

TITTEL:

«TEKNISK OG ØKONOMISK ANALYSE OM JORDFORSTERKNING AV PELER»

KANDIDATNUMMER(E):

10037 og 10017

DATO:	EMNEKODE:	EMNE:	DOKUMENT TILGANG:
20.05.2020	IB303312	Bacheloroppgave	Åpen
STUDIUM:	ANT SIDER/VEDLEGG:	BIBL. NR:	
Byggingeniør- konstruksjonsteknikk	176/ 29		

Oppdragsgiver(e)

Jetgrunn AS

Kontakt person 1: Hassan Ali

Kontakt person 2: Lars Ø. Hoksrud

Veileder(e) NTNU i Ålesund

KRISTIAN NORMANN

SAMMENDRAG:

Bacheloroppgave går ut på teknisk og økonomisk analyse for stabilisering av et byggegrep med jetpeler sammenlignet med KC-peler (kalksementpeler). Det er en teoretisk studie som handler om jordforsterkning ved hjelp av peler. Vi har tatt et eksempel på et prosjekt som er ferdig bygd fra Jetgrunn AS i 2008. Prosjektet går ut på jordforsterkning av en byggegrep for å bygge en parkeringskjeller på Breigata i Oslo. Den planlagte byggegropa dekker et areal på 24m * 58m, og har en dybde på ca.15m. Rundt byggegropen er rammet med spunt til fjell som er stagforankret.

Jetinjisering er teknikk som brukes stort sett til forbedring av jordmaterialets mekaniske egenskaper. Kalksementpeler brukes også til å forbedre bæreevne og stabilitet i bløt og sensitive jordmaterialer, men kun inntil dybden 25-30 meter. På bacheloroppgaven foreslår vi seks forskjellige alternativer med forskjellige diameterer. Alternativer med forskjellige diameterer er laget på AutoCAD.

På slutten har vi kommet fram til den mest lønnsomme løsningen til å stabilisere en byggegrep som skal bli til en parkeringskjeller. Etter en teoretisk studie på jetpeler og KC-peler antar vi at jetpeler er mere lønnsom løsning både til byggeprosjektet, kvalitetsmessig og miljø. Det blir enda bedre hvis man kan bruke bindemidler som gir endra mindre CO₂-utslipp og har like høy evne på fasthetsutvikling.

Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av studenter ved NTNU i Ålesund.

Postadresse
NTNU i Ålesund
Postboks 1517
N-6025 Ålesund

Besøksadresse
Larsgårdsvegen 2
Internett
www.ntnu.no

Telefon
73 59 50 00
Epostadresse
postmottak@ntnu.no

Bankkonto
7694 05 00636
Foretaksregisteret
NO 974 767 880

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

<i>Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:</i>		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	ok
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	ok
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§14 og 15.	ok
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	ok
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens studieforskrift §31	ok
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	ok

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder: Kristian Normann

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)). Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjenning. Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering: ja

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)? nei
(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja: ja nei
Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

Er oppgaven unntatt offentlighet? nei
(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Fvl. §13](#))

Dato: 20.05.2020

FORORD

Denne bacheloroppgaven er utarbeidet av Mary Yuk Lam og Seema Pandey våren 2020 og er en avslutning på vår byggingeniør utdanning innen konstruksjonsteknikk ved NTNU i Ålesund. Oppgaven er gjennomført på oppdrag av Jetgrunn AS med Hassan Ali og dagligleder Lars Hoksrud som faglig kontaktpersoner.

Vi ønsker å takke oppdragsgiveren for muligheten å skrive bacheloroppgaven basert på deres prosjekt, og muligheten for å lære om jetpeler. Vi vil også rette en stor takk til vår hovedveileder Kristian Normann ved NTNU i Ålesund for all hjelp og veiledning i forbindelse med bacheloroppgaven. Vi vil også rette en takk til Lacramioara Nilsen for innspill og forslag angående laboratorieundersøkelse.

Til slutt vil vi takke hverandre som medstudenter for godt initiativ og samarbeid, og alle våre forelesere ved NTNU i Ålesund for tre lærerike år. Og alle våre medstudenter for alle gode minner og inntrykk.

Ålesund, 20.mai 2020

Mary Yuk Lam & Seema Pandey

SAMMENDRAG

Bacheloroppgave går ut på teknisk og økonomisk analyse for stabilisering av et byggegrop med jetpeler sammenlignet med KC-peler (kalksementpeler). Det er en teoretisk studie som handler om jordforsterkning ved hjelp av peler. Vi har tatt et eksempel på et prosjekt som er ferdig bygd fra Jetgrunn AS i 2008. Prosjektet går ut på jordforsterkning av en byggegrop for å bygge en parkeringskjeller på Breigata i Oslo. Den planlagte byggegropa dekker et areal på 24m * 58m, og har en dybde på ca.15m. Rundt byggegropen er rammet med spunt til fjell som er stagforankret.

Jetinjisering er teknikk som brukes stort sett til forbedring av jordmaterialets mekaniske egenskaper. Avhengig av jordart og jordmaterialer, kan man oppnå nokså høye trykkfastheter i det ferdige produktet. En jetpel er en betongpel støpt under bakken uten noe behov for tradisjonell utgraving. Teknikken går ut på at ved hjelp av et roterende høytrykk stråle bryter ned jordas struktur. Dette gjøres ved å føre ned en monitor under bakken i ønsket nivå. Monitoren består av en borekrone og flere dyser for å bryte ned jordas struktur, samtidig som man enten erstatter løsmassene eller blander oppløst jordmaterialer med sementbasert bindemidler. Det finnes to metoder å lage jetpel på. Den ene betegnes som "in-situ" og den andre som "geobetong".

