

Prosjekt:

Nytt sykehus i Drammen

Tittel:

Vurdering av kompensert fundamentering for 7005/7009 VEI og LARK områder

04	Etter kommentarer fra SHB	15.06.21	SERE	ERNST	BH	
03	Etter kommentar fra UAK	07.06.21	SERE	ERNST	BH	
02	Godkjent for implementering	26.04.21	SVRE	SERE	BH	
01	Til gjennomsyn byggherre	16.04.21	SVRE	SERE	BH	
Rev.	Formål med utgivelsen		Rev. Dato	Utarbeidet	Kontroll	Godkjent
Kontraktor/leverandørs logo:		Bygg nr:	Etasje nr.:	Systemgr.:	Antall sider:	
 Norconsult 					Side 1 av 23	
Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma						
Prosjekt:	Utgivernr:	Fag:	Dok.type:	Løpenr:	Rev.nr.:	Status:
NSD	8202	G	NO	0023	04	G

Revisjonsendringer

Rev.:	Beskrivelse av endring
03	Revidert etter kommentarer i 10206460-RIG-NOT-006
04	Revidert etter kommentar fra SHB

Innholdsfortegnelse

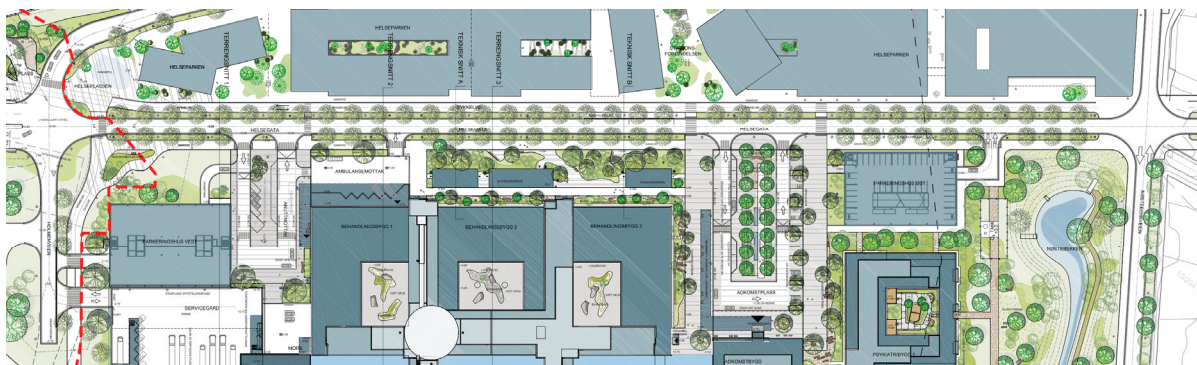
1	Innledning	4
2	Prosjekteringsforutsetninger	4
2.1	Myndighetskrav	4
2.2	Tiltaksklasse i henhold til SAK10	5
2.3	Pålitelighets- og konsekvensklasse (CC/CR)	5
2.4	Geoteknisk kategori	5
2.5	TEK 17 § 7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger	5
2.5.1	§ 7-2 Sikkerhet mot flom	5
2.6	Reguleringsbestemmelser	5
2.7	Planbeskrivelse	6
2.7.1	7-3 Sikkerhet mot skred	7
2.8	Kontroll av prosjektering iht. NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016	8
3	Grunnforhold	9
3.1	Topografi	9
3.2	Løsmasser	9
3.3	Berg	9
3.4	Grunnvannsnivå	9
4	Tverrfaglige forutsetninger til toleranser og setninger	12
4.1	Veioverbygging	12
4.2	LARK	13
4.3	Grøfter for EL	14
4.4	Grøfter for VA	15

4.5	Bæreevnegruppe.....	15
5	Oversikt over setninger og krav materialer.....	16
5.1	Beregnete setninger med oppfylling med steinmasser.....	16
5.2	Kompensert fylling – vurderingsgrunnlag.....	17
5.3	Materialegenskaper for lettfylling og faglige forutsetninger til beregningsgrunnlaget.....	17
5.3.1	Skumglass.....	17
5.3.2	Lettklinker	17
5.4	Oppdrift på lettemasser som er helt neddykket.....	17
5.4.1	Skumglass.....	17
5.4.2	Lettklinker	17
6	Kompensert fundamentering - beregninger	18
6.1	Forutsetninger for lettfylling.....	18
6.2	Oppdrift	18
6.3	Nivåer og høyder på lettfylling.....	19
6.3.1	Skumglass.....	19
6.3.2	Lettklinker	19
7	Gjennomføring av arbeidene.....	21
7.1	Skumglass.....	21
7.1.1	Volum.....	21
7.1.2	Lagtykkelser overbygning	21
7.1.3	Lagtykkelser skumglassfylling.....	21
7.2	Anlegg tekniske forhold.....	22
7.3	Kontroll av lettfylling	22
8	Referanser.....	23

1 Innledning

Dette notatet oppsummerer vurderinger og anbefalinger til kompensert fundamentering for Helsegata fra krysset Holmenveien, Sykehusveien frem til Nøstebekkveien og krysset mot Terminalen.

Hensikten med vurderingen er gi en anbefaling for å minimere setninger i berørt område, slik at område kan benyttes til regulert formål innenfor angitte toleranser. Det er utarbeidet en rapport med vurdering av konsoliderings setninger som følge av oppfylling på tomten, [1]



Figur 1 Utsnitt av regulert område med Helsegata

Grunnlag for vurderingene er hentet fra reguleringsbestemmelsene, TEK17, fagkrav fra VEI, RIE, LARK og anbefalinger i håndbøker til Statens Vegvesen samt leverandøranbefalinger for lette masser.

2 Prosjekteringsforutsetninger

2.1 Myndighetskrav

Forskrifter:

- TEK 17 §7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger.
- TEK 17 §10-2 Konstruksjonssikkerhet.
- SAK 10 Byggesaksforskriften.

Prosjekteringsstandarder:

- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0 – Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner).
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 (Eurokode 7 – Geoteknisk prosjektering).

2.2 Tiltaksklasse i henhold til SAK10

§9-2 til 9-4: Prosjektet plasseres i henhold til SAK 10 §9-4. Rambøll er godkjent for ansvarsrett for tiltaksklasse 1, 2 og 3 for fagområdet geoteknikk. Prosjektet ligger i **tiltaksklasse 3** (SAK10).

