

Beregnet til  
**Konkurransesgrunnlag**

Dokument type  
**Rapport**

Dato  
**20.05 2020**

# SPELHAUGEN DEPONI KARTLEGGINGSPROGRAM



## **SPELHAUGEN DEPONI KARTLEGGINGSPROGRAM**

Oppdragsnavn **Deponi Spelhaugen – kartleggingsprogram**  
Prosjekt **Områdereguleringsplan Spelhaugen**  
Mottaker **Bergen kommune**  
Dokument type  
Versjon **3**  
Dato **20.05 2020**  
Utført av **Ingunn Kristin Forfang, Michel Brunes Berg, Mari Isellin Lilleng, Øyvind Hole, Dorthe Harrekilde og Gunhild Flaamo**  
Kontrollert av **Bente Karlsen og Hans-Kristian Jacobsen**  
Godkjent av **Ingunn Kristin Forfang og Gunhild Flaamo**  
Beskrivelse **Sammenstilling av tidligere undersøkelser og forslag til supplerende undersøkelser**

Rambøll  
Folke Bernadottes vei 50  
PB 3705 Fyllingsdalen  
5845 Bergen

T +47 55 17 58 00  
F +47 55 17 58 10  
<https://no.ramboll.com>

## INNHALDSFORTEGNELSE

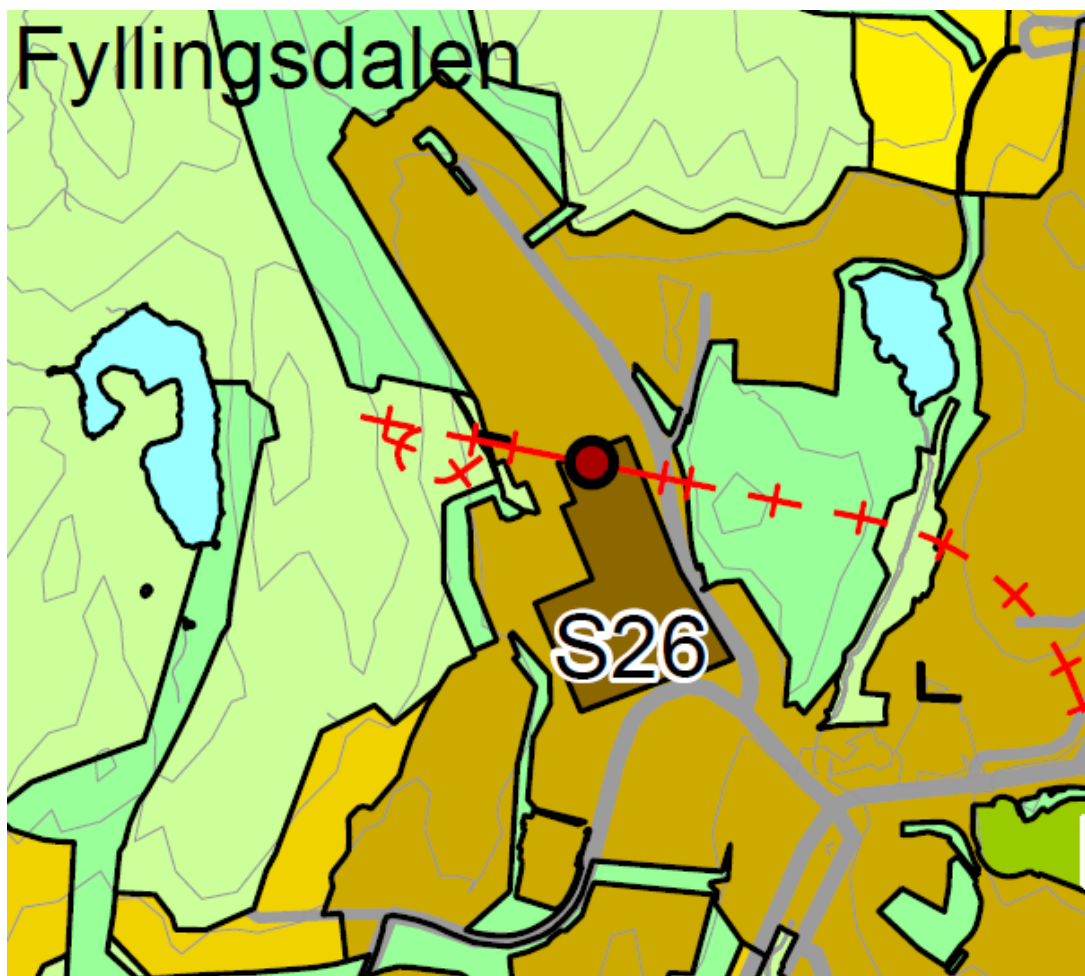
<b>1.</b>	<b>Bakgrunn</b>	<b>2</b>
1.1	Innledning	2
1.2	Historikk om deponiet	3
<b>2.</b>	<b>Tidligere undersøkelser</b>	<b>6</b>
2.1	Miljøtekniske grunnundersøkelser	6
2.2	Geotekniske grunnundersøkelser	10
2.3	Prøvetaking vann	11
2.3.1	Bekk gjennom deponiet	11
2.3.2	Grunnvann	14
2.4	Kartlegging av deponigass	15
2.4.1	Gassmålinger i borehull og bygninger	15
<b>3.</b>	<b>Supplerende prøvetaking</b>	<b>17</b>
3.1	Grunnundersøkelser	17
3.2	Vannovervåkning	18
3.2.1	Beskrivelse av vannstrøm	18
3.2.2	Prøvetakingspunkter	18
3.2.3	Analyser	20
3.2.4	Prøvetakingsplan	21
3.3	Deponigass	22
3.3.1	Kartlegging av gass i grunnen	22
3.3.2	Gjennomføring av gassmålinger	23
3.3.3	Kartlegging i bygg	24
3.3.4	Tilbakeføring av området	25
<b>4.</b>	<b>Referanser og vedlegg</b>	<b>26</b>
4.1	Referanser	26
4.2	Vedlegg	26

## 1. BAKGRUNN

### 1.1 Innledning

Bergen kommune er i gang med å utarbeide en områdereguleringsplan for Spelhaugen i Fyllingsdalen. Spelhaugen er i kommuneplanen avsatt som sentrumskerne S26 og byfortettingssone BY, og målet med områdeplanen er å utvikle området til et urbant og tettbygd nærings- og boligområde.

Deler av Spelhaugen var i perioden 1962-1970 brukt til avfallsdeponi.



**Figur 1. Utsnitt av kommuneplanens arealdel KPA 2018. Den sørlige delen av Spelhaugen er satt av til sentrumskerne, mens den nordlige delen er avsatt til byfortettingssone.**

Angarde AS er en stor grunneier i Spelhaugen og samarbeider tett med kommunen om planarbeidet. Angarde AS sine planer innebærer riving av deler av eksisterende bygningsmasse og oppføring av nye bykvartaler med næring, boliger og barnehage.

I forbindelse med planarbeidet har Rambøll bistått utbygger Angarde AS med geotekniske og miljøtekniske grunnundersøkelser, samt en innledende undersøkelse av deponigass i området. Som et resultat av dialogen mellom utbygger og kommunen har Rambøll utarbeidet dette dokumentet som sammenstiller tilgjengelig historisk informasjon og resultater fra tidligere

undersøkelser. Videre er det foreslått supplerende prøvetaking for å få tilstrekkelig grunnlag for å vurdere nødvendige tiltak før utbygging av området.

Flyfoto over det antatte gamle deponiområdet er vist i Figur 2.



**Figur 2. Utsnitt kart over området. Antatt deponiområde ligger innenfor den røde figuren. Kartkilde: Finn.no**

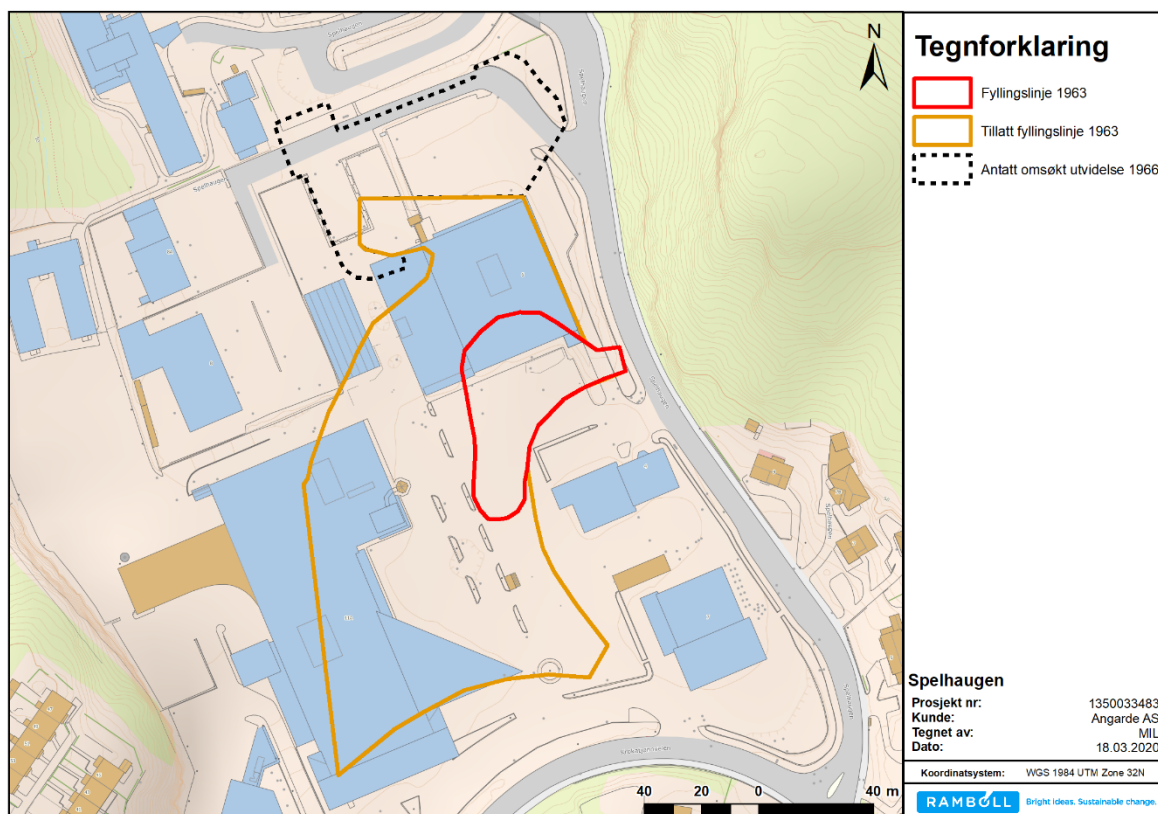
## 1.2 Historikk om deponiet

Historikken til deponiet er basert på dokumenter i form av tillatelser, korrespondanse mellom grunneier, kommunen/miljømyndigheter, naboer og annen informasjon som er funnet i byarkivet. Noe informasjon er gitt muntlig av utbyggere av området etter deponiet ble avsluttet. Det vil bli viktig å bekrefte/ avkrefte informasjonen gjennom de supplerende undersøkelsene.