Kalksementpeler brukes også til å forbedre bæreevne og stabilitet i bløt og sensitive jordmaterialer, men kun inntil dybden 25-30 meter. Jordmaterialene får mye større skjærfasthet og stivhet enn opprinnelig av at kalk og sement reagerer kjemisk med jordpartiklene. Disse pelene lages av en beltegående rigg med boreutstyr. Rigger som er utstyrt med blandeverktøy og roterende vips bores ned til ønsket dybde under jorda. Deretter blåses kalksement ut i jordmassen gjennom en dyse ved hjelp av et lufttrykk samtidig som vispen roterer og trekkes opp.

På bacheloroppgaven foreslår vi seks forskjellige alternativer med forskjellige diameterer. Alternativer med forskjellige diameter er laget på AutoCAD. Tegningene består av designer med diameter 1,0 meter, 1,2 meter, 1,5 meter, 1,7 meter, 2,2 meter og 2,5 meter. Design 1 med rammekonstruksjon på 1 meter diameter representerer jetpeler og KC-peler. Designene 2 til 6 representerer jetpeler. Det er fordi KC-peler har avgrensning av 1 meter diameter. Designene blir senere analysert på deres kapasitet for å tåle belastning, kvalitet, arbeidsmengde den krever og kostnad.

På slutten har vi kommet fram til den mest lønnsomme løsningen til å stabilisere en byggegrop som skal bli til en parkeringskjeller. Etter en teoretisk studie på jetpeler og KC-peler antar vi at jetpeler er mere lønnsom løsning både til byggeprosjektet, kvalitetsmessig og miljø. Det blir enda bedre hvis man kan bruke bindemidler som gir endra mindre CO₂-utslipp og har like høy evne på fasthetsutvikling.

ABSTRACT

Jet grouting technique and lime-cement grouting techniques are two widely known techniques for soil stabilization. This bachelor thesis studies the construction methods and design of both jet grouting technique and lime-cement techniques. It is based on a project that is already completed by Jetgrunn AS. The project lies in Breigata 10B-18, Oslo and was completed in 2008. We are taking this project as an example for further study of jet grouting techniques and comparing it with lime-cement piles. The crucial focus of this thesis is on diameter of the piles and the strength that can be achieved with these two different techniques. At the end, we compare these two techniques based on, construction practice, design, strength, and price.

Jet injection is a technique that is largely used to improve the mechanical properties of the soil material. Quite high compressive strengths can be obtained in the final product depending on soil, for example, clay and sand. A jet pile is a concrete pile injected directly in the ground with no need for traditional excavation. The technique is that using a rotating high-pressure jet breaks down the structure of the earth. This is done by bringing a monitor down the ground to the desired level. The monitor consists of a drill bit and several nozzles to break down the soil's structure, while either replacing the solids or mixing dissolved soil materials with cement-based binders. There are two methods of jet grouting. One is referred to as "in-situ" and the other as "geo-concrete".

Lime-cement piles are also used to improve capacity and stability in soft and sensitive soil materials. Lime-cement piles can go up to 25-30 meters deep. The soil materials have much greater shear strength and stiffness because lime and cement react chemically with the soil particles. These piles are made with the help of belted rig and drilling equipment. The rig equipped with mixing tools and whisk that is drilled down to the desired depth below ground. Then, lime cement is injected into the soil through a nozzle using a compressed air while the whisk rotates and is pulled up.

In the bachelor thesis we propose six different alternatives with different diameters. Various diameter options are made on AutoCAD. Drawings consist of designer with diameter 1.0-meter, diameter 1.2-meter, 1.5-meter, 1.7-meter, 2.2-meter, and 2.5-meter. Design 1 with a 1-meter diameter frame construction represents jet pellets and KC piles. The designs 2 to 6 represent jet pellets. This is because KC piles have a 1-meter diameter boundary. The designs are later analysed on their capacity to withstand load, quality, workload it requires and cost.

At the end we have the most profitable solution to stabilize soil under the construction (parking basement). After a theoretical study of jet piles and lime-cement piles, we assume that jet piles are a more profitable solution for both the construction project, quality and environment, it can be even better if you can use the binder that gives less CO₂ emissions and has the same ability for solidity development.

Innhold

SAMMENDRAG	5
ABSTRACT	6
TERMINOLOGI	14
BEGREPER	14
JETPEL	14
JETINISJERING.....	14
FASTHET I JORDA:.....	14
FUNDAMENTERING:.....	14
RETURMASSER:	14
STAGFORANKRING:	14
KALKSEMENTPELE:	14
HUMUS:	14
JORDTRYKK:.....	14
SPUNTVEGG:.....	14
SYMBOLER	15
FORKORTELSER	15
FORMLER OG VERDIER.....	15
MATERIALER OG METODE	16
EUROCODEEXPRESS	16
AUTOCAD	16
GEOGEBRA	16
DEL- 1 INNLEDNING	18
1 INTRODUKSJON	18
1.1 BAKGRUNN.....	18
1.2 OM PROBLEMSTILLINGEN	18
1.3 AVVIK PÅ GRUNN AV COVID-19	18
1.4 PROSJEKT BESKRIVELSE	19
DEL- 2 TEORETISK GRUNNLAG	20
2 JETPELER	20
2.1 GENERELT	20
2.2 HVA ER EN JETPEL?.....	20
2.3 METODE OG MATERIALET.....	20
<i>Jetinjiserings systemer</i>	22
<i>Jetrouting parameter</i>	23
2.4 UTSTYR	23
2.5 INSTALLASJON MØNSTER.....	25
<i>Primære og sekundære peler</i>	25
2.6 HINDRINGER SOM MÅ VURDERES.....	26
2.7 MATERIALETS EGENSKAPER FOR JETPELER	27
<i>Sement</i>	27
<i>Vann</i>	28
<i>Jordmaterialet</i>	28
<i>Tilsetningsstoffer</i>	28
<i>Type skader i betongkonstruksjoner</i>	29
2.8 TRYKKFASTHET	29
2.9 ARMERING.....	29
2.10 RETURMASSER.....	30
3 KALKSEMENTPELER	30
3.1 GENERELT	30
3.2 HVA ER KALKSEMENTPELER?	30
3.3 UTSTYR	31