2.3 Pålitelighets- og konsekvensklasse (CC/CR)

Tabell NA.A1(901) i nasjonalt tillegg til Eurokode 0 (NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016) Kapittel B3 Tabell B1 gir eksempler på byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler i konsekvensklasser CC, fra 1 til 3. Konsekvensklasse er valgt her ut fra konsekvens for bruk av adkomstvei til sykehuset regnes som samfunnskritisk. Det er da valgt en **konsekvensklasse CC3**. Pålitelighetsklasse (CC/RC) velges normalt tilsvarende konsekvensklasse. Normalt vil en veifylling og lettfylling kunne klassifiseres i en lav pålitelighetsklasse, men i dette tilfelle er deler av området av samfunnskritisk interesse. Det velges da en **pålitelighetsklasse RC3**.

2.4 Geoteknisk kategori

NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 stiller krav til prosjektering ut fra geoteknisk kategori. Tiltaket med lettfylling vurderes å ligge i **geoteknisk kategori 2** med fundamentering på sandmasser over leire. Det skal graves ned til dagens grunnvannsnivå, og det forventes ikke graving i betydelige dybder under grunnvannsnivået.

2.5 TEK 17 § 7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger

TEK 17 §7.2 (1):

Krav er «Byggverk hvor konsekvensen av en flom er særlig stor, skal ikke plasseres i flomutsatt område». Kravet gjelder tiltak som har regional eller nasjonal beredskap og krisehåndteringsoppgaver.

TEK 17 §7.2 (2) og (3)

For byggverk som har sårbare samfunnsfunksjoner skal det benyttes sikkerhetsklasse F3. Dette inkluderer flom og stormflo. Det tolkes som at flom og stormflo sidestilles og største høyde skal brukes til dimensjonering for flom.

2.5.1 § 7-2 Sikkerhet mot flom

Det skal kontrolleres om aktuelt området kan være utsatt for flom. Aktuelt området ligger i aktsomhetsområdet for flom ut fra aktsomhetskart (NVE). Krav til sikring av området er beskrevet i reguleringsbestemmelser, planbeskrivelse og detaljreguleringskart av 07.08.2019.

2.6 Reguleringsbestemmelser

Tiltaket er klassifisert som av regional og nasjonal interesse i reguleringsbestemmelser kap. 0.

2.7 Planbeskrivelse

Krav til flomsikring av tiltak er satt i 409 Planbeskrivelse av 03.09.2019:

6.18.3 Flom

Drammenselva

Byggverk hvor konsekvensen av en flom er særlig stor, skal i henhold til Byggteknisk forskrift (TEK17) §7-2 første ledd ikke plasseres i flomutsatte områder.

Kravet gjelder byggverk som har nasjonal eller regional betydning for beredskap og krisehåndtering, slik som regionsykehus, regionale/nasjonale beredskapsinstitusjoner og liknende.

I veiledningen til TEK17 er det utdypet at bestemmelsen bare kan tilfredsstilles ved å plassere byggverket flomsikkert (og stormflomsikkert). Det vil si at det ikke er en løsning å sikre eller tilpasse tiltaket slik at det tåler oversvømmelse.

Direktoratet for Byggkvalitet har kommet med en ytterligere presisering av hvordan § 7-2 første ledd kan tolkes:

"Ved permanent og stabil oppfylling av terreng til flomsikker høyde, vil en bygning kunne plasseres flomsikkert/stormflomsikkert og intensjonen i pbl § 28-1 og TEK10 § 7-2 første og tredje ledd, vil være ivarettatt. Det forutsettes da at anlegg som er direkte knyttet til bygningen og som skal ivareta bygningens formål, herunder adkomstveger og annet, er flomsikre/ stormflomsikre. Sikringstiltak som medfører restrisiko og eventuelt behov for vedlikehold, vil ikke oppfylle kravet i § 7-2."

I Planbestemmelser er angitt nominell sannsynlighet for flomnivå på 1/1000:

Kapittel 6.18.3 Flom.

Krav til 1000 års flom er angitt til kote +2,5.

Kapittel 6.18.4 Stormflo

Stormflo med returperiode 1 000 år for Drammen beregnet til 189 cm over middelvannstand. Havnivåstigningen (52 cm) kommer i tillegg, og det skal gjøres en korreksjon på -3 cm for kartgrunnlag N N2000, dvs. til sammen 238 cm. **100 cm** over dette gir et nivå på 338 cm, her avrundet til **kote +3,4**. Dette er angitt i reguleringsbestemmelsene kap. 5.6 Flomsikker terrenghøyde, del a).

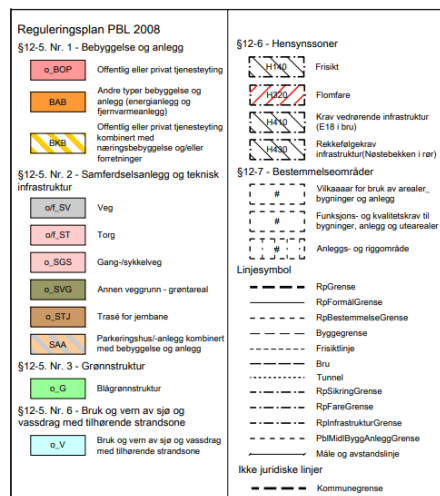
Innenfor de angitte områdene skal tiltaket dimensjoneres for flom og stormflo, angitt i del b):

- b. Byggverk og tiltak under angitte kotehøyder skal kunne tåle å bli utsatt for flom og stormflo.

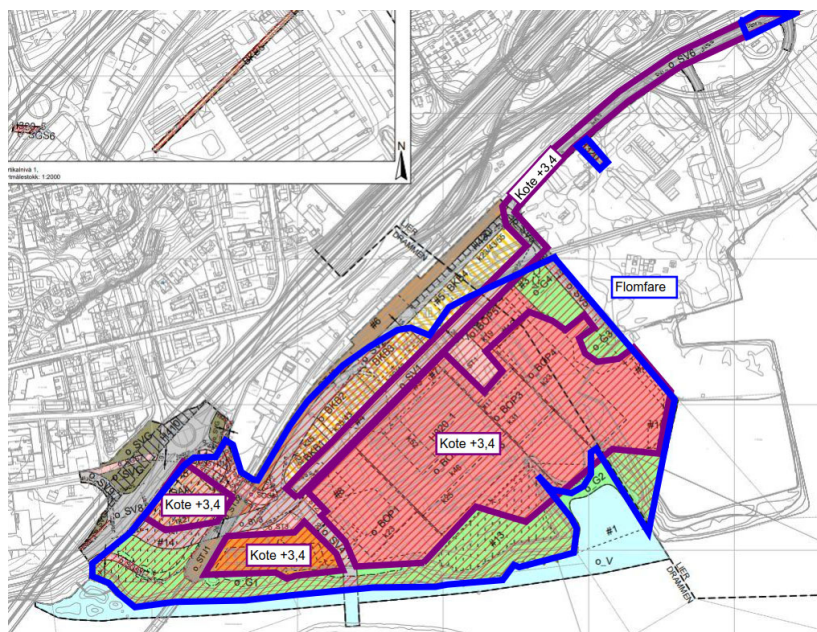
Figur 2 Fra reguleringsbestemmelser Plan Id. 409/504-901-42-02 kap 5.6 av 14.08.2019