### Etablering av deponiet i 1962

Deponiet på Spelhaugen ble etablert av Bergen kommune i mai i 1962, da deponiet på Slettebakken var i ferd med å bli fullt. Grunneier Gustav Sælen avsto deler av sin eiendom til etablering av deponiet (se oransje deponilinje i figur 3). Området besto av myr, og bekken som gikk over myra fra nordvest til sørøst ble lagt i rør.

Det ble i første omgang gitt tillatelse for 5 år og deponering på et areal på 19 000 m<sup>2</sup>. Ut fra en planlagt fyllingshøyde begrenset til kote + 41,5 var det beregnet å være plass til 28 000 m<sup>3</sup> i første deponitrinn. Figur 3 viser opprinnelige deponigrenser gitt i tillatelsen. Rød linje viser hvor mye som var deponert i 1963 etter 1 års drift, oransje viser tillatt fyllingslinje iht. tillatelse av 1962.



**Figur 3: Kart som viser fyllingsgrensene da første tillatelse ble gitt. Rød strek viser området som var utfyllt i 1963, oransje strek viser området tillatelsen gjaldt for. Svart stiplet linje viser antatt omsøkt utvidelse i 1966.**

#### Avfallstyper og mengder

I hovedsak var det sikterest (ca. 10 000 m<sup>3</sup> pr år) fra Danoanlegget som skulle deponeres. I Danoanlegget ble avfallet lagt til gjæring før det ble malt og siktet. Hovedandelen ble en slags kompost som var planlagt solgt til bl.a. Park og kirkegårdsvesenet. Sikteresten besto av glass og slagg, samt organisk avfall i form av lær, gummi, plast og tekstiler. Det organiske avfallet brytes ned i en langsom prosess i deponiene, og bidrar blant annet til produksjon av deponigass.

#### Utvidelse

Allerede i 1966 ble det søkt om utvidelse av deponiet, nordover fra oppstartsområdet. Det ble her antatt å være plass til 30 000 m<sup>3</sup>. I Figur 2 er antatt område for utvidelse vist med stiplet svart linje

Deponiet antas avsluttet i 1969-70. Dette er basert på muntlig informasjon fra utbyggere av området som startet utbygging i 1970-1971. De oppgir at all deponering på dette tidspunktet var avsluttet (Angarde).

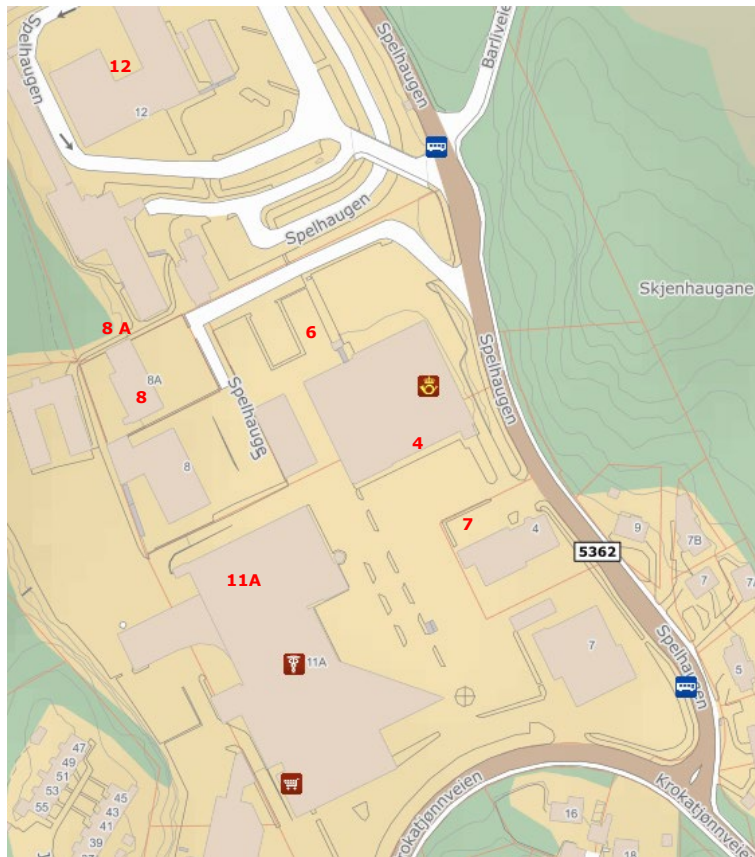
#### Totale mengder

Ut fra ovenstående opplysninger antas at det i perioden 1962 – 1970 er deponert mellom 60 000–100 000 m<sup>3</sup> avfall. Det ble ikke etablert noe tildekkingslag over deponimassene.

#### Utbygging av området

Den første bygningen ble etablert på søndre del i deponiområdet i 1971 (Kroatjønneveien 11 A – Auto 23), se Figur 3. Denne tomte ble ervervet i 1966 og deponeringen var på det tidspunktet avsluttet på dette området (Kilde: utdrag fra artikkel om Auto 23 sin historie).

I løpet av 70-tallet og tidlig på 1980-tallet ble resten av deponiområdet utbygd. Det viser seg at noen deponimasser er fjernet og erstattet med andre masser i denne perioden. Den totale mengden deponimasser som ble gravd ut og fjernet ikke kjent. Tabell 1 gir oversikt over masseutskifting ved utbyggingen av deponiområdet fra 1970-1982 basert på informasjon som er sammenstilt fra ulike kilder.



Figur 4: Oversikt over eiendommer på Spelhaugen og Kroatjønnveien.

Tabell 1: Oversikt over håndtering av eksisterende deponimasser ved utbygging på deponiet.

Område	Utbygd	Fjernet deponimasse
Kroatjønnvegen 11 A	1970/71	Nei
Kroatjønnvegen 7	1970/71	Nei
Spelhaugen 4	1980/81	Nei
Spelhaugen 6	1982	Ja
Spelhaugen 8/ 8A	1979/80	Bygd på fjell
Spelhaugen 12	1980	Ja*

\*deponert på Kyrkjetangen

## 2. TIDLIGERE UNDERSØKELSER

### 2.1 Miljøtekniske grunnundersøkelser

#### Multiconsult 2013

I 2013 utførte Multiconsult miljøtekniske grunnundersøkelser på eiendommen gnr./bnr. 22/526 (Multiconsult, 2013). Undersøkelsen ble utført i forbindelse med mulig kjøp/salg av eiendommen. Undersøkelsen ble utført med gravemaskin og omfattet graving av 9 prøvegroper (PG 1-PG 9) ned til inntil 2,8 m under terreng. Under asfaltdekket ble det påtruffet fyllmasser bestående av stein, blokk og sand over antatt stedlige masser av sand og stein. I to av prøvegroperne (PG 5 og PG 8) ble det observert sporadisk noe avfall. I PG 5, tatt nordvest på tomten, ble det observert innhold av enkelte plastbiter, trebiter og skytestreng, men dette området antas ikke å være en del av deponiet. I PG 8, sør på tomten, ble det fra 0,8 – 2 m observert noe torv, trebiter og plast. Det ble ikke påtruffet fjell i noen av prøvegroperne.

Det ble sendt inn et utvalg prøver fra hvert prøvepunkt (totalt 18 prøver) til lab for analyse av de vanligste uorganiske miljøgiftene (arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink) og de organiske miljøgiftene olje inkl. BTEX, PAH og PCB. Analyseresultatene ble vurdert i henhold til tilstandsklasser i Miljødirektoratets veileder TA-2553/2009 «Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn». Tilstandsklassene er vist i tabell 2.

**Tabell 2: Tilstandsklasser for forurenset grunn og beskrivelse av tilstand. Kilde: Miljødirektoratets veileder TA-2553/2009.**

Tilstandsklasse	1	2	3	4	5
Beskrivelse av tilstand	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Øvre grense styres av	Normverdi	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Nivå som anses å være farlig avfall

Det ble ikke påvist forurensning over forurensningsforskriftens normverdier i noen av prøvene i det undersøkte området. Figur 5 viser flyfoto over eiendommen med omtrentlig plassering av prøvepunktene.