<i>Mer om vispene</i>	33
3.4 INNBLANDINGSPROSESS.....	34
3.5 INSTALLASJONSMØNSTRE FOR KALKSEMENTPELER.....	34
3.6 MATERIALEGENSKAPER FOR KALKSEMENTPELER.....	35
<i>Valg av metode og utførelse</i>	35
<i>Kornstørrelser</i>	35
<i>Vanninnhold</i>	35
<i>Humusinnhold</i>	35
3.7 VALG AV BINDEMIDDEL.....	36
<i>Kalk</i>	36
<i>Sement</i>	36
<i>Flygeaske</i>	37
<i>Multicem</i>	37
<i>FA-sement</i>	38
<i>Fasthetsutvikling ved bruk av ulike bindemidler</i>	38
<i>CO₂-utslipp</i>	38
4 DIMENSJONERING AV PELEKONSTRUKSJONER.....	39
4.1 GENERELT.....	39
4.2 BESKRIVELSE.....	39
4.3 FUNDAMENTERING AV BYGG MED KJELLERNIVÅ.....	40
4.4 DIAMETER, SENTERAVSTAND OG OVERLAPP.....	40
4.5 DESIGN PRINSIPPER.....	40
4.6 VANLIG STATIKK.....	41
4.7 JORDTRYKK LANGS RAMMESTRUKTUREN.....	42
<i>Spunten</i>	42
4.8 BEREGNING AV HORIZONTAL KREFTER FRA JORDTRYKKET.....	43
4.9 STATISKE BEREGNING AV MAKSIMALT BØYEMOMENT OG AKSIALLAST PÅ PELENIVÅ.....	45
5 RESULTATER.....	47
5.1 GENERELT.....	47
<i>Diameter: 1 meter</i>	47
<i>Diameter: 1,2 meter</i>	47
<i>Diameter 1.5 meter</i>	48
<i>Diameter: 1,7 meter</i>	48
<i>Diameter- 2,2 meter</i>	49
<i>Diameter 2.5 meter</i>	50
5.2 RESULTAT AV JEVT-FORDELTLAST AV JORDTRYKK.....	50
5.3 UTREGNINGER AV EUROCODEEXPRESS FOR MOMENT – OG NORMALKREFTER.....	53
<i>Jetpel med diameter, Ø=1,0m</i>	53
<i>Jetpel med diameter, Ø=1,2m</i>	55
<i>Jetpel med diameter, Ø=1,5m</i>	57
<i>Jetpel med diameter, Ø=1.7m</i>	59
<i>Jetpel med diameter, Ø=2.2 m</i>	61
5.4 KONTROLL AV KAPASITET JETPEL.....	66
<i>Kontroll for spenning i Jetpeler med diameter, Ø=1,0m</i>	66
5.1.4 <i>Kontroll for diameter, Ø=1,2m</i>	70
<i>Kontroll for diameter, Ø=1,5m</i>	74
<i>Kontroll spenning i jetpel langs spunt:</i>	74
<i>kontroll for diameter, Ø=1.7m</i>	78
<i>Kontroll for diameter, Ø=2.2m</i>	82
<i>Kontroll for diameter, Ø=2.5m</i>	86
DEL 4 LABORATORISKUNDERSØKELSE.....	92
6 LABORATORISKUNDERSØKELSE.....	92
6.1 GENERELT.....	92
6.2 UNDERSØKELSER FOR JETPELER.....	92
<i>Prøve 1 – Fuktinnhold(Statens Vegvesen 2014)</i>	92
<i>Prøve 2- Humusinnhold i jorden (Statens Vegvesen 2014)</i>	93
<i>Prøve 3- Sikteanalyse (Statens Vegvesen 2014)</i>	93

<i>Prøve 4- Trykk prøven(Statens Vegvesen 2014)</i>	93
6.3 TRYKKFASTHETSPRØVING FOR KALKSEMENTPELER (STATENS VEGVESEN 2014)	94
7 DRØFTING	97
7.1 DRØFTING AV RESULTATENE FRA STATISKE BEREGNINGER	97
<i>Mulig årsak på feilkilder</i>	97
7.2 ARBEIDSMENGDE OG ARBEIDSTID MED ØKONOMI PERSPEKTIV	98
<i>Design 1- vedlegg 3</i>	98
<i>Design 2- vedlegg 7</i>	98
<i>Design 3- vedlegg 11</i>	99
<i>Design 4- vedlegg 15</i>	99
<i>Design 5- vedlegg 18</i>	100
<i>Design 6</i>	101
7.3 ØKONOMISK FORSKJELLEN VED BRUK AV «IN-SITU» OG GEOBETONG.....	101
7.4 DRØFTING AV MATERIAL VALG FRA ET ØKONOMISK PERSPEKTIV	101
<i>Peler med $\varnothing=1.0m$ og $\varnothing=1.2m$</i>	102
<i>Peler med $\varnothing=1.5m$ og $\varnothing=1.7m$</i>	102
<i>Peler med $\varnothing=2.2m$ og $\varnothing=2.5m$</i>	102
<i>Valg av bindemiddel</i>	102
8 KOSTNADOVERSLAG	103
8.1 GENERELT	103
8.2 SPUNTING	103
8.3 JETPELER	103
8.4 KALKSEMENPELER	104
9 KONKLUSJON OG ANBEFALINGER	105
10 FEILKILDE	107
DIAMETER	107
AUTOCAD TEGNINGER	107
LABUNDERSØKELSER	107
STATISKE BEREGNINGER	107
REFERANSER	108
VEDLEGG	111
VEDLEGG 1.....	112
VEDLEGG 2.....	113
VEDLEGG 4.....	115
VEDLEGG 7.....	118
VEDLEGG 8.....	119
VEDLEGG 9.....	120
VEDLEGG 10	121
VEDLEGG 11.....	122
VEDLEGG 12.....	123
VEDLEGG 13.....	124
VEDLEGG 14.....	125
VEDLEGG 15.....	126
VEDLEGG 16.....	127
VEDLEGG 17.....	128
VEDLEGG 18.....	129
VEDLEGG 19.....	130
VEDLEGG 20.....	131
VEDLEGG 21.....	132
VEDLEGG 22.....	133
VEDLEGG 23.....	134
VEDLEGG 24.....	135
VEDLEGG 25.....	136
VEDLEGG 26.....	137
VEDLEGG 27.....	138