Beregningsgrunnlag for å vurdere konsekvenser av flom vurderes da ut fra kravet til stormflomnivåer angitt til kote +3,4.

Områdene dette gjelder er angitt reguleringsbestemmelser og reguleringskartet:



Figur 3 Tegnforklaring til detaljreguleringskart av 07.08.2019



Figur 4 Oversikt over område med omfang av flom og tiltaksområder til kote +3,4 fra detaljreguleringskart dato 07.08.2019

2.7.1 7-3 Sikkerhet mot skred

Ut fra faresonekart fra NVE er det ikke kartlagt noen fare for snøskred og steinsprang. Lokal fare for steinsprang i anleggsperiode eller for permanent fjellsikring skal ivaretas av ingeniørgeologisk detaljprosjektering.

Det er påvist kvikkleire på tomten og områdestabilitet er kontrollert i rapport [1]. Kontrollen viser at det ikke fare for kvikkleireskred på tomten.

2.8 Kontroll av prosjektering iht. NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016

§10: Dokumentasjon for oppfyllelse av systemkrav.

Rambølls kvalitetssystem er sertifisert i henhold til NS-EN ISO 9001:2008 og NS-EN ISO 14001:2004 og tilfredsstiller alle krav i disse standardene som er relevante for virksomheten.

§14-2: Obligatoriske krav om uavhengig kontroll.

Iht. SAK 10 §14-2 er prosjektet underlagt uavhengig kontroll for blant annet fagområdet geoteknikk.

Uavhengig kontroll utføres av et annet godkjent foretak etter gjeldende veileder.

Eurokode 0 [1] gir føringer for krav til prosjekterings- og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse. Planlagt tiltak med lettfylling vurderes å være i pålitelighetsklasse CC/RC 3 Eurokode 0 [2] henhold til tabell NA.A1 (902) og tabell NA.A1 (902, gir videre føringer for krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll;

Pålitelighetsklasse CC/RC 3 tilsvarer minimum prosjekteringskontrollklasse **PKK3**, som medfører krav til egenkontroll (DSL1), intern systematisk kontroll (DSL 2) og utvidet kontroll (DSL 3). Intern systematisk kontroll i PKK3 omfatter kontroll av analysemodeller, parametere og beregninger. Utvidet kontroll omfatter kontroll som bekrefter at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket.

Pålitelighetsklasse CC/RC 3 tilsvarer minimum utførelseskontrollklasse **UKK3**, som medfører krav til egenkontroll (IL1), intern systematisk kontroll (IL 2) og utvidet kontroll (IL 3). Intern systematisk kontroll omfatter intern, systematisk og regelmessig kvalitetskontroll av utført arbeid med faste rutiner i foretaket. Utvidet kontroll innebærer kontroll som bekrefter egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det utførende foretaket. Det utførte arbeidet skal i tillegg kontrolleres tilstrekkelig slik at arbeidet kan anses som tilfredsstillende.

For prosjekt i tiltaksklasse 3 samsvarer kravene til kontroll av prosjektering og utførelse i Eurokode med kravene gitt i SAK10.

3 Grunnforhold

3.1 Topografi

Dagens terreng ligger på mellom kote +1,2 til + 1,7 i det berørte området. Terrengtet faller mot sørvest mot krysset mellom Helsegata og Sykehusveien. Nordøst for Helsegata flater terrenget ut på ca. kote +2,0. Området er tidligere bebygd og planert ut.

3.2 Løsmasser

Området er kartlagt i tidligere faser og det er utført grunnundersøkelser [3], [4], [5], [6] og [7]. Grunnundersøkelsene viser fyllmasser, sand og grus fra terreng i dybde 0 til ca. 3 meter. Området er stedvis masseutskiftet med steinmasser. Naturlige masser består av leire med stor mektighet, 15 til 60 meter, og stedvis sprøbruddmateriale/kvikkleire i sonderingspunktene. Stedvis er det påtruffet morene over berg.

3.3 Berg

Berg er påvist i kote -83 i sørvest og kote -13,5 i nordøst. Dette tilsvarer dybde fra opprinnelig terreng 16 til 86 meter til berg.

3.4 Grunnvannsnivå

Det er vurdert at grunnvannsnivået vil spille inn for bygging av lettfylling og ved å dimensjoner fylling for oppdrift.

For byggefase er det planlagt at utgraving må kunne gjennomføres i en drenert situasjon. Det er ikke planlagt dype utgravinger under vann. For å kontrollere dette er det utført målinger og observasjoner på tomten av grunnvannsnivå. Det er utført prøvegravinger og poretrykksmålinger i området. Grunnlag for vurdering av grunnvannsnivået er hentet fra poretrykksmålere i datarapport [3]. Målere i R1, R4 og R9 er hydrauliske målere avlest i 2019. Det som er målt vurderes som en variasjon i normalvannstand.

Tabell 1 Grunnvannstand fra hydrauliske pizometre

Punkt	Dybde piezometer	Avlest kote grunnvann 11.10.19	Avlest kote grunnvann 01.11.19
R1	6,5	+0,46	+0,44
R4	6,5	+1,06	+1,41
R9	6,5	+2,14	+2,36

Figur 5 Utsnitt av rapport 1350036003-1 poretrykksmålinger

Det er i tillegg utført prøvegravinger på området. Det er gravd 7 stk prøvegroper langs fra Sykehusgata opp Helsegata frem til Nøstbekkveien. Det er observert og målt inn grunnvannsnivå i en korttidssituasjon. Det er vurdert at dette tilsvarer et korttids nivå som grunnvannet vil ha ved utgraving av traubunn.