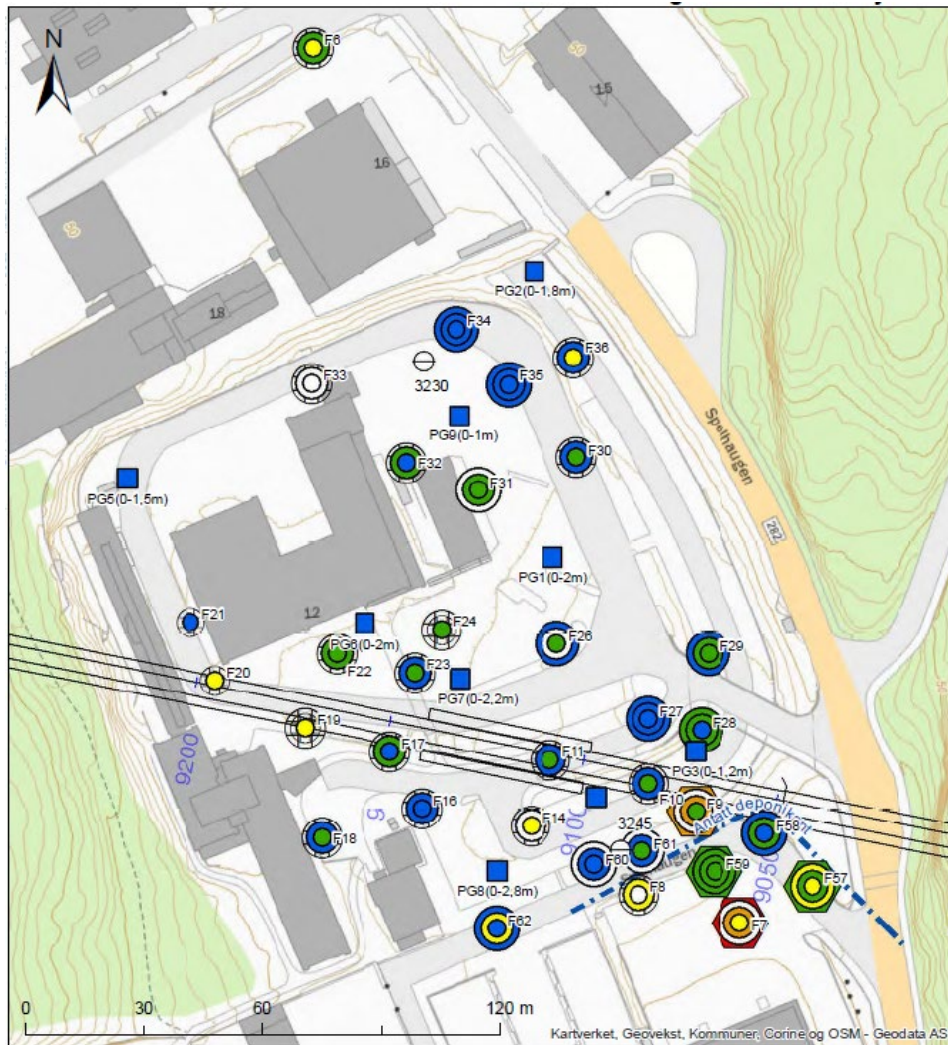
**Figur 5: Bildet viser omtrentlig plassering av prøvegrøpene fra Multiconsult-undersøkelsen i 2013. Prøvegrøpene er fargelagt iht. fargekoder i TA-2553/2009. Det ble ikke påvist konsentrasjoner over normverdi i noen av prøvene. Kilde: Datarapport fra miljøteknisk grunnundersøkelse, Multiconsult, 2013.**

#### Golder 2015-2016

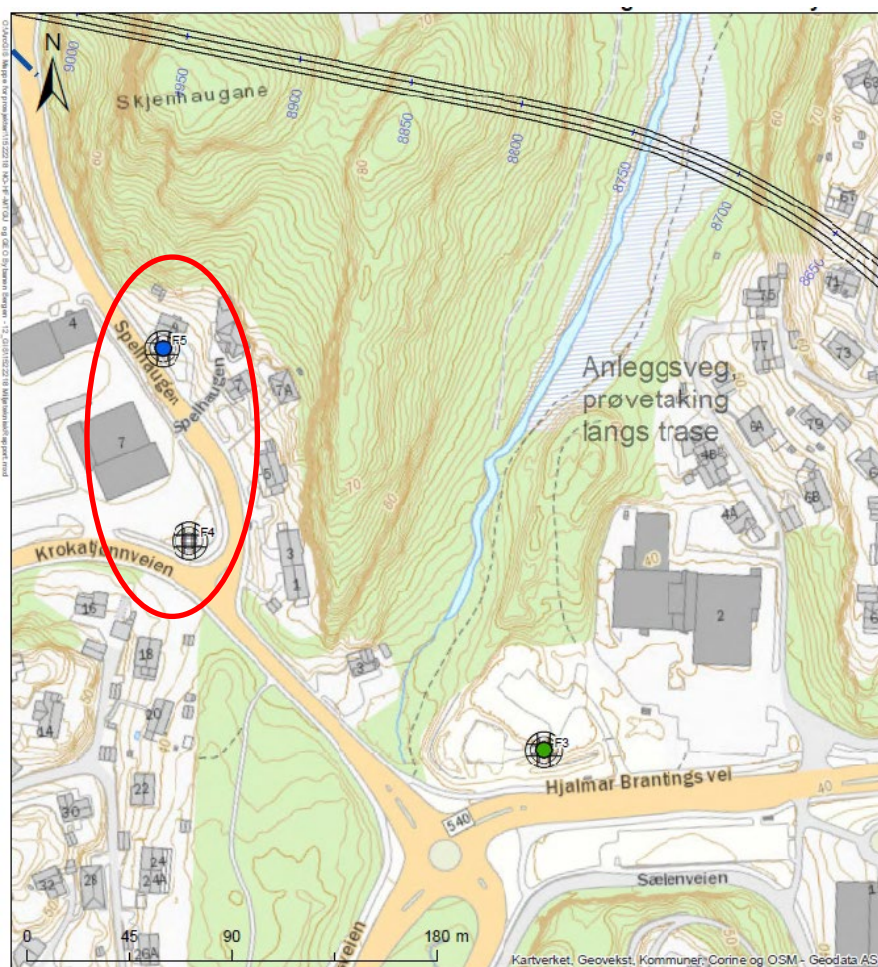
I løpet av 2015-2016 utførte Golder Associates miljøtekniske grunnundersøkelser i 35 punkt på Spelhaugen i forbindelse med utbygging av bybanen (Golder, 2016). Prøvepunktene plassering, markert med nr. og F, er vist på Figur 6 og 7. Prøvene ble tatt ut ved hjelp av skovlboring og gravemaskin. Undersøkelsen viste at løsmassene i stor grad består av fyllmasser av ukjent opprinnelse. Den tidligere kommunale fyllingen ble avdekket fra ca. 1 m under terreng i fem prøvepunkt (F7, F8, F57, F58 og F59) som er lokalisert på den nordlige delen av gnr./bnr. 22/275. Golders rapport antyder at deponikanten mot nord går mellom eiendommene gnr./bnr. 22/526 og 22/275, og er vist med stiplet linje i Figur 6.

Et utvalg av prøvene ble analysert for innhold av de vanligste uorganiske miljøgiftene (arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink) og de organiske miljøgiftene olje inkl. BTEX, PAH og PCB. Resultatene ble vurdert iht. Miljødirektoratets veileder TA-2553/2009.

Analyseresultatene viste høye konsentrasjoner (tilstandsklasse 4 og 5) i området hvor den kommunale fyllingen ble avdekket. I øvrige områder ble det kun unntaksvis påvist konsentrasjoner over normverdi av krom og olje (tilstandsklasse 2 og 3), som antas å skyldes naturlige bakgrunns-konsentrasjoner av krom eller asfalt i prøvene.



Figur 6: Kart som viser prøvepunkter (markert med F og nr.) fra Golder's undersøkelse i 2015-2016. Stiplet linje viser antatt nordre grense for avfallsmasser i grunnen i dag. Prøvepunktene er fargelagt iht. fargekoder i TA-2553/2009. Kilde: Golder 2016.