FORPROSJEKT RAPPORT	140
FRAMDRIFTSRAPPORT	156
LOG NR. 1	156
LOG NR. 2	157
LOG NR. 3	159
LOG NR. 4	162
LOG NR. 5	164
LOG NR. 6	166
LOG NR. 7	168

Bilde liste

Bilde 2. 1 In-situ teknikken (tatt fra hjemmesiden til Jetgrunn AS)	21
Bilde 2. 2 Geobetong teknikken. (Tatt fra netsida til Jetgrunn AS)	21
Bilde 2. 3 Jetinjiserings systemer (single, double og triple fluid systemer) tatt fra(http://www.railsystem.net/jet-grouting/)	22
Bilde 2. 4 Casagrande borerigg Bilde 2. 5 Mixer+ sementsiloer	23
Bilde 2. 6 Borerigg Bilde 2. 7 Høytrykkspumpe.....	24
Bilde 2. 8 Forskjellen på gjennomsnitt diameter på homogen, og inhomogen jord. (Kimpritis 2013)	27

Bilde 3. 1 Enkeltribber av kalksementpeler på virkeligheten. (Norges Geotekniske Institutt 2011)....	31
Bilde 3. 2 Halvsirkelliggende visp (Norges Geotekniske Institutt 2011)	33
Bilde 3. 3 Visp med vinger (Norges Geotekniske Institutt 2011).....	33
Bilde 3. 4 Vanlige installasjonsmønstre for kalksementpeler (Statens Vegvesen, Ukjent dato)	34
Bilde 3. 5 Installasjonsmønstre for enkeltpeler (u.å.)	35
Bilde 3. 6 Nåledannelse under hydratasjon (Norges Geotekniske Institutt 2011)	37

Bilde 4. 1 Kontinuerlig pelerekke med effektiv bredde og senteravstand (Høie og Vermedal 2012b)	41
Bilde 4. 2 Rammestruktur, se vedlegg 15 for bedre detaljer.....	42
Bilde 4. 3 Prinsippsnitt av byggegrop, se vedlegg 1 for bedre detaljer	43
Bilde 4. 4 Byggegrupp fra prosjektet på Breigata 10B-18, tatt fra hjemmesiden til Jetgrunn AS (2008)	43
Bilde 4. 5 Elementene, knutepunktene med opplager, og glidelager som til sammen illustrere konstruksjonen.	45

Figur liste

Figur 3. 1 Sammenlikning av fasthetsutvikling for tre ulike bindemidler, figuren er tatt fra et høringsutkast til NGF medlemmer, 09.2011. er ut arbeidet av Astri Eggen, Tor Georg Jensen og Kjell Karlsrud fra NGI.	38
---	----

Figur 4. 1 Rammemodell laget på EUROCODEexpress	Feil! Bokmerke er ikke definert.
---	---

Tabell liste

Tabell 2. 1 Forhold mellom jordarter og trykfasthet ved forskjellige systemer (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a)	23
Tabell 2. 2 Forhold mellom jordarter og trykfasthet og permeabilitet («Egenskaper» Jetgrunn AS.) (Tabellen viser forhold mellom jordarter og trykfasthet og permeabilitet. Tabellen også viser forskjellen på og innsitu peler.)	28
Tabell 3. 1 Brent kalk, CaO (Norcem, u.å.)	36
Tabell 4. 1 Naviers spennings formler (Vollen 2010)	41
Tabell 4. 2 Formler for dimensjonerende strekk- og trykkfashet (Svein I. Sørensen 2017)	41
Tabell 5. 1 Utrekning av jevnfordeltlast av jordtrykk	51
Tabell 5. 2 Beskrivelse av bøyemoment- og skjærkraftdiagram	52
Tabell 5. 3 opplagerkrefter fra spuntvegg	52
Tabell 5. 4 Bøyemoment og største normal last element 26.	54
Tabell 5. 5 Bøyemoment og største normal last element 35.	54
Tabell 5. 6 Bøyemoment og største normal last element 36.	54
Tabell 5. 7 Bøyemoment og største normal last element 43.	54
Tabell 5. 8 opplagerkrefter for tversgående ribbe	55
Tabell 5. 9 Bøyemoment og største normal last element 36	55
Tabell 5. 10 Bøyemoment og største normal last element 35	56
Tabell 5. 11 Bøyemoment og største normal last element 36	56
Tabell 5. 12 Bøyemoment og største normal last element 43	56
Tabell 5. 13 opplagerkrefter	57
Tabell 5. 14 Bøyemoment og største normal last element 44	58
Tabell 5. 15 Bøyemoment og største normal last element 35	58
Tabell 5. 16 Bøyemoment og største normal last element 36	58
Tabell 5. 17 Bøyemoment og største normal last element 43	58
Tabell 5. 18 Opplagerkrefter for tversgående ribbe.	59
Tabell 5. 19 Bøyemoment og største normal last element 20	60
Tabell 5. 20 Bøyemoment og største normal last element 23	60
Tabell 5. 21 Bøyemoment og største normal last element 25	60
Tabell 5. 22 Bøyemoment og største normal last element 60	60
Tabell 5. 23 opplagerkrefter for tversgåenderibbe.....	61
Tabell 5. 24 Bøyemoment og største normal last element 15	62
Tabell 5. 25 Bøyemoment og største normal last element 26	62
Tabell 5. 26 Bøyemoment og største normal last element 27	62
Tabell 5. 27 Bøyemoment og største normal last element 51	62
Tabell 5. 28 Opplagerkrefter for tversgående ribbe	63
Tabell 5. 29 Bøyemoment og største normal last element 24	64
Tabell 5. 30 Bøyemoment og største normal last element 18	64
Tabell 5. 31 Bøyemoment og største normal last element 19	64
Tabell 5. 32 Bøyemoment og største normal last element 35	64
Tabell 5. 33. opplagerkrefter for tversgåenderibbe.....	65
Tabell 5. 34 Samlende oversikt av resultat på total spenningen i jetpel	92
Tabell 6. 1 Oppskrift for å blande betong- jetpeler	94
Tabell 6. 2 Oppskrift for å blande betong- Kalk og sement peler	95
Tabell 7. 1 Antall primære og sekundære peler på design 1	98
Tabell 7. 2 Antall primære og sekundære peler på design 2	98
Tabell 7. 3 Antall primære og sekundære peler på design 3	99
Tabell 7. 4 Antall primære og sekundære peler på design 4	100
Tabell 7. 5 Antall primære og sekundære peler på design 5	100