Figur 6 Oversikt over prøvegroper med innmåling av grunnvannsnivå

Prøvegroper	X	Y	GVN (moh)
PG1	1194144.645	84929.168	+0.5
PG2	1194214.929	85009.537	+0.7
PG3	1194273.537	85075.343	+1.5
PG4	1194297.268	85099.881	+1.2
PG5	1194367.81	85181.623	+1.25
PG6	1194343.712	85125.414	0
PG7	1194264.467	85041.605	+1.4

Figur 7 Oppsummering av prøvegraving og innmåling av normal grunnvannstand EUREF89 NTM10

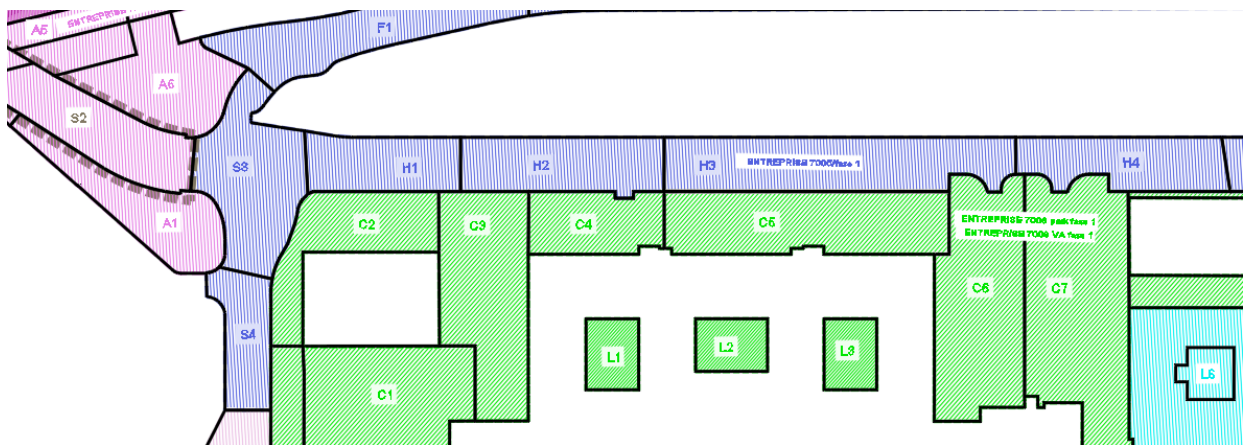
Det er vurdert fra disse innmålingene og observasjonene en forventet høyde på grunnvannsnivået i en byggesituasjon, vist i Figur 8.

I reguleringsbestemmelsene [8] er det angitt at høyeste dimensjonerende nivå ved 1000 års flom vil ligge i kote +3,4. Dette benyttes som maksimalt nivå for vurdering av oppdrift av lettfylling. Se Figur 8.

Grunnvannstand for vurdering av lettfylling						
Entreprise	Område	Entreprise	Område	Normal grunnvannstand (moh)	Korttids grunnvannstand, anleggsperioden (moh)	Maksimal dimensjonerende stormflom nivå for oppdrift (moh)
7005	H4	7009	C8	1.3	1.3	3.4
7005	H4	7009	C7	1.3	1.3	3.4
7005	H3	7009	C6	1.3	1.3	3.4
7005	H3	7009	C5	1	1.3	3.4
7005	H2	7009	C4	0.5	1.3	3.4
7005	H2	7009	C3	0.5	1	3.4
7005	H1	7009	C2	0	0.5	3.4
7005	S3	7009	C2	0	0.5	3.4
7005	S4	7009	C2	0	0.5	3.4

Figur 8 Oversikt over valgte høyder på grunnvannsnivåer benyttet i vurdering av lettfylling

Områdeoppdeling er vist i Figur 9.



Figur 9 Områdeoppdeling for LARK og VEi områder

4 Tverrfaglige forutsetninger til toleranser og setninger

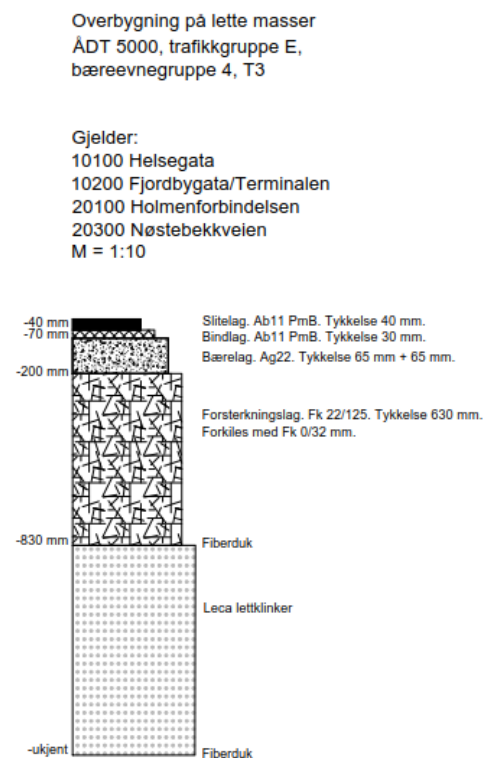
De ulike fagene har angitt hvilke krav de har satt til setninger på grunn. Dette er oppsummert i notat av 12.01.2021 [10]. Full oversikt er gitt i notatet.

Fag	Maks toleranse skjevsetning cm Pr1m, 10m, 100m			Maks toleranse totalsetning cm Pr1m-10m-100m		
Vei	0,25	2,5		0,25	2,5	
VA	0,25	2,5	25	0,25	2,5	25
Lark	0,25	2,5		0,25	2,5	
VVS (fjernvarme)						
El	0,35	3,5	35	0,35	3,5	35

Figur 10 Oppsummering av krav til setninger fra Vei, VA, Lark, VVS, El

4.1 Veioverbygning

Det skal benyttes minimum veioverbygning lik 0,83 meter over lettfyllingen.