**Figur 7: Kart som viser to av prøvepunktene fra Golders undersøkelse utført i 2015 - 2016. Kilde: Golder 2016.**

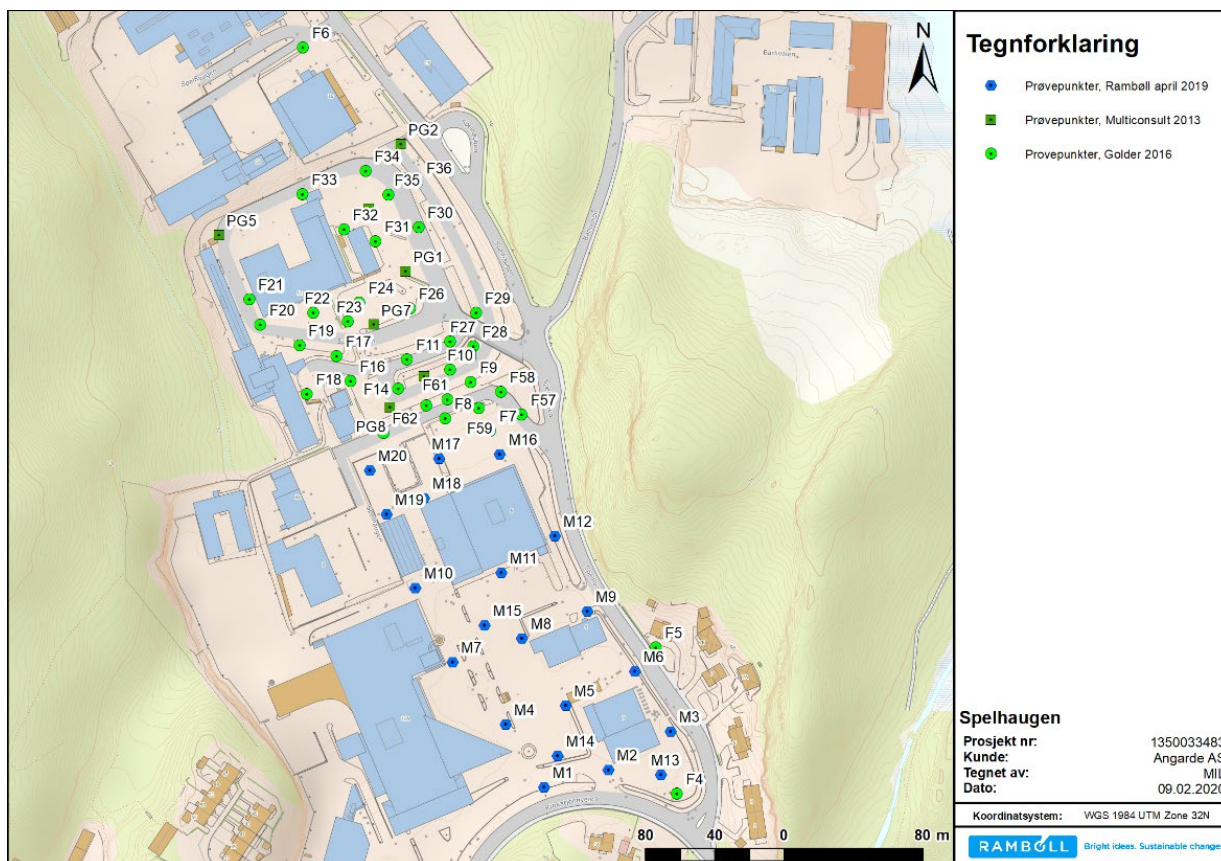
### Rambøll 2019

I forbindelse med planlagt utbygging av Spelhaugen utførte Rambøll i 2019 miljøtekniske og geotekniske grunnundersøkelser på eiendommen gnr./bnr. 22/275, 22/441 og 22/810 (Rambøll , 2019). Som en innledende miljøteknisk undersøkelse ble det lagt opp til prøvetaking med skovlboring i 20 prøvepunkt fordelt på området, se Figur 8. Undersøkelsen viste at grunnen i det undersøkte området består av et bærelag under asfalten som varierer fra 0,5-3 m tykkelse. Bærelaget under asfalten var tettpakket av grove masser med lite finstoff, noe som gjorde det vanskelig å komme gjennom og ned i avfallsmassene. I et av punktene (M10) var det ikke mulig å få opp prøve pga. grove masser. Geotekniske grunnundersøkelser viste at det var litt over en meter til fjell i dette punktet. Det ble tatt prøver av antatte avfallsmasser i fire punkt (M6, M9, M17 og M18). Avfallsmassene inneholdt torv og/eller silt og det ble observert avfall som plast, hermetikkboks, trevirke og tekstil. I to av disse punktene (M6 og M17) ble det tatt ut prøver ned til 5 meter, som antas å være overgang til original grunn av fast morene eller fjell.

Totalt ble 34 prøver sendt til kjemisk analyse, hvor 23 prøver var fra bærelaget og 11 fra avfallsmassene. Prøvene ble analysert for arsen, krom, kobber, nikkel, kadmium, sink, bly, kvikksølv, PAH, PCB og olje inkl. BTEX. I tillegg ble to stikkprøver av avfallsmassene analysert for organisk innhold. Analyseresultatene viste at bærelaget under asfalten stedvis er forurenset i tilstandsklasse 2 og 3 av nikkel, krom, sink, olje og PCB i 18 av 23 prøver. I 5 punkter ble det

ikke påvist forurensning i bærelaget. Forurensningsgraden i de analyserte deponimassene varierte fra tilstandsklasse 2-5. Analysene av organisk innhold i deponimassene var begge under 5 %.

Plassering av prøvepunkter for miljøprøver er vist på kart i Figur 8. I samme kart er også prøvepunktene fra undersøkelsene utført av Multiconsult i 2013 og Golder i 2015/2016 tatt med.



**Figur 8: Kart som viser plassering av miljøprøvepunkt fra miljøtekniske grunnundersøkelser utført av Multiconsult i 2013, Golder i 2015/2016 og Rambøll i 2019. Prøvepunktene er ikke fargekodet iht. TA-2553/2009.**

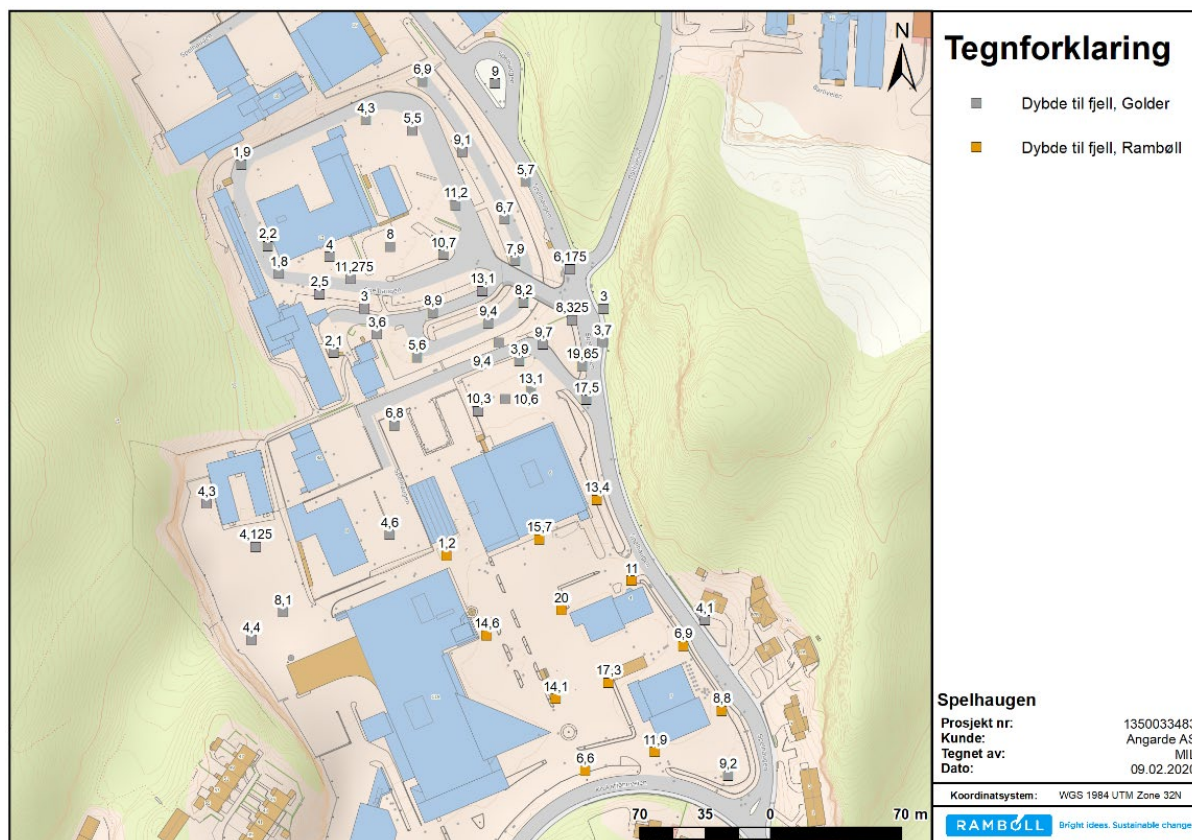
## 2.2 Geotekniske grunnundersøkelser

Det er utført geotekniske grunnundersøkelser på Spelhaugen. Golder utførte i 2015-2016 undersøkelser på eiendommen gnr./bnr. 22/526 og på den nordlige delen av gnr./bnr. 22/275 (Golder, 2016). Rambøll utførte i 2019 undersøkelser på et område på den østlige delen av eiendommen gnr./bnr. 22/275, 22/441 og 22/810 (Rambøll, 2019). Resultatene fra grunnboringene viser relativt store variasjoner i dybde til fjell.

Undersøkelsen utført av Golder viste at dybden til fjell i det undersøkte området varierer fra 2 – 20 m. Det er beskrevet at løsmassene på eiendommen gnr./bnr. 22/526 består av fyllmasser av friksjonsjord (antatt sand og grus) over naturlig avsatt friksjonsjord og morene.

Undersøkelsen som ble utført av Rambøll viste at dybden til fjell varierer fra 1,2 – 20 m og at grunnen består av 1,5 - 3 m med fyllmasser av sand og grus over ulike typer fyllmasser av varierende mektighet. Under fyllmassene er det meget faste masser ned til fjell.

Generelt viser boringene at løsmassemektheten (og dybde til fjell) er minst i vest, med økende løsmassemekthet og dybde til fjell mot øst. Figur 9 viser oversikt over grunnboringene.



**Figur 9: Kart som viser oversikt over boringer og dybde til fjell [m], utført av Golder i 2015-2016 og av Rambøll i 2019.**

## 2.3 Prøvetaking vann

### 2.3.1 Bekk gjennom deponiet

I 2017 ble det gjort undersøkelser av overflatevann og dreinsvann ved Spelhaugen (COWI, 2017). Bakgrunnen for undersøkelsen var å se på graden av lekkasje av sigevann til dreinsrør som går under deponiet og til utløp i bekk nedstrøms deponiet. Det ble tatt prøver ved 4 lokaliteter, vist i Figur 10. Det ble tatt prøve i bekk oppstrøms deponiet, i to dreinsrør som går under deponiet (kum 1 og kum 2) og i bekk nedstrøms deponiet. Undersøkelsen omfattet logging av vannføring og kvalitativ vannkvalitet i de to dreinsrørene og i utløp til bekk nedstrøms deponiet. Miljøgifter i dreinsvannet og i bekken nedstrøms ble målt ved hjelp av passive prøvetakere for analyse av arsen og en rekke tungmetaller, samt organiske miljøgifter (PCB<sub>7</sub> og PAH<sub>16</sub>). Det ble også utført analyse av oppsluttede vannprøver fra alle lokalitetene, der vannprøvene ble analysert for innhold av arsen, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, bly, nikkel og sink.



Figur 10: Flyfoto som viser hvor vannprøvene ble tatt. Kilde: Cowi, 2017.

Analyseresultatene ble klassifisert iht. Miljødirektoratets veileder M-608 «Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota», tabell 3.

Tabell 3: Klassifiseringssystem for vann og sediment. Kilde: Miljødirektoratets veileder M-608/2016.