Tabell 7. 6 Antall primære og sekundære peler på design 6	101
Tabell 8. 1 Generelt kostnadoverslag fra norskprisbok for Spunting («Norsk prisbok»)	103
Tabell 8. 2 Kostnadoverslag for design 1 med Ø1,0-jetpel- vedlegg 3 («Norsk prisbok» u.å.).....	103
Tabell 8. 3 Kostnadoverslag for design 2 med Ø1,2 -jetpel- vedlegg 7	103
Tabell 8. 4 Kostnadoverslag for design 3 med Ø1,5-jetpel- vedlegg 11	104
Tabell 8. 5 Kostnadoverslag for design 4 med Ø1,7- jetpel- vedlegg 15	104
Tabell 8. 6 Kostnadoverslag for design 5 med Ø2,2- jetpel - vedlegg 18	104
Tabell 8. 7Kostnadoverslag for design 6 med Ø2,5 - jetpel- vedlegg 23	104
Tabell 8. 8 Kostnadoverslag for design 1 med Ø1m - Kalk-sementpel- vedlegg 3 («Norsk prisbok»)	104

TERMINOLOGI

Begreper

Jetpel

Jetpel : Er en sylindrisk pel som er støpt ut direkte i bakken uten behov for utgraving. Det er en permanent konstruksjon med høy trykkfasthet. En roterende høytrykksvæske stråle bryter ned den opprinnelige jordstrukturen.

Jetinisjering

Jetinisjering: Jetinjisering er en effektiv metode hvor ved hjelp av høyhastighets væske stråler konstruerer vi jetpeler for å tette jord mellom fjell og underkant spunt.

Fasthet i jorda:

Jordstabilisering er en metode som øker fasthet undergrunnen slik at bæreevne til en konstruksjon blir bedre.

Fundamentering:

Vi trenger å overføre vekten av bygget og andre belastninger til jorda for en stabil konstruksjon. Jordets egenskaper hvor vi skal bygget har veldig mye å si om stabilitet. For å unngå deformasjon på grunn av ustabil jord bruker vi jetpeler/KC-peler.

Returmasser:

Returmasse er overskuddsmassene ved installasjon av jetpeler og KC-peler. Returmasser består av jord, vann, noe sement og kalk.

Stagforankring:

Det er et stag som strekker seg bak spuntveggen og er til å sikre stabiliteten med spuntveggen.

Kalksementpele:

Er søyler av forbedret jord med kalksement støpt direkte i bakken uten behov for utgraving.

Humus:

Er organiske molekyler og forbindelser av kolloider og materialer av plante- og dyrerester.

Jordtrykk:

Betegnes som permanent horisontallast i denne oppgaven. Total vekt av jordmasse presset mot spunten og pelestrykturen.

Spuntvegg:

Er en konstruksjon av stål som brukes til å avgrense områder for utgravinger.

Symboler

f_{tc}	Dimensjonerende strekkfasthet
f_{cd}	Dimensjonerende trykkfasthet
μ_j	Jordtrykkskoeffisient
h_{stag}	Avstand mellom hver stagforankring
σ_N	Normalspenning
σ_M	Bøyespennning
$\sigma_{total\ strekk}$	Total strekkspenning
$\sigma_{total\ trykk}$	Total trykkspenning
ρ	vekt av jord
h_{pel}	Pelehøyde
h_{tot}	Total dybde til byggegrop
A	tverrsnittareal
\emptyset	Pelediameter
h_{eff}	Effektiv høyde
W_y	Elastisk motstandsmoment
%	Prosent
KN	Kilo Newton, SI-enhet for måling av kraft
KNm	Kilo Newton meter, SI-enhet for måling av kraftmoment
KN/m ²	Kilo Newton per kvadratmeter, SI-enhet måling av kraft per kvadratmeter
MPa	Megapascal, SI-enhet for måling fasthet og spenning

Forkortelser

m	meter
m ²	kvadratmeter
AS	aksjeselskap
mm	millimeter
CEM	Concrete-Equivalent Mortar, på norsk=betong tilsvarende mørtel
CKD	Cement Klin Dust
Ca	cirka
KC	Kalksement
NS	Norsk Standard
dvs	Det vil si
Pga	På grunn av
Osv	og så videre

Formler og verdier

Materialfaktor for uarmert betong, $\gamma = 1.75$

$$A = b \cdot h_{eff}$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$\sigma_M = \pm \frac{M}{W_y}$$

$$\sigma_N = - \frac{N}{A}$$

Etc et cetera

$$\text{Radius} = \frac{\text{diameter}}{2}$$

$$\text{Vanninnhold i prosent} = \frac{\text{fuktigprøve} - \text{tørket prøve}}{\text{tørket prøve}}$$

MATERIALER OG METODE

EUROCODEexpress

Det er et program som er bygd med informasjon om utforming og forståelse av Eurokodene, og de nasjonale vedleggene. Dette er et digitalt verktøy som brukes til å beregne avanserte statiske struktur. Dette programmet kan det brukes til å designe strukturelle objekter i 2D som rammer, buer og bjelker ved hjelp av et koordinatsystem. Så gjennomføre en statisk beregning for disse strukturene. Det blir produsert en detaljert rapport for de konstruerte komponentene. Rapporten vil bestå av resultater fra moment- og skjærkraft beregninger, forskyvninger og nedbøyninger. Samtidig vil programmet også illustrere med grafisk diagram for moment- og skjærkraft beregninger og forskyvingene. Programmet kan gjennomføre statiske beregninger for konstruksjonskomponentene betong, stål og tre. Det kan også brukes til å kontrollere enkle og avanserte statiske beregninger. Fordelen med programmet er det er allerede innebygd kodeparametere, materialverdier og standardverdier fra eurokodene og andre nasjonale vedlegg.