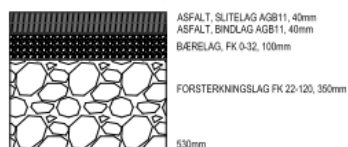
Figur 11 Fra tegning F07 Krav til veioverbygning på lettemasser

4.2 LARK

Tegning Utenomhus overbygning viser oppbygging og lagtykkelser for LARK områdene. Oversikt over ulike områder som er plassert hvor er gitt i tegning NSD – Overbygning LARK

BELEGG

ASFALT / kjørearealer/ gangarealer
(DK adkomstveier)



ASFALT / Servicegården/ buss
(DK samleveier >1000ÅDT)

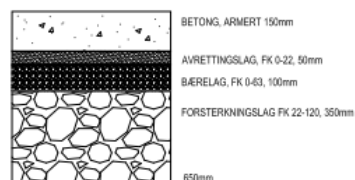


GRANITTBELEGG / p-plasser, gående



Figur 12 Overbygning LARK

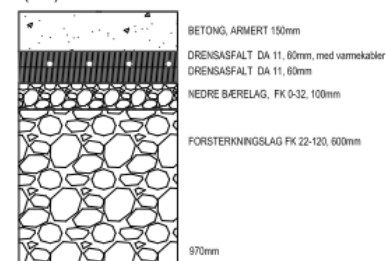
BETONG (foran CO2 tank)



BETONG med gatevarme/ gående
(DK)

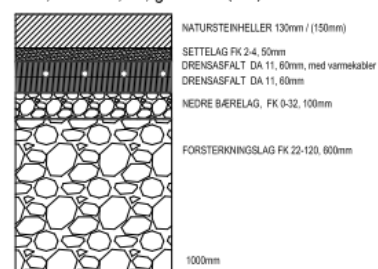


BETONG med gatevarme / buss, trailere
(DK)

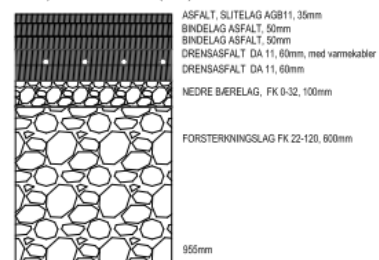


Figur 13 Overbygning LARK

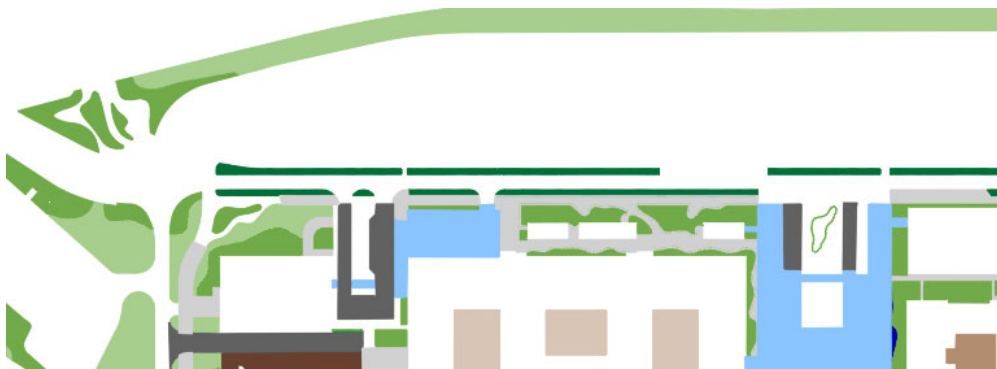
GRANITTBELEGG med gatevarme
buss, brannbil, bil, gående (DK)



ASFALT med gatevarme/ trailere,
buss, ambulanse (DK)



Figur 14 Overbygning LARK

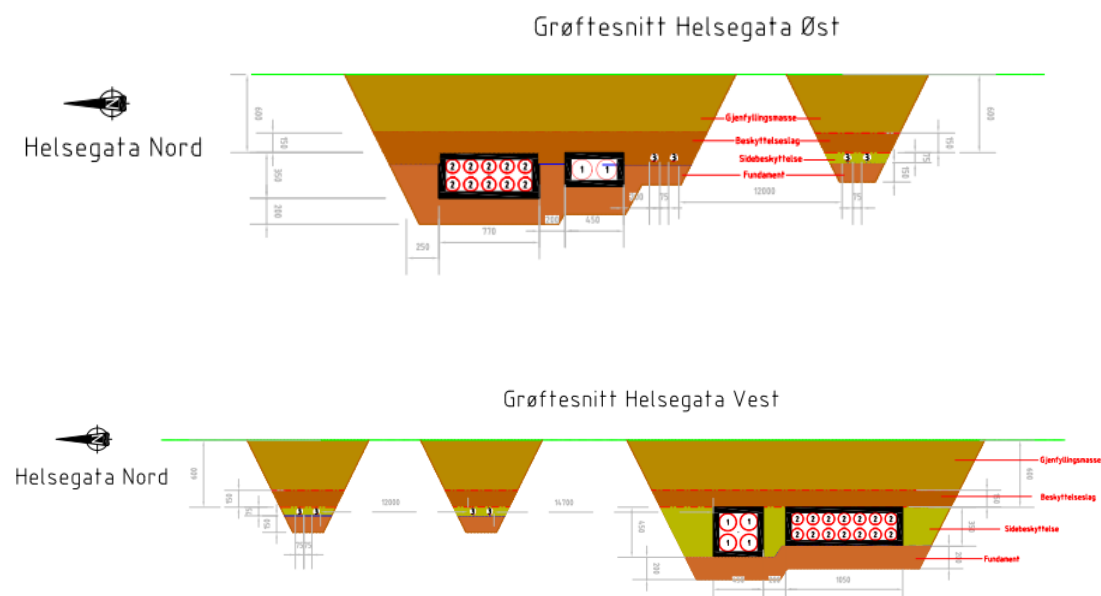
**Figur 15 Fra modellfil - NSD Overbygning LARK**

LL_Oppfylling_Asfalt_530mm	209,209,2...
LL_Oppfylling_Asfalt_tung_860mm	97,97,97
LL_Oppfylling_atriene_kote 3.35	216,197,1...
LL_Oppfylling_atriene_PHR_kote 3.00	178,141,1...
LL_Oppfylling_beleggningsstein_630m	217,99,199
LL_Oppfylling_Betong_gatevarme_tung_970mm	105,64,48
LL_Oppfylling_eng_550mm	167,206,1...
LL_Oppfylling_fallunderlag_600mm	243,227,1...
LL_Oppfylling_Granitt_gatevarme_1000mm	138,196,2...
LL_Oppfylling_Granitt_gående_680mm	150
LL_Oppfylling_grus_550mm	172
LL_Oppfylling_planter_650mm	113,171,73
LL_Oppfylling_trær_1150mm	0,112,56