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved kort-tidseksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-QS, PNEC	Øvre grense: MAC-QS, PNEC <sub>akutt</sub>	Øvre grense: PNEC <sub>akutt</sub> * AF <sup>1)</sup>	

Analyserte stoffer som ble påvist over normverdi med passive prøvetakere var PAH, kadmium, kobber, sink og bly (tilstandsklasse 2). Resultatene fra målinger av arsen og tungmetaller i

oppluttede vannprøver viste generelt høyeste verdier i vannprøvene fra kum 1, særlig for arsen og sink, som ble påvist i tilstandsklasse 3. Resultatet fra målingene og analysene viser et generelt mønster med høyere konsentrasjoner i kum 1 sammenlignet med kum 2 og i bekk og at vannet i kum 1 er påvirket av en PCB-kilde. Analyseresultatene fra undersøkelsen er vist i tabell 4-6.

**Tabell 4: Resultater fra måling av organiske miljøgifter med passive prøvetakere (SPMD), klassifisert etter Miljødirektoratets veileder M-608/2016. Veilederen oppgir ikke grenseverdier for PCB. Kilde: Cowi, 2017.**

Parameter	Enhet	Kum 1	Kum 2	Bekk nedstrøms A
Naftalen*	pg/l	<5400	<5400	<5400
Acenaftilen	pg/l	<100	<95	<97
Acenaften	pg/l	3900	330	1000
Fluoren	pg/l	3250	110	850
Fenantren	pg/l	3400	400	2000
Antracen	pg/l	690	170	350
Fluoranten	pg/l	4140	2140	2840
Pyren	pg/l	5840	4740	4740
Benso(a)antracen	pg/l	140	180	190
Krysen	pg/l	200	330	350
Benso(b)fluoranten	pg/l	280	410	480
Benso(k)fluoranten	pg/l	95	110	150
Benso(a)pyren	pg/l	110	120	150
Dibenso(ah)antracen	pg/l	36	<21	<26
Benso(ghi)perylene	pg/l	370	280	510
Indeno(123cd)pyren	pg/l	110	77	150
Sum PAH (lowerbound)	pg/l	22561	9397	13760
PCB 28	pg/l	<23	<16	<19
PCB 52	pg/l	65	<27	<23
PCB 101	pg/l	59	<19	<24
PCB 118	pg/l	36	<3,3	<12
PCB 138	pg/l	<18	<7,6	<11
PCB 153	pg/l	<24	<13	<16
PCB 180	pg/l	<4,6	<6,9	<9,3
Sum PCB (lowerbound)	pg/l	160	0	0

\*SPMD-membraner kan inneholde naftalen fra produksjonen siden naftalen absorberes raskt i membranen når den utsettes for luft

**Tabell 5: Resultater fra måling av arsen og tungmetaller med passive prøvetakere (DTG), klassifisert etter Miljødirektoratets veileder M-608/2016. Veilederen oppgir ikke grenseverdier for alle målte parametere. Kilde: Cowi, 2017.**

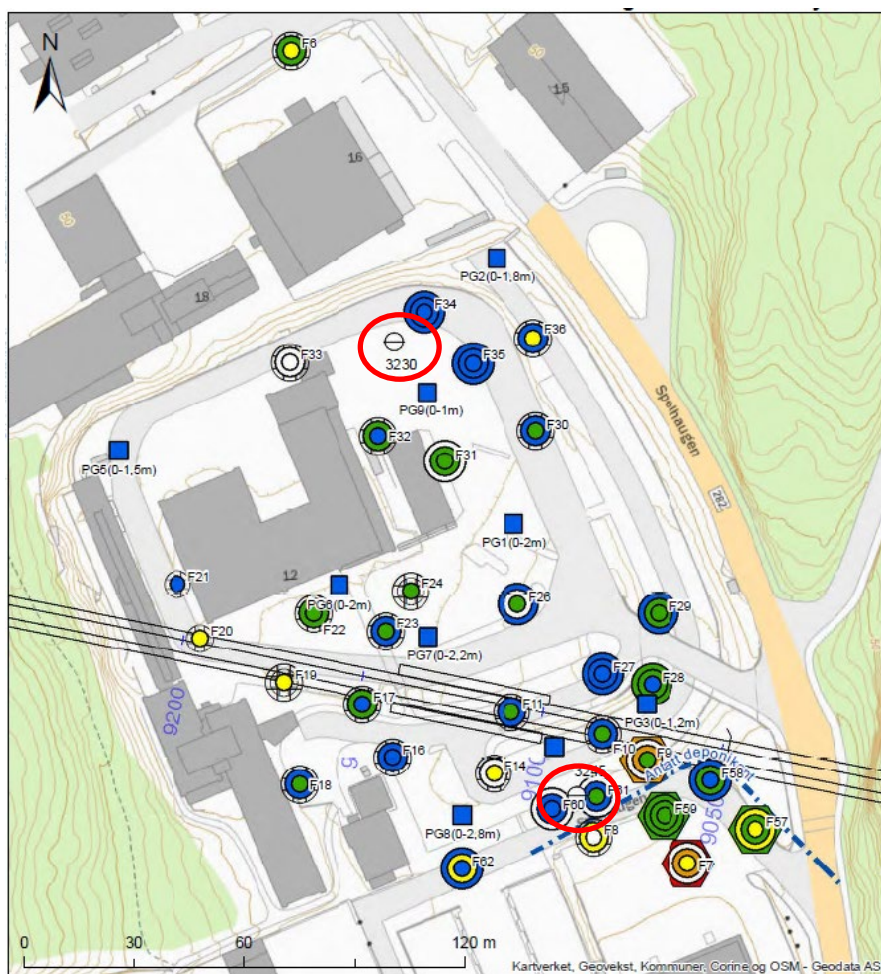
Parameter	Enhet	Kum 1	Kum 2	Bekk nedstrøms 1	Bekk nedstrøms 2
Aluminium	µg/l	8,76	17,5	26,7	15
Kadmium	µg/l	0,0108	0,0119	0,0138	0,00868
Kobolt	µg/l	0,0843	0,0406	0,0333	0,0269
Krom	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kobber	µg/l	0,671	0,511	0,925	0,434
Jern	µg/l	21,6	25,6	23	12,8
Mangan	µg/l	14	3,15	3,26	2,69
Sink	µg/l	9,19	5,67	8,6	5,2
Nikkel	µg/l	0,295	<0,2	<0,2	<0,2
Bly	µg/l	0,0101	0,0234	0,0359	0,0169
Uran	µg/l	0,137	0,064	0,117	0,0784

**Tabell 6: Resultater fra analyse av arsen og tungmetaller i oppsluttede vannprøver, klassifisert etter Miljødirektoratets veileder M-608/2016. Kilde: Cowi, 2017.**

Parameter	Enhet	Kum 1	Kum 2	Bekk nedstrøms	Bakgrunn oppstrøms
Arsen	µg/l	0,57	0,30	0,32	0,30
Bly	µg/l	0,81	0,66	0,57	0,68
Kadmium	µg/l	0,049	0,044	0,047	0,050
Kobber	µg/l	4,3	1,4	2,2	0,77
Krom	µg/l	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Kvikksølv	µg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Nikkel	µg/l	1,1	0,54	0,69	< 0,50
Sink	µg/l	14	5,5	6,2	4,5

### 2.3.2 Grunnvann

I forbindelse med grunnundersøkelsen utført av Golder i 2016, ble det satt ned to grunnvannsbrønner for måling av grunnvannsnivå og uttak av miljøprøver. Plassering av grunnvannsbrønnene er vist i Figur 11 og merket med rødt (brønn 3230 og brønn 3245) (Golder, 2016).



**Figur 11: Kart som viser grunnvannsbrønnene som ble satt ned ifm. undersøkelsen som ble utført av Golder i 2016. Grunnvannsbrønnene er merket med rødt på kartet (brønn nr. 3230 nord på området og brønn nr. 3245 sør på området). Kilde: Golder, 2016.**



Resultatene fra måling av grunnvannsnivå som ble målt i en periode fra april 2016 til november 2016 er vist i tabellen nedenfor (tabell 7). Målingene viser at grunnvannstanden er registrert fra 0,23–0,28 m under terreng i brønn 3230 og fra 1,27–1,98 m under terreng i brønn 3245. Rapporten omtaler ikke resultater fra kjemiske analyser av vannprøver, og det er usikkert om dette er utført.

**Tabell 7: Tabell som viser grunnvannsnivå i miljøbrønnene som ble satt ned på Spelhaugen (nr 3230 og 3245) ifm. Golder-undersøkelsen i 2016.**

Overvåkingsbrønn	3220	3230	3245	3321
Koordinater	Nord 6695900,94	Nord 6696480.1	Nord 6696353.1	Nord 6696058,8
	Øst 295511,8	Øst 294563.5	Øst 294590.8	Øst 295170,5
Terrenghøyde (moh)	36,76	41,70	41,90	39,90
Måledato	Grunnvannsnivå (m.o.h)			
27.04.2016	34,81			
09.06.2016	34,85			
23.06.2016	34,82			
05.07.2016	34,94			
10.08.2016	35,08		40,32	
16.08.2016	34,92		40,03	
24.08.2016	34,88		39,92	
01.09.2016	34,99	41,46	40,10	
12.09.2016	34,97	41,47	40,31	
19.09.2016	34,90	41,42	40,12	
28.09.2016	35,05	41,45	40,63	
12.10.2016	34,95	41,45	40,40	
03.11.2016	34,95	41,45	40,42	
15.11.2016	34,95	41,45	40,41	
21.11.2016	35,00	41,46	40,33	

## 2.4 Kartlegging av deponigass

### 2.4.1 Gassmålinger i borehull og bygninger

Samtidig med den miljøtekniske grunnundersøkelsen i 2019 ble det gjennomført innledende målinger av deponigass i grunnen i området. Målingene ble utført ved å benytte en håndholdt gassmåler, en lekkasjesøker av merket Sensit HXG-3. Denne måler på naturgass, men spesifiserer ikke hvilke. Naturgass består hovedsaklig av hydrokarboner; metan (75-95 %), etan, butaner, propan og nafta. Ved målinger utført på/ved deponi er det rimelig å anta at det aller meste som detekteres er metangass. Målinger opp til 100 ppm anses som bakgrunn.