Autocad

CAD står for "Computer Aided design" -og er et program som brukes av arkitekter og ingeniører til tekniske tegning i 2D og 3D. AutoCAD kan brukes til å designe, skissere og tegne objekter, bygninger, buer, tunneler og andre små og store konstruksjoner. Dette programmet brukes av byggefirmaene til å tegne små og store konstruksjoner raskt med nøyaktig mål. Det er mer effektivt å tegne å AutoCAD enn å skissere på hånd. På grunn av funksjoner som kopi og lim inn, mirror, array etc. På AutoCAD er det lettere å finne feil og redigere.

Vi har brukt AutoCAD til å vise våre tekniske tegninger på pelekonstruksjonene. Vi har designet seks forskjellige designer med seks forskjellige diametere. Design med diameter 1 meter representerer kalk og sementpeler og diameter 1,2 meter, 1,5 meter, 1,7 meter, 2.2 meter og 2,5 meter representerer jetpeler.

GEOGEBRA

Geogebra er en matematikk programvarer som kan brukes for å løse matematiske funksjoner. Man kan tegne både 2D og 3D figurer for å løse geometrisk og algebraisk funksjoner. Funksjoner kan konstrueres ved bruk av punkter, linjer, vektorer eller ved bruk av funksjoner direkte på geogebra appen. På bacheloroppgaven har vi brukt geogebra for å finne overlapp mellom to sirkler(peler). Senteravstand er beregnet på hånd.

DEL- 1 INNLEDNING

1 INTRODUKSJON

1.1 Bakgrunn

Vi er to byggingeniør-studenter ved NTNU i Ålesund som samarbeider i vår avsluttende bacheloroppgave. Denne oppgaven avslutter et treårs studium og er et arbeid som skal vise all kunnskap vi har tilegnet oss i tre år på skolebenken. Vi har begge valgt å studere innenfor konstruksjonsdelen av byggfagene. Fra begynnelsen i tredje året hadde vi et ønske om å lære mer og noe nytt om fundamenteringsmetoder, fordi fundamentet er en svært viktig del av alle konstruksjoner.

Når vi fikk kontakt med dagligleder Lars Horskrud fra Jetgrunn AS fikk vi høre om jetpeler og jetinjiserings-teknikken kan brukes som avstivningskonstruksjon. Avstivningskonstruksjon utført med jetpeler kan erstatte en konvensjonell innvendig byggegropavstivning med tverrstivere, hjørnestivere og puter av stålprofiler. Dette hadde vekket vår interesse innenfor dette fagområdet, dermed valgte vi å fordype oss med jordstabilisering med peler.

1.2 Om problemstillingen

Etter en del møter med vår oppdragsgiver, Jetgrunn AS ble det enighet om problemstillingen til hovedoppgaven. Formålet er å komme fram med en teknisk-økonomisk analyse for stabilisering av et byggegrop med jetpeler sammenliknet med kalksementpeler. Hensikten ble å undersøke hvilken av peletypene er den mest lønnsomme løsningen som avstivningskonstruksjon for en bestemt byggegrop. Hovedoppgaven tar for seg et prosjekt om jordforsterkning av en byggegrop som skal bli til en parkeringskjeller under et forretningsbygg på Breigata i Oslo.

Vår oppgave ble da å undersøke på ulike pelelender i diameter, og trykkfasthet for betongmaterialene til jetpeler og kalksementpeler som en teoretisk og eksperimentell studie.

Problemstilling

- Teknisk økonomisk analyse for stabilisering av et område med KC-peler sammenliknet med jetpeler.
- Analysere ulike pelelengder i diameter, trykkfasthet til KC-peler og jet-peler, og konkludere hva er mest gunstig i henhold til pris per løpemeter.

1.3 Avvik på grunn av COVID-19

På grunn av koronavirus utbruddet både nasjonalt og globalt ble NTNUs campusene stengt siden 12.mars.2020 som medførte at vi ikke får muligheten til å bruke betonglaboratoriet. Vi har bedt om tillatelse for å gjennomføre laboratoriskundersøkelse på trykktesting av betongkvalitet på vegne av bacheloroppgaven, men NTNU ville ikke risikere å åpne campus for noen av studentene. Dermed har vi mistet muligheten til å gjennomføre laboratoriskundersøkelse, og bacheloroppgaven blir kun basert på analyse på ulike lengder av pelediameter.

1.4 Prosjekt beskrivelse

Gjennom bacheloroppgaven kommer vi til å ta for oss et prosjekt som går ut på jordforsterkning av en byggegrop. Byggegroppen skal bli til en garasjekjeller under et forretningsbygg. Dette byggeprosjektet skal hjelpe oss til å forstå mer om JET-peler, både om metodene som brukes og teknikk for etablering. Byggeprosjektet er i Oslo i Breigata 10B-18, og byggeår var fra 2007 til 2008. Jetgrunn etablerte jetpeler for sikring av byggegrop for oppdragsgiveren Inka Eiendom AS. Byggegroppen dekker et areal på 24m * 58 m, og dybden er på 13m, kan være opp til 15m dyp på høyeste terrengnivå. Langs veggene på gropa var det sikret med spuntvegger ned til fjell som er stagforanklet. Ved tradisjonell undergraving av fundament medfører at løsmasser raser ut og over tid slakes ned. Dette gir setninger på terreng og deformasjoner på konstruksjonen, og nabobyggene. Jetpeler ble tatt i bruk som en aktuell løsning, og hensikten er for å avstive spuntene under endelig gravenivå og fungere som et innvendig avstivende fagverk. Peler etableres innenfor avgrenset areal av spuntveggene på dagens terrengnivå. Kort og konsis forklaring; først settes spunt, så etableres pelene og til slutt graves groppen. I dette byggeprosjektet blir etablerte jetpeler en permanent konstruksjon.