Figur 16 Lagdeling - NSD Overbygning LARK

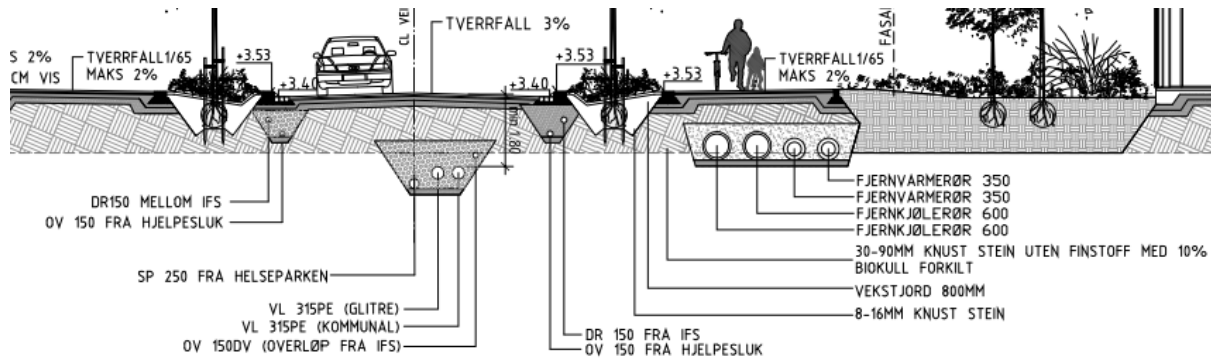
4.3 Grøfter for EL

Det skal benyttes 0,15 meter under og 0,3 meter over rørtrase med beskyttelseslag av egnede masser.

**Figur 17 Tverrsnitt av RIE grøfter i Helsegata**

4.4 Grøfter for VA

Plassering av VA rør er angitt på tegning 1600 00 00 L 70 40 002 Teknisk snitt Helsegata – Snitt A&B:



Figur 18 Utsnitt av tegning 1600 00 00 L 70 40 002

4.5 Bæreevnegruppe

Lettfylld har ifølge V221 Figur 2-4-2 angitt bæreevnegruppe 3 for overbygningen.

5 Oversikt over setninger og krav materialer

5.1 Beregnede setninger med oppfylling med steinmasser

Det er, i starten av prosjekteringen, utført egne vurderinger av setninger med planlagt oppfylling på dagens terreng med fyllmasser av steinmateriale og noen grad med forbelastninger [1]. Beregningene er utført for et begrenset antall profiler fordelt rundt tomten. En grov vurdering av forventede setninger innenfor tomten er deretter utført basert på antagelser for høyde og varighet av forbelastningene. En oversikt over resultatene er vist i Figur 19. Beregningene viser mellom <8 til 32 cm setninger. Videre i prosjektering er det kommunisert av Sykehusbygg at forbelastningene som var forutsatt i [1] mellom sykehuset og Drammen Helseparken er i stor grad ikke praktisk gjennomførbare slik at enda større setninger enn vist i Figur 19 kunne forventes ved oppfylling med fyll/stein-masser. Det er derfor konkludert at oppfyllingene mellom Sykehuset og Drammen Helseparken må kompenseres med bruk av masseutskifting med lette masser. Med masseutskiftingen som er planlagt og prosjektert i dette notatet forventes det setninger i størrelsesorden opp til 8-10cm i området mellom sykehuset og Drammen Helseparken istedenfor det som er presentert i Figur 19.



Figur 19 Beregnede setninger med opprinnelig strategi basert på tidlig oppfylling/forbelastning med stein masser [1]. Med denne metoden overstiges toleransekrav fra [10] i store deler av Helsegata. Strategi er derfor endret til kompensert fylling.

5.2 Kompensert fylling – vurderingsgrunnlag

Det er benyttet beregningsmetode og referanse data fra håndbok V221 kapittel 2.4 Fyllinger av lette masser for beregninger av kompensert lettfylling og oppdrift på lettfylling. Hensikten med lettfyllingen er at det skal tilføres så lite som mulig tilleggslast på grunn. Det er derfor viktig at nivåer og tykkelser på lagdeling i beskrivelse følges.

Det er vurdert lett fylling med lettklinker og skumglass. Det er ikke vurdert EPS i denne sammenheng. Overbygning er i angitt etter vurdering av VA, VEI og LARK.

Egenskaper for lettklinker og skumglass i henhold til Figur 2-4-2 er benyttet i beregningene.

5.3 Materialeegenskaper for lettfylling og faglige forutsetninger til beregningsgrunnlaget

Dimensjonerende egenvekt veioverbygning er vurdert til 19 kN/m^3 . Egenvekt til naturlige masser som skal graves bort for veifylling er satt til 19 kN/m^3 . Det er vurdert i henhold til V221 Kapittel 2.4.2.7 [5] nødvendig tykkelse på lettfylling for lettklinker og skumglass.

Det er tatt opp i reguleringsbestemmelsene at det kan finnes eksisterende konstruksjoner i grunnen i området. Kjente konstruksjoner er lagt inn i prosjektets modell, i byggefasen er en del av disse konstruksjonene fjernet i forbindelse med byggearbeider.

5.3.1 Skumglass

For dimensjoner over grunnvannstand er det benyttet egenvekt $4,0 \text{ kN/m}^3$ for utlagt komprimert lettfylling.

5.3.2 Lettklinker

For dimensjoner over grunnvannstand er det benyttet egenvekt $5,5 \text{ kN/m}^3$ for utlagt komprimert lettfylling.

5.4 Oppdrift på lettemasser som er helt neddykket

5.4.1 Skumglass

Under grunnvannstand for beregning av oppdrift er det oppgitt egenvekt $3,5 \text{ kN/m}^3$.

5.4.2 Lettklinker

Under grunnvannstand for beregning av oppdrift er det oppgitt egenvekt $5,5 \text{ kN/m}^3$.

6 Kompensert fundamentering - beregninger

Nødvendig masseutskifting av lettklinker og skumglass er vurdert ut fra overbygningstykkelser, dagens terrengnivå, grunnvannsnivå og dimensjonerende maksimalt flomnivå. I området som er vurdert vil overdekning variere for vei og lark avhengig av bruksformål vist i kapittel 4. Dagens terrengnivå er vurdert for å kunne beregne tykkelse på lettfylling og tilleggsbelastning nytt terreng vil medføre. Grunnvannsnivå er vurdert fra observasjoner og målinger. Det er vurdert hvordan masseutskifting vil kunne gjennomføres med hensyn til graving med hensyn til grunnvannsnivået. I tillegg er det vurdert oppdrift fra dimensjonerende maksimal stormflo angitt i reguleringsbestemmelsene.