Målingene viser at det er påvist konsentrasjoner av deponigass (der metan er en av gassene) svært nære den nedre eksplosjonsgrense (Rambøll, 2019). De høyeste konsentrasjonene, over 15 000 ppm, ble påtruffet under boring i selv deponimassene. Det ble også påvist deponigass i lavere konsentrasjoner (mellom 100 og 500 ppm) i krypkjellere i bygg som er antatt over deponimasser samt rundt rør/infrastruktur som kommer opp av grunnen på området. Tabell 8 gir oversikt over resultatet fra målingene som ble gjort.

Resultatene viser at deponiet og avfallsmassene produserer gass. Denne gassproduksjonen kan foregå i 50-100 år etter avfallsplassen er avsluttet. Varigheten på gassproduksjonen avhenger av typen avfallsmasser, samt kjemiske forhold i deponiet. Gass vil være en utfordring mtp gassinntrenging dersom det settes opp bygg eller graves ned infrastruktur på området. Med

gassproblematikk følger også problemer med setninger og setningsskader på byggverk eller infrastruktur.

**Tabell 8: Oversikt over gassmålingene utført av Rambøll i 2019.**

Målepunkt	Hvor	Måling [ppm]	Klokkeslett	Dato
M1	I borehull, boring i bærelag	854	18:45	03.04.19
M2	I borehull, boring i bærelag	1619	19:36	03.04.19
M3	I borehull, boring i bærelag	122	09:15	04.04.19
M4	I borehull, boring i bærelag	1200	18:27	03.04.19
M5	I borehull, boring i bærelag	461/561	08:38/08:55	04.04.19
M6	I borehull, boring i deponimasser	15 844	10:05	04.04.19
M8	I borehull, boring i bærelag	22	12:22	03.04.19
M9	I borehull, boring i bærelag	450	10:55	04.04.19
M9	I borehull, boring i deponimasser	50 000	11:15	04.04.19
M11	I borehull, boring i bærelag	52	08:38	03.04.19
M13	I borehull, boring i bærelag	998	19:46	03.04.19
M14	I borehull, boring i bærelag	874	19:05	03.04.19
M17	I borehull, boring i deponimasser	28 000	14:55	03.04.19
M18	I borehull, boring i bærelag	550	13:56	03.04.19
M18	I borehull, boring i deponimasser	7000	14:11	03.04.19
M19	I borehull, boring i bærelag	90	16:50	03.04.19
M20	I borehull, boring i bærelag	1777	17:10	03.04.19
G1	Krypkjeller KIWI	114	12:57	04.04.19
G2	Krypkjeller Bensinstasjon	371	13:02	04.04.19
G3	Rør opp fra bakken utenfor bilverksted	460	08:30	03.04.19
G4	Rør opp fra bakken utenfor bilverksted	370	08:38	03.04.19
G5	Rør opp fra bakken utenfor NAF	479	12:56	03.04.19
G6	Krypkjeller Peppes Pizza	495	12:57	04.04.19

## 3. SUPPLERENDE PRØVETAKING

### 3.1 Grunnundersøkelser

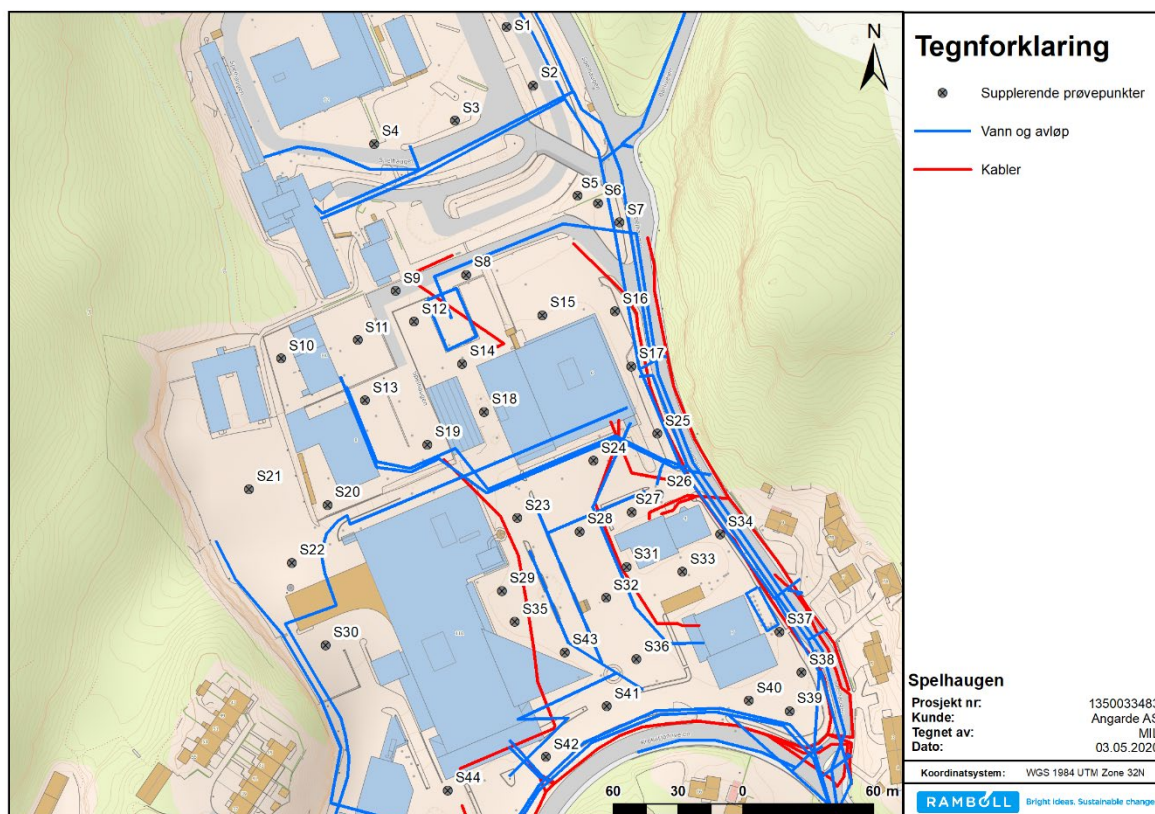
Med bakgrunn i resultatene som foreligger fra tidligere undersøkelser foreslås en supplerende miljøteknisk kartlegging. Foreslått plassering av prøvepunktene er vist i Figur 12. Punktene er satt i områder som tidligere ikke er undersøkt og hvor historisk informasjon tilsier at det kan være deponimasser. I tillegg er det foreslått punkter for å avgrense ytterkantene av deponiet og i områder hvor det er behov for mer informasjon. Det legges opp til prøvetaking i 44 nye punkt, der punktene er plassert i forhold til kjente kommunaltekniske VA-ledninger og andre kjente kabler i grunnen. Oversikt med koordinater for alle supplerende prøvepunkt er vedlagt (vedlegg 8). Endelig plassering vil være avhengig av tilgjengelighet på området, private og offentlige kabler/rør og installasjoner i grunnen, samt observasjoner og vurderinger som gjøres under prøvetakingen. Det skal unngås at antallet prøvepunkt reduseres som følge av utfordrende grunnforhold etc. Om et punkt må utgå fordi det blir for komplisert å prøveta, skal det etableres et nytt punkt så nærme som mulig opprinnelig foreslått plassering, slik at antall prøvepunkter ikke blir mindre enn 44.

Det anbefales at prøvepunktene undersøkes med borerigg for å komme ned til original grunn. Bruk av gravemaskin vil medføre store inngrep på området, noe som ikke er ønskelig på grunn av bruken av området i dag. I områder hvor det er vanskelig å komme gjennom bærelaget pga. harde og grove masser kan det bli nødvendig å forbore ved hjelp av odex-utstyr eller lignende for å komme ned til deponimassene.

Et representativt utvalg av prøvene som tas ut analyseres som et minimum for innhold av metaller (arsen, krom, kobber, nikkel, kadmium, sink, bly, kvikksølv), olje (alifater), THC, BTEX, PAH<sub>16</sub>, PCB<sub>7</sub> og organisk innhold. Alle prøver skal analyseres av akkreditert analyselaboratorium. Andre analyser kan bli aktuelle ved ytterligere informasjon om deponerte avfallstyper. Prøver som ikke analyseres lagres kjølig for ev. seinere analyser.

Resultatene fra de supplerende undersøkelsene vil gi bedre kunnskap om og oversikt over forurensningsnivå i deponimassene, utbredelse/deponigrense, mektighet og type avfall i deponiet.

Det forutsettes at miljørådgiver utfører prøvetaking/målinger av jord, vann og gass, og er til stede i felt når feltarbeid utføres, samt ved nedsetting av grunnvann- og gassbrønner. Det skal være god kommunikasjon med grunneier under hele gjennomføringsfasen.



**Figur 12:** Kart som viser forslag til plassering av supplerende miljøtekniske prøvepunkter (S1-S44). Punktene er plassert ift. kjente VA-ledninger og andre kjente kabler i grunnen.

## 3.2 Vannovervåkning

### 3.2.1 Beskrivelse av vannstrøm

Tidligere vannovervåkning er i hovedsak knyttet til overflatevann. Vann fra bekken som er lagt i rør under deponiet, samt bekk nedstrøms deponiet er prøvetatt. Disse undersøkelsene foreslås videreført i supplerende undersøkelser.

Deponiet på Spelhaugen er ikke etablert med bunntetting slik dagens regelverk for deponier krever. Dette medfører at sigevannet fra deponimassene ikke samles opp, men drenerer til grunn og grunnvann. I dette området innebærer det i hovedsak drenering til grunnvannet, da innledende undersøkelser av grunnvannsnivå antyder at deponimassene i nordre del ligger i grunnvannet. Det er også kjent at hele deponiet ble etablert på myrmasser.

Det er så langt ikke gjort kjemiske analyser av grunnvannet slik at forurensningsgrad er ukjent, og denne må kartlegges i supplerende undersøkelser. Grunnvannsretningen i området er heller ikke kjent, og vil kartlegges slik som beskrevet i 3.3.2.

### 3.2.2 Prøvetakingspunkter

#### Ledningsnett

Det foreslås prøvetaking av vann i to kummer i området. Disse er koblet til vannledninger som går gjennom deponiområdet, og det er antatt at det vil være innlekkasje av sigevann til disse.

