger til 10 (brukslast 36 kN/m<sup>2</sup>) – 14 mm (bruddlast 50 kN/m<sup>2</sup>) eller mindre (konservativt vurdert). Hvis morenelaget (det gulbrune) har verre egenskaper enn påviste i utgraving, vil det kreve 1,5 – 2 m av glasopor ved 2 m utgravning.

Skjærstyrkemålinger utført i felt 15.06.17 vha. håndholdt vingebor, ved borpunkt 11B og 9, viser at leirelaget i kontakt med morene er fast ( $s_u > 50$  i lett forstyrret masse) og morene er trolig enda fastere.

Utgraving blir som følger: 3212,5 m<sup>3</sup> av glasopor, lagtykkelse 2,5m, utgravning 2,3 m under terrengnivå i område med middelsbløte leirelag. I område dekket med morene det forventes 1300 m<sup>3</sup> av masser som kan byttes til pukk eller grus. Hvis det påtreffes middelsfast leirelag i de øvre delene av utgravningen i morenemasseområdet, kan det være behov for å utskifte leiremassene med pukk eller annen fyllmasse.

Leirelaget skal dekkles med fiberduk klasse 3 å forebygge miksing av stedige jordarter og glasopor. Glasoporen dekkles så med fiberduk (klasse avhengig av valg av fyllmasse over).



Velges det å dekke med 10 cm tykt lag av subbus/finpukk for å skape et arbeidslag før etablering av isolasjon og bunnplate, anbefales fiberduk klasse 3.

Stedegne løsmasser kan benyttes ved tilbakefylling.

#### **4.7 Jordtrykk**

Det skal oppføres en støttemur mot ny adkomstveg (parallelt med eksisterende gang- og sykkelveg nordøst for nybygget). Jordtrykk og nødvendig fundamenteringsbredde har blitt beregnet av RIB.

#### **4.8 Drenering i byggefase**

Stedige jordarter har dårlig dreneringsevne og det er nødvendig med drenering i byggefasen da det skal graves under grunnsvannivå. Det anbefales at byggeprofa utformes med lett helning i retningen av nederste del av tomten (mot sør) og at det utgraves små lomme, hvor det kan installeres rør som føres til vannpumpe.

Etter byggeperioden anbefales det at grunnvannstanden blir værende på nåværende nivå, 1 m under terrengnivå. Det tillates i byggefase å senke grunnvannsnivået til utgravningsnivå, ca. 2,3 m under nåværende terrengnivå.

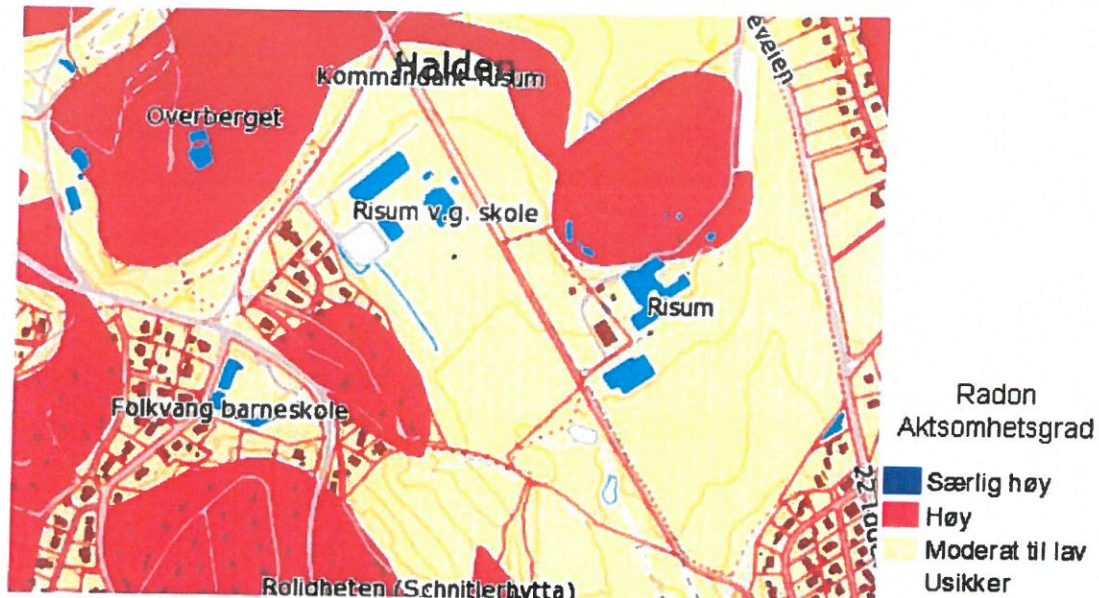
Det må etableres vanlig drenering rundt bygningen.

#### **4.9 Tele**

På grunn av høyt siltinnhold i leiremassene, klassifiseres løsmassene i teleklasse T4. Fundamentene må isoleres.

#### **4.10 Radon**

Det planlagte tilbygget ligger i en sone med forventet moderat til lav radon aktsomhetsgrad. I nærliggende områder er det høy radonaktsomhetsgrad, og det bør utføres nødvendige målinger på grunn av relativt lang oppholdstid for personer på grunnflatenivå (skolebygning).



Figur 4. Radon aksomhetssoner, NGU kart.

#### 4.11 Tårnkranens fundamentstørrelse

Tårnkran er av type Liebherr 154 EC-H 6, Litronic på kryssfot. Egenvekt: 1123 kN.  
Tilatt grunntrykk har blitt beregnet for situasjonene uten last, maks. last (6000 kg) og maks. arm (60 + 1,15m og 1920 kg).

Maksimal arm gir høyest grunntrykk og blir dermed dimensjonerende.  
Anbefalt fundamentstørrelse for denne typen tårnkran er min. 5,4 x 5,4 m.

#### 4.12 Tykkelse forsterkningslag for ny adkomstveg

Tabell 3. Klassifisering etter SVV håndbok N200 /7/ for valg av tykkelse av forsterkningslag

Bæreevneklassifisering (leire, silt, morene):	T4
Bæreevnegruppe	6
Trafikkgruppe	A
Tykkelse, forsterkningslag av kult: 60/1,1	55 cm

Ved etablering av ny adkomstveg sjaktes det av til ønsket nivå. Det etableres et forsterkningslag av kult, som avrettes med forkilt pukk og vales inn etter velkjente prinsipper. Tykkelse av forsterkningslaget skal være 55 cm.



## Referanser

- /1/ Standard Norge, NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering, Del 1: Allmenne regler.
- /2/ Standard Norge, NS-EN 1998-1:2004+NA:2008 - Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger
- /3/ Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, Håndbok V220 – Geoteknikk i vegbygging
- /4/ SAK 10. Byggesaksforskriften. Direktoratet for byggkvalitet
- /5/ Pöyry AS. Idd skole, RIG01 Geoteknisk rapport, november 2016.
- /6/ Grunnteknikk AS. Grunnundersøkelser – Geoteknisk datarappoert, mai 2016
- /7/ Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, Håndbok N200 – Vegbygging. Kap. 9 Dimensjonering og forsterkning, 2011.
- /8/ Pöyry AS. Arbeidsprosedyre – Geoteknisk utgravningsveiledning, juni 2017