Der hvor hele overbygning + deler av underbygning ligger over dagens terreng gir dette en tilleggslast. Denne lasten må kompenseres med lette masser under dagens terreng. Det vil si at det er lagt inn lettfylling under overbygning og over dagens terreng for å få så lite tilleggslast som mulig. Denne lasten brukes til å regne tykkelse på lettfylling under dagens terreng. Total tykkelse lettfylling blir da lettfylling over og under dagens terreng.

6.1 Forutsetninger for lettfylling

For å kunne gi en anbefaling til en komprimert fylling er det gjort noen forutsetninger.

- Området som skal bygges kompensert er delt opp i delområder. Delområdene er bestemt tilsvarende områder for utførelse. Se Figur 9.
- Hvert delområde er vurdert med hensyn på overbygningstykkelser, dagens terrengnivå, grunnvannsnivå og dimensjonerende flomnivå for oppdrift av lettfylling.
- Det er vurdert i hvert delområde gjennomsnittlig av tykkelse på overbygningen for å kunne vurdere en mest mulig gjennomførbar og byggbar løsning. Ut mot sidekanter er det vurdert graveskåninger 1:2 og i delområder som har forskjellige lagtykkelse er overgang angitt med maksimalt hellning 1:2
- Tykkelse av overfyllingsmasse er enkelte steder økt i forhold til hva som er satt som krav under hvert fagområde. Dette er gjort for å fordele belastning og tilpasse utførelse av lettfyllingen. Dette vurdert som mest hensiktsmessig for planlegging og bygging og mer økonomisk enn å øke tykkelse på lettfylling.

6.2 Oppdrift

Det er vurdert at grunnvannsnivået må hensyntas ved bygging av lettfylling og ved å dimensjonere fylling for oppdrift. For byggefase er det planlagt at utgraving må kunne gjennomføres i en drenert situasjon. For å kontrollere dette er det utført målinger og observasjoner på tomten av grunnvannsnivå. Det er utført prøvegravinger og poretrykksmålinger i området angitt i kapittel 3.4. I reguleringsbestemmelser er det angitt at høyeste flomnivå ved 1000 års stormflo med klimapåslag for år 2100 vil ligge på kote +3,4 for område som befinner seg øst for akuttmottaket. For området vest for akuttmottaket er det benyttet flomnivå tilsvarende flomnivå for 200 årsflom med klimapåslag kote +2,2 og +2,5. Beregnet oppdrift for skumglass fylling er vist i Figur 21.

6.3 Nivåer og høyder på lettfylling

6.3.1 Skumglass

Det er benyttet beregningsmetoder etter V221 Kap. 2.4 Lettfylling

Kontroll av likevekt er kontrollert med å sammenligne dagens effektivspenning med ny belastning på traubunn for oppfylling. Hensikten med lettfyllingen er at det skal tilføres så lite som mulig tilleggslast på grunn. Dette på grunn av vanskeligheter med å legge ut lettfylling under grunnvannsnivå i anleggsfasen som begrense hvor dypt man kan grave/legge ut lettklinker/skumglass.

Dimensjonerende tykkelseoverbygning og skumglass etter V221 Kap. 2.4														
Områdeinndeling	A1	A6	S3	S4	H1	C2	H2	C3	C4	H3	C5	H3-H4	C6-C7	H4
Minimum tykkelse til VEI overbygning (m)	-	-	0.83	0.83	1.00	-	1.20	-	-	1.20	-	1.1	-	1.1
Dimensjonerende tykkelse skumglass fylling for VEI (m)	-	-	1.2	1.2	1.8	-	2.20	-	-	2.20	-	1.80	-	1.80
Minimum tykkelse til LARK overbygning (m)	0.55	0.7	-	-	-	1	-	1.2	1.2	-	1.2	-	1.1	-
Dimensjonerende tykkelse skumglass fylling for LARK (m)	0.7	0.7	-	-	-	1.8	-	2.2	2.2	-	2.2	-	1.9	-

Figur 20 Beregnede verdier for minimum tykkelse av overbygning og lettfylling

6.3.1.1 Volum

Volum skumglassfylling er hentet ut fra modell beregnet på bakgrunn av Figur 20.

6.3.1.2 Kotenivåer

Fra LARK og VEI modell er det hentet ut topp terrengnivå. Ette beregnede nødvendige lagtykkelser er da laget en oversikt over kotenivåer for underkant overbygning og skumglassfylling.

Dimensjonerende tykkelse overbygning og skumglass etter V221 Kap. 2.4														
Områdeinndeling	A1	A6	S3	S4	H1	C2	H2	C3	C4	H3	C5	H3-H4	C6-C7	H4
Dagens terreng	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7	1.7	1.7
Fremtidig terreng	2.0	2.0	2.3	2.3	3.0	3.0	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.5	3.6	3.5
UK overbygning fag	1.45	1.35	1.47	1.47	2.17	2.32	2.67	2.64	2.60	2.77	2.60	2.67	2.60	2.67
UK overbygning	1.45	1.35	1.47	1.47	2.00	2.00	2.30	2.30	2.40	2.40	2.40	2.40	2.50	2.40
UK utskifting	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.6	0.6	0.6
Sikkerhetsfaktor for oppdrift. Krav >1.1	1.39	1.56	1.31	1.31	1.12	1.12	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.19	1.15	1.19
Spenningsøkning [kPa]	-1.06	-1.1	-2.2	-2.2	1.5	1.5	6.52	6.5	8	9.94	9.9	8.72	10.26	9.86

Figur 21 Oversikt over traubunn overbygning og skumglassfylling med sikkerhetsfaktor for oppdrift

6.3.2 Lettklinker

Det er utført tilsvarende beregninger for lettklinker. Det er vurdert lagtykkelser på lettfylling og traubunnsnivåer. Lettklinker har en større egnevekt og den har noe større absorberingevne av

vann enn skumglass og det medfører større utgravingsdybder for traubunn lettfylling. Beregningene viser da at nivå for lettklinker vil ligge i store deler av området under normalvannstand i området kote 0 til -0,4 tilsvarende 1 til 1,5 meter under normalvannstand. Det er ikke videre vurdert med løsning med lettklinker.