Punktene tilsvarer de samme kummene fra undersøkelsene gjort av Cowi i 2017 og er vist i Figur 13 (COWI, 2017).



**Figur 13. Bilde av kummene på overflaten. Bilder er hentet fra Cowis rapport (COWI, 2017)**

#### Overflatevann

For overflatevann er det lagt opp til to punkter i bekk; ett oppstrøms og ett nedstrøms. Disse punktene tilsvarer de punktene fra undersøkelsene gjort av Cowi i 2017 (COWI, 2017). Målet med disse punktene er å undersøke hvordan vannet i bekken endrer seg fra oppstrøms til nedstrøms deponiet. Punktet nedstrøms får også vann fra Lauvåstjørna, noe som kan påvirke resultatene, men det er ikke noe annet egnet prøvepunkt nedstrøms. Prøvepunktene er vist i Figur 14. Koordinater for prøvetakingspunkter for overvann er vedlagt (vedlegg 9).

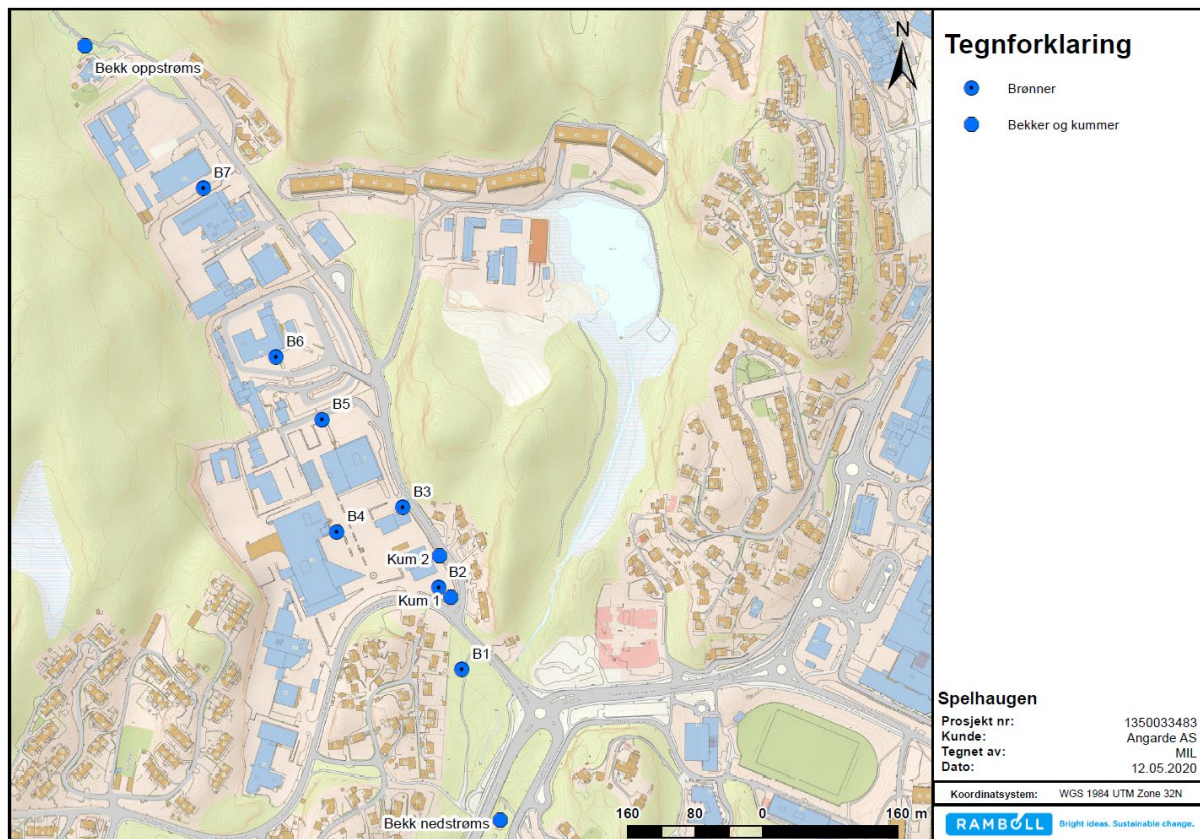
#### Grunnvannsbrønner

Det skal etableres 7 miljøbrønner som vist på Figur 14. Her er det planlagt én brønn i sør (B1), én brønn i nord (B7) og 5 brønner i deponiet (B2-B6). Koordinater for miljøbrønnene er vedlagt (vedlegg 9).

Brønnene skal etableres som miljøbrønner. Det skal bores med odex (eller tilsvarende) til fjell med foringsrør av stål. Stigerør skal være PEHD og filterrør skal plasseres i samme dyp som deponimassene. Filtersand skal dekke hele filterrøret, og det skal være svelleleire eller tilsvarende over filtersand for å minimere utsiving av ev. gasser.

Brønnene må sikres på en tilfredsstillende måte. Alle brønner etableres med brønnlokk med lås. Brønner som plasseres i trafikkerte områder må etableres med kjøresterkt, tett lokk og flytende ramme.

Golder har etablert to grunnvannsbrønner på området (Golder, 2016). Det er ikke vedlagt dokumentasjon på utformingen av disse. Dersom det viser seg at disse to brønnene følger krav som beskrevet over kan brønn 3245 erstatte B5 og 3230 erstatte B6.



**Figur 14. Oversiktskart som viser plassering av punkter for prøvetaking av overflatevann og grunnvann.**

### 3.2.3 Analyser

Alle prøver skal analyseres av akkreditert analyselaboratorium.

Analyser av sigevann fra ordinært deponi utføres iht. Miljødirektoratets veileder TA-2077/2005 (Miljødirektoratet, 2005). Vannprøvene analyseres for oppløstede metaller.

Det legges opp til to pakker, en standard pakke og en utvidet pakke. Hvilke parametere som inngår i de to pakkene er vist i tabell 9. Hvilke enkeltkomponenter som skal inngå i ulike stoffgrupper er vist i veileder TA-2077/2005 (Miljødirektoratet, 2005).

Tabell 9: Oversikt over parameterne vannprøvene skal analyseres for i de to prøvepakkene.

Parametere	Enhet	LOQ	Standard	Utvidet
pH			x	x
Temp	°C		x	x
Ledningsevne	mS/m	1	x	x
Suspendert stoff	mg/l		x	x
KOF	mg/l	10	x	x
BOF	mg/l	10	x	x
TOC	mg/l	1	x	x
Total Nitrogen	mg/l	0,1	x	x
Ammonium	mg/l	0,1	x	x
Total fosfor	mg/l	0,05	x	x
Jern	mg/l	1	x	x
Mangan	mg/l	0,1	x	x
Sink	µg/l	3	x	x
Kobber	µg/l	1,5	x	x
Bly	µg/l	1	x	x
Kadmium	µg/l	0,1	x	x
Nikkel	µg/l	5	x	x
Krom	µg/l	1	x	x
Arsen	µg/l	2	x	x
Kvikksølv	µg/l	0,01	x	x
THC (C5-C35)	µg/l	100	x	x
PAH 16	µg/l	0,2	x	x
BTEX	µg/l	0,2	x	x
Bred analyse av tungmetaller	µg/l			x
PBDE	µg/l	0,001		x
HBCD	µg/l	0,01		x
TBBPA	µg/l	0,005		x
Bisfenol A	µg/l	0,001		x
Alkylfenoler og -etoksilater	µg/l	0,5		x
Fenoler	µg/l	0,5		x
Klorfenoler	µg/l	0,5		x
Tinnorganiske forbindelser	µg/l	0,01		x
Ftalater	µg/l	1		x
Klorbenzener	µg/l	0,5		x
Flyktige klorerte hydrokarboner	µg/l	0,2		x
LAS	µg/l	20		x
Fenoksylysurer	µg/l	0,5		x

Eventuelle tilleggsparemetere som overvåkes vurderes kontinuerlig ut fra tidligere analyse-resultater.

### 3.2.4 Prøvetakingsplan

Vannprøver skal tas 6 ganger jevnt fordelt over ett år. Det skal analyseres for standardpakken 4 ganger i løpet av året og utvidet pakke 2 ganger som vist i tabell 9. Tidspunkt for første prøvetaking avhenger av fremdriften til prosjektet. For å fange opp sesongvariasjoner må det tas prøver over en lengre tidsperiode, som foreslått i tabell 10. Etter brønnene er ferdigstilt skal det gå minst 14 dager før første vannprøve blir tatt.

Alle prøver skal samles inn i emballasje tilsendt fra analyselaboratoriet, oppbevares mørkt og kaldt fram til, og under, forsendelse. Prøver skal aldri sendes på en fredag eller siste dag før helligdag.

I brønnene skal det settes ned automatiske loggere for måling av grunnvannstand før første vannprøve tas. Disse skal måle til etter siste prøve blir tatt.

Det må måles vannmengde i prøvepunkter i bekk og kummer.

Tabell 10: Forslag til prøvetakingsplan

Pakke/Måned	Mars	Mai	Juli	September	November	Januar
Standard	X		X	X		X
Utvidet		X			X	

### 3.3 Deponigass

#### 3.3.1 Kartlegging av gass i grunnen

Gassproduksjon vil alltid være en utfordring på og ved avfallsdeponier og det er viktig at problemstillingen undersøkes nærmere på Spelhaugen. Spesielt sett i lys av resultatene fra de innledende gassundersøkelsene beskrevet i Rambølls rapport fra 2019 (Rambøll , 2019).