Del- 2 TEORETISK GRUNNLAG

2 JETPELER

2.1 Generelt

Dette kapitlet skal gi klarhet til teoretisk grunnlag på jetpel og jetpeleteknikken. Det skal utføres teknisk vurdering av diameter, lengde og trykkfasthet basert på beskrevet teori. Teorien skal beskrive hva jetpel er, metoden som er i bruk i Europa, utstyr, dimensjonerings prinsippene og trykkfasthet.

2.2 Hva er en jetpel?

En jetpel er en sylindrisk betongkonstruksjon som er injisert direkte på bakken uten behov for utgraving (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a). Dette er en permanent konstruksjon med høy trykkfasthet som kan brukes til stabilisering av jord for bygg- og anlegg konstruksjoner. En jetpelkonstruksjon kan brukes til å sikre byggegrøpa mot grunnvann inntrenging, sikring av ustabil skråning, grunnforsterkning, forsterkning av fundamentet, forankring av spuntvegg, nedsjakting til fjell, refundamentering, overgang mellom fjell og løsmasser ved tunnelinnslag og som lyd og forurenset grunnvann skjerming (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a). Hovedfunksjon av jetpel stort sett er til å forbedre jordmaterialets mekaniske egenskaper.

2.3 Metode og materialet

Jetinjisering metode ble først utviklet i Japan i tidlig 70- tallet (Wang mfl. 2013) fra Dr. Eng. Wataru Nakanishi og har vært i bruk rundt Europa siden tidlig 80- tallet.

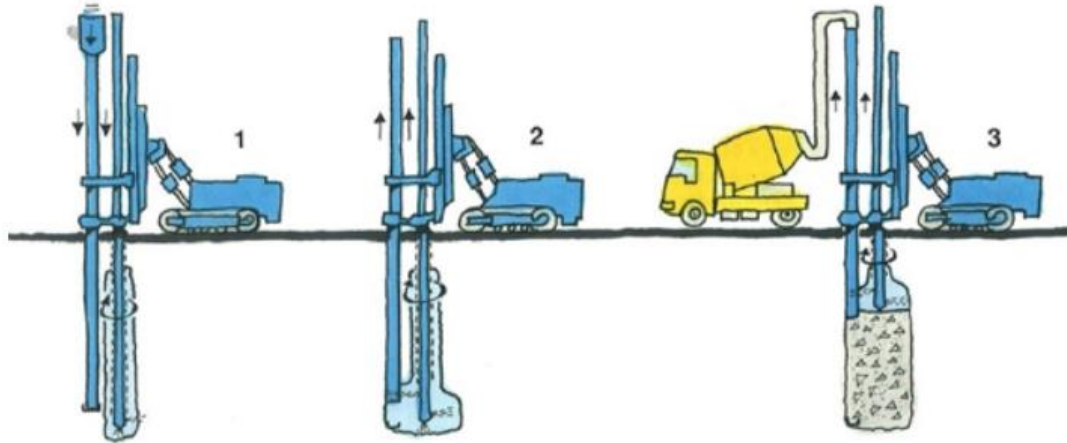
Grunnprinsippet bak jetpeleteknikken går ut på at man fører ned en roterende høytrykks med 20-40 Mpa (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a) væskestråle i grunnen som eroderer den opprinnelig jordstruktur (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a).

Man må ha kjennskap på jordartens egenskaper, dvs. styrke, vanninnhold, kornfordelling for å velge hvilken type jetpeleteknikken er best for den tilfelle. På Breigata prosjektet har Jettgrunn AS utført prøver for å finne egenskaper på løsmasser ned i fundamentnivå.

Løsmasser ned til fundamentnivå består av siltig, leiring materiale (*lest på prosjekt beskrivelse fra jettgrunn AS*).

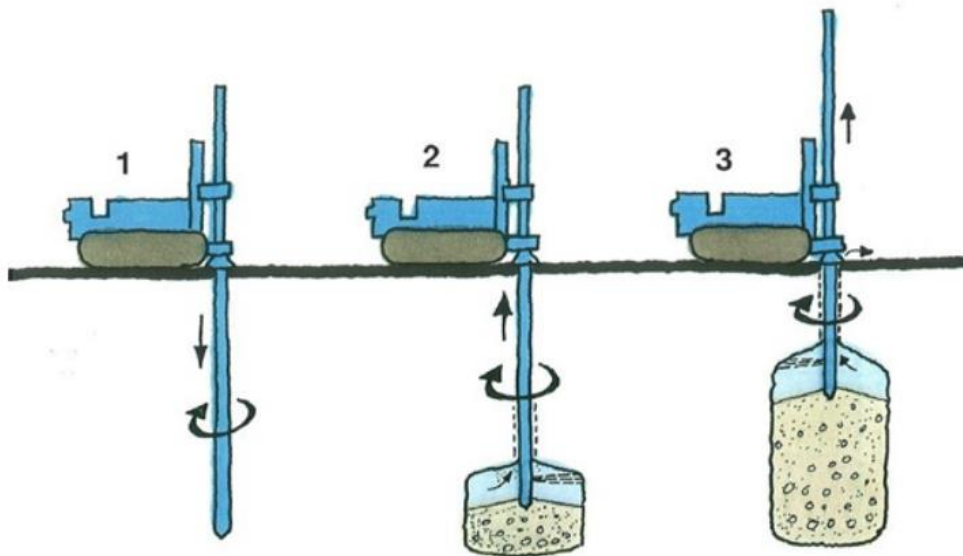
I Norge brukes det to forskjellige teknikker, "in-situ og geobetong" (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a).