7 Gjennomføring av arbeidene

7.1 Skumglass

7.1.1 Volum

Ved utlegging og komprimering kan det forventes en komprimeringsfaktor på 1,2–1,3 definert som forholdet mellom utlagt volum dividert på teoretisk volum, men høyere komprimeringsfaktorer er målt der det har foregått anleggstransport i noe omfang direkte på skumglasslaget før utlegging av overbygning.

7.1.2 Lagtykkelser overbygning

Skumglasslaget betraktes som undergrunn, og overbygningen dimensjoneres etter bærevnegruppe 3. Tykkelsen av overbygning skal normalt ikke være mindre enn 50 cm.

7.1.3 Lagtykkelser skumglassfylling

For skumglass anbefales masseutskiftes fra 0,7 til 1,4 meter under dagens terreng. Nødvendig overbygning over lettfylling minimum tykkelse VEI er 0,83 til 1,2 meter i veiområde , S3, S4, H1 – H4. Nødvendig overbygningstykkelse LARK er 0,55 til 1,2 meter i LARK områder A1, A6, C1 – C7. Se Figur 20.

Fiberduk av klasse 3 benyttes for å separere skumglasslaget fra over og underliggende lag.

For utlegging og komprimering av materialet bør det benyttes gravemaskin eller lett doser med beltertrykk ≤ 50 kPa eller vibroplate med vekt 50–200 kg og 50–100 kg i grøfter. Anleggstrafikk med lastebiler og hjullastere direkte på skumglasslaget må unngås da dette ellers vil føre til nedknusing av materialet. NS3458 angir anbefalt komprimering av lette masser som vist i tabell Figur 2-4- 25.

	Lett fyllmasse	Frostsikringslag	Grøfter
Beltegående utstyr	≤ 50 KPa	≤ 50 KPa	
Vibroplate	50 – 200 kg	50 – 200 kg	50 – 100 kg
Maksimal lagtykkelse før komprimering			
- Beltegående utstyr	1.0 m	0.6 m	
- Vibroplate	0.6 m	0.6 m	0.3 m
Antall overfarter			
- Lett komprimering	2	2	2
- Normal komprimering	2	2	4

Figur 2-4- 25 Anvisninger for utlegging og komprimering av skumglass

Figur 22 Fra NS3458 - Komprimering

Skumglass kan legges ut med en maksimal helning på 1:1. Lettklinker fylles ut i maksimalt 1 m tykke lag. En doser med beltetrykk på maksimalt 50 kN/m² planerer massene i fyllingen. Etter at massene er planert ut skal hvert lag komprimeres med 3 overfarter med doseren.

Utkiling langs vei på tvers av lengderetning utføres 1:2 og i lengderetning med 1:20. Utkiling internt på område med forskjellig lagtykkelse utkiles med 1:2.

7.2 Anlegg tekniske forhold

Traubunn antas på friksjonsmasser. Der det blir stående vann over traubunn under anleggsgjennomføringen må det påregnes behov for vannlensning for å holde trauet tørt under utlegging av lette massene.

Utlekkingen må utføres seksjonsvis med umiddelbar utlegging av et overdekningslag på minst 500mm over de lette massene for å redusere risiko for utflytning av massene.

Ved vinterarbeid er det spesielt viktig å påse at trauet er fritt for frost, snø og is. Det er nødvendig med god driftsplanlegging og kontinuitet i fremdriften. I tillegg er det viktig med god oppfølging og dokumentasjon av kontrollarbeidet.

For områder hvor det kun skal ferdes gående er et dekningslag av pukk med tykkelse 100 mm tilstrekkelig for å oppnå nødvendig bæreevne. For transport av biler på lettklinkerlaget vil et pukklag av 150 mm tykkelse gi tilstrekkelig bæreevne.

VA-ledninger som skal ligge dypere enn traubunn bør etableres før endelig utgraving, fra et midlertidig gravenivå 1 – 2 m over traubunn. Dersom det påtreffes bløt leire på traubunn under VA-ledninger bør det vurderes å støpe en magerbetong både under og over ledningene.

7.3 Kontroll av lettfylling

- Massene skal være fri for frost, is og snø og traubunn skal være frostfri.
- Fiberduk skal kontrolleres er av riktig klasse
- Produsenten av skumglass skal dokumentere, senest ved avtale om leveranser til anlegget, at bedriften har et tilfredsstillende opplegg for kvalitetssikring ved produksjon av varen som tilbys.
- Densiteten kan kontrolleres ved at materialet fylles løst i bøtte med kjent volum ca. 20 l. Skumglasset ristes lett uten komprimering og strykes av med stållinjal og veies.
- Det tas ut representative prøver for å måle vanninnholdet for beregning av tørr densitet som kontrolleres mot oppgitt densitet.
- Minimum en prøve pr 5000 m³ lettfylling etter V221 Kap 2.4.3.

8 Referanser

- [1] RNS (Rambøll, Norconsult, Søren-Jensen), «Vurdering av fremtidige setninger pga. oppfylling på NSD tomte, NSD-8202-G-NO-0014,» 13.10.2020.
- [2] Norconsult , «Beregningsnotat stabilitet og vurdering av områdestabilitet NSD-8202-G-NO-0004,» 2018.
- [3] Standard Norge, «NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner,» 2016.
- [4] Rambøll Norge AS, «Datarapport grunnundersøkelser - Drammen Helsepark 1350036003-1,» 2019.
- [5] Rambøll Norge AS, «Datarapport grunnundersøkelser Drammen Helsepark 1350036003-2,» 2020.
- [6] Multiconsult, «Supplerende grunnundersøkelser for Nytt Vestre Viken sykehus på Brakerøya 814290-RIG-RAP-001,» 2015.
- [7] Rambøll Norge AS og Norconsult , «NSD-8202-G-RA-0001-03-A Datarapport supplerende grunnundersøkelser,» 2019.
- [8] Rambøll Norge AS, «Datarapport grunnundersøkelser - Drammen Helsepark 1350041449,» 2020.
- [9] Drammen og Lier kommune, «BESTEMMELSER TIL Detaljregulering for Nytt sykehus i Drammen – med Drammen Helsepark,» 14.08.2019.
- [10] PNSD V/Tormod Sola, «NOTAT,» 2021.
- [11] Multiconsult AS, «Nytt Vestre Viken Sykehus, Beregningsnotat, stabilitetsberegninger 126952-2-RIG-NOT-002,» 2017.
- [12] NGI, «Tredjepartsevaluering av områdestabilitet 2160413-02-TN,» 2017.