Formålet med å utføre en supplerende gassundersøkelse med etablering av gassbrønner vil være:

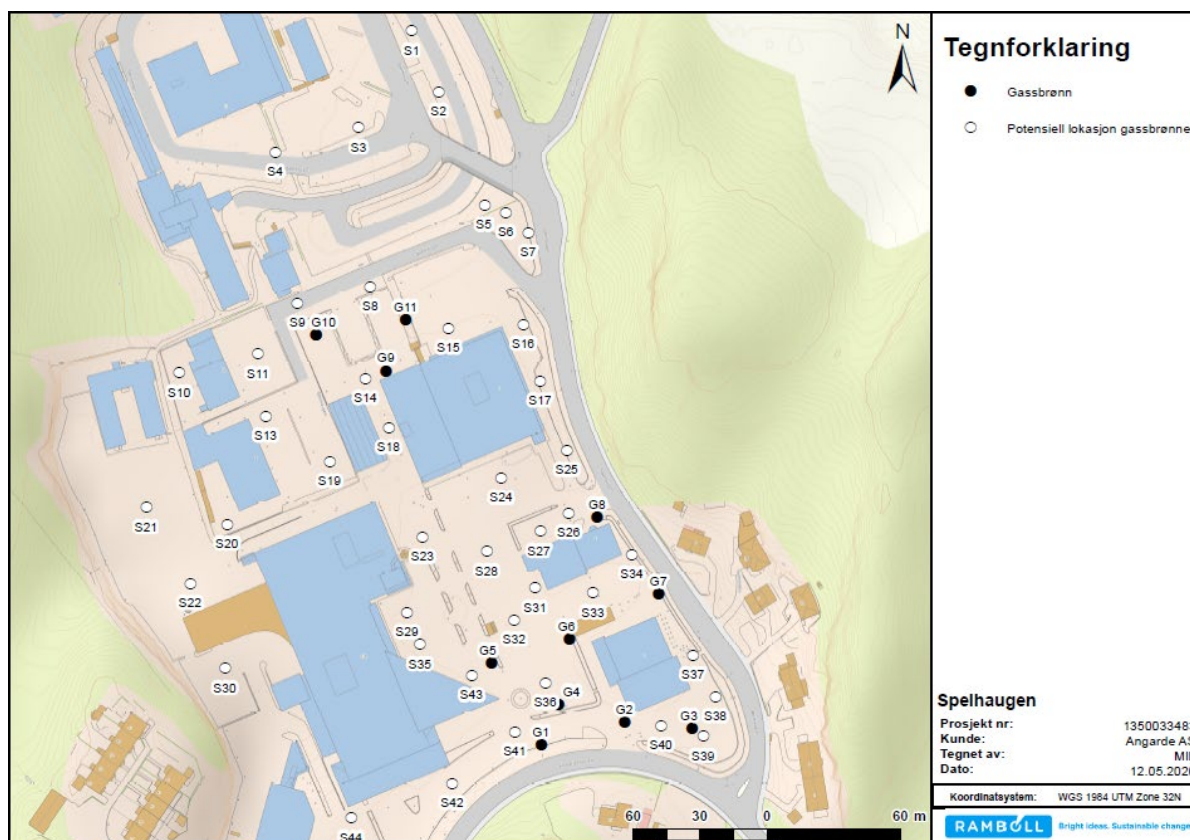
- Avklare hvilke typer og konsentrasjoner av deponigasser og gass fra andre organiske stoffer som dannes i deponiet
- Avklare om metangass utgjør en eksplosjonsrisiko

Etablering av gassbrønner:

- Det etableres gassbrønner i områder der det er kjent at det ligger deponimasser, i tidligere punkter det er målt høye konsentrasjoner av deponigass, samt i randsonen på deponiet.
- Gassbrønnene etableres samtidig med at de supplerende grunnundersøkelsene gjennomføres. Da kan første måling i brønnene gjennomføres påfølgende dag. Det skal benyttes en gassmåler som måler metan, karbondioksid, hydrogensulfid og oksygen.
- I tillegg benyttes eksempelvis en gassmåler tilsvarende den Rambøll benyttet (håndholdt gassmåler, en lekkasjesøker av merket Sensit HXG-3) til innledende undersøkelser ved etablering av nye punkter for grunnundersøkelser (punkt 3.2).
- Der det påvises avfall i grunnen under boringen, eller påvises gass med lekkasjemåleren, etableres det gassbrønner. Som et minimum bør det innledningsvis etableres til sammen 30 gassbrønner.
- Brønnene må sikres på en tilfredsstillende måte. Alle brønner etableres med brønnlokk med lås. Brønner som plasseres i trafikkerte områder må etableres med kjøresterkt, tett lokk og flytende ramme.

Figur 15 viser plassering av gassbrønnene. 11 gassbrønner (merket med G1 – G11 i figur 15) etableres ved prøvepunkt fra Rambølls undersøkelse i 2019, hvor det ble påvist avfall og/eller registrert gassproduksjon. Øvrige gassbrønner skal plasseres ved et utvalg supplerende prøvepunkt hvor det registreres avfall eller gassproduksjon. Oversikt med koordinater for alle prøvepunkt vist i figur 15 er vedlagt (vedlegg 8 og 10).





**Figur 15. Oversiktskart som viser plassering av gassbrønner (G1 – G11) og potensiell lokasjon av øvrige gassbrønner som skal settes ned på området.**

### 3.3.2 Gjennomføring av gassmålinger

Gassbrønnene anbefales satt med en diameter på 25 eller 63 mm, og med en dybde på 2-4 meter. Det er her viktig at de settes i deponimassene slik at de henter eventuell gass fra avfallet og ikke fra bærelaget eller fra underliggende stedeagne masser. Dersom de settes for dypt eller for grunt vil man måle poreluften fra henholdsvis stedeagne masser eller fra bærelaget. Borehullene må sikres mot lekkasje og må derfor tettes med masser og bentonitt rundt gassbrønnen. Borerøret tettes i tillegg med propper, prøvetakingsslange og ventilklemme slik at poreluften kan trekkes ut av deponimassene og analyseres med en gassmåler. For å sikre at målingene gir representative resultater bør det gjennomføres minimum tre målinger. Det anbefales videre at en av disse målingene utføres ved lavtrykk eller når bakken er frossen.

Poreluften analyseres for metan, karbondioksid og oksygen i alle brønnene. Målingene bør også å inkludere hydrogen sulfid (H<sub>2</sub>S) da denne gassen har en svært karakteristisk lukt ved lave konsentrasjoner. Tilstedeværelse av hydrogen sulfid vil normalt ikke utgjøre noen helsefare, men tilstedeværelsen av en mer eller mindre permanent lukt av råtne egg vil være et estetisk problem og kan i det lange løp føre til en belastning for de som bor på området.

I tillegg skal det analyseres for organiske stoffer som ulike oljekomponenter, klorerte løsemidler og eventuelt andre relevante analyseparametere i minimum halvparten av gassbrønnene. Dette gjøres ved at det samles poreluft på prøverør, med absorbent, som sendes til analyse. Hvis det påvises slike parametre i en av prøvene skal antallet målepunkt utvides til å omfatte de gassbrønnene hvor det påvises deponigass.

### 3.3.3 Kartlegging i bygg

Deponigass finner letteste vei til overflaten. Gassen migrerer derfor gjerne langs ledningstraseer, som gjerne består av pukk av ulik størrelse, og langs grensesnittet mellom deponimasser og fjell/steinmasser. Dette fører til at gassen kan migrere inn i bygg selv om bygget ikke står direkte på deponimasser. Det holder at en ledningstrase med vann og kloakk går igjennom avfallsmassene. Samme scenario gjelder også for bygg som ligger helt i randsonen på deponiet. Det må gjennomføre gassmålinger i bygg som er tilknyttet infrastruktur som ligger i avfallsmassene eller i umiddelbar nærhet, i bygg som ligger i randsonen av deponiet og bygg som ligger oppå avfallsmassene.

Gassmålinger i bygninger utføres i alle rom i kjelleretasje/etasje nærmest grunn, der det kommer inn ledninger/rør fra grunnen utenfor bygget (avløps-, og stakeluker, vannlåser/vasker, sikringsskap etc.).



Figur 16. Oversiktskart som viser bygg som skal undersøkes, merket med et kryss.

#### **3.3.4 Tilbakeføring av området**

Etter utført prøvetaking skal området tilbakeføres til den stand det hadde før arbeidet startet (reasfaltering, tilbakeføring/istandsetting av ev. beplantning, murer etc.). Dette skal gjøres fortløpende, dvs. for hvert avsluttet prøvetakingspunkt.

## 4. REFERANSER OG VEDLEGG

### 4.1 Referanser

COWI (2017). *UNdersøkelser av overflatevann og drensvann ved Spelhaugen. RAP\_098310\_001.*

Golder (2016). *Bybanen i Bergen - geoteknisk grunnundersøkelse, datarapport. Delområde 3.*

Golder (2016). *Miljøteknisk rapport. Bybanen i Bergen, del 3.*

Miljødirektoratet (2005). *TA-2077/2005 - Veileder om overvåkning av sigevann fra avfallsdeponier..*

Multiconsult (2013). *Orienterende miljøgeologiske grunnundersøkelser, datarapport.*

Rambøll (2019). *Spelhaugen Bergen, Miljøtekniske grunnundersøkelser, datarapport med tiltaksplan.*

Rambøll (2019). *Datarapport fra grunnundersøkelse.*

### 4.2 Vedlegg

- 1 Grunnkart over området 1:1000
- 2 Kart som viser fyllingsgrenser (fig. 3)
- 3 Kart som viser plassering av miljøprøvepunkt fra grunnundersøkelser utført av Multiconsult 2013, Golder 2015-2016 og Rambøll 2019 (fig. 8)
- 4 Kart som viser oversikt over boringer og dybde til fjell utført av Golder 2015-2016 og av Rambøll 2019. (fig. 9)
- 5 Kart som viser forslag til plassering av supplerende miljøtekniske prøvepunkt (fig. 12)
- 6 Kart som viser plassering av punkt for prøvetaking av overflatevann og grunnvann (fig. 14)
- 7 Kart som viser plassering av gassbrønner (fig. 15)
- 8 Tabell med koordinater for prøvepunkt for supplerende prøvepunkt (S1 – S44)
- 9 Tabell med koordinater for prøvepunkt for overflatevann og grunnvann
- 10 Tabell med koordinater for plassering av 11 gassbrønner
- 11 Kart gassmålinger i bygg.