1. **In-situ:** Ved "in-situ" er det full erstatning av opprinnelige jordmaterialet med ferdigblandet betong pasta, som kan produseres med trykkfasthet på over 60 MPA (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a).



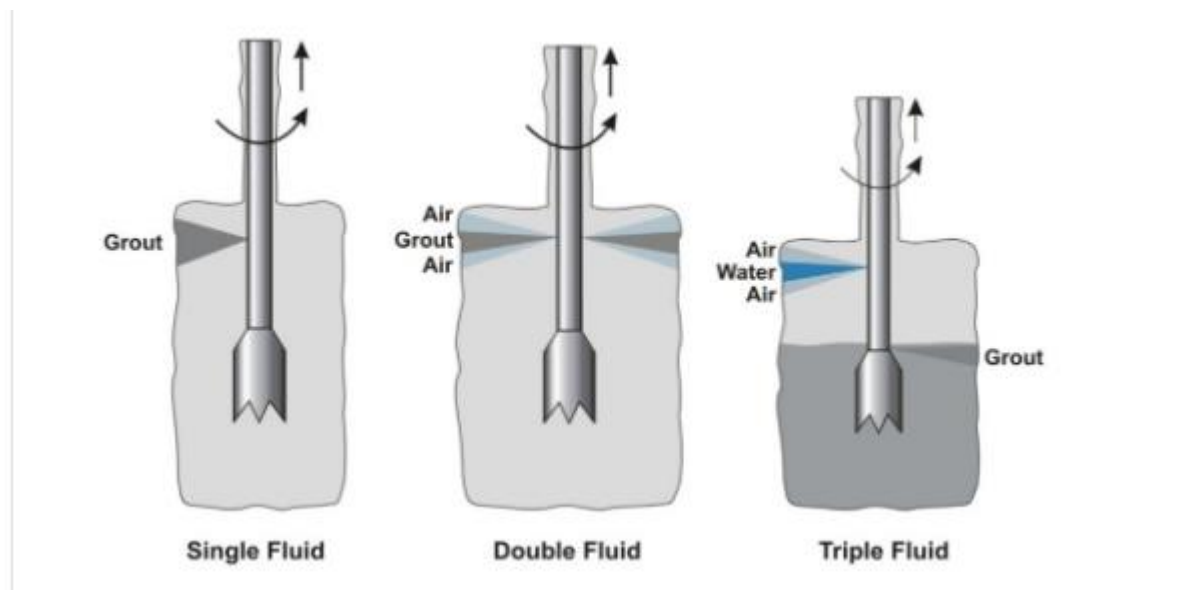
Bilde 2. 1 In-situ teknikken ((Jetgrunn AS, u.å.))

1. **Geobetong:** Ved “geobetong” er jordmaterialet en del av konstruksjonen hvor vann, luft og sement blir injisert inn i jorda for å få en sylindrisk betongkonstruksjon med høy trykkfasthet. Jordmaterialets egenskaper har stor betydning på geobetongens trykkfasthet, for eksempel, i leire får vi fasthet opptil 15 Mpa (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a) og i grus/sand/morene kan få fasthet opptil 35 Mpa (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a).



Bilde 2. 2 Geobetong teknikken. ((Jetgrunn AS,))

Jetinjiseringsystemer



Bilde 2. 3 Jetinjiseringsystemer (single, double og triple fluid systemer) tatt fra (<http://www.railsystem.net/jet-grouting/>)

Det er tre ulike metoder av jetinjisering. Valg av metode avgjøres av forskjellige bruksområder og jordmaterialenes egenskaper (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a).

- 1. Single fluid system-** Mono fluid system er den enkleste metoden hvor vann og sementgraut er injisert i jorda ved hjelp av en dyse. Denne metoden er avhengig av høytrykks fugemasse (vann og sementblanding) for å erodere jorda. Høytrykks fugemasse bryter ned den opprinnelige jordas materialeegenskaper og blandes med fugemasse for å utforme en jetpel (Wang mfl. 2013). Denne teknikken anvendes spesifikt i kohesjonsjordarter, for eksempel sand og grus og grove steinfyllinger.
- 2. Double fluid system-** Bi fluid system sementholdig fugemasse med komprimert luft sprøytes ut fra dysen for å bryte ned den opprinnelige jordstrukturen og blande omgivende jord i stedet (Ni og Cheng 2014). Det brukes dobbeldyse for å føre luft med høytrykk og jetgraut (Ni og Cheng 2014). Dobbelt væske metode er mer effektiv enn enkelt væske metode og er i stand til å skape større peler.
- 3. Trippel fluid system-** Trippel væske metode går ut å erodere opprinnelige jordstrukturen ved bruk av vanntrykk sammen med lufttrykk i en dobbel dyse for å få økt effektivitet (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a). Sement og vann i en annen dyse skal injiseres for å få en permanent pelekonstruksjonen.

Jordart	Single system		Dobbel system		Trippel system	
	Diam. (m)	Trykkfasthet (PMa)	Diam. (m)	Trykkfasthet (PMa)	Diam. (m)	Trykkfasthet (PMa)
Leire	50–180	3–10	50–200	5–15	100–180	>35
Sand	50–200	<25	50–220	<45	100–180	>35
Grus	50–200	<20	50–220	<40	N–A	N–A
Morene	50–160	10–20	50–160	<35	N–A	N–A
Steinfylling	50–160	10–20	50–160	<30	100–180	>35

Tabell 2. 1 Forhold mellom jordarter og trykkfasthet ved forskjellige systemer (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a)

Tabellen 2.1 er tatt fra Grunnforsterkninger, fyllinger og skråninger (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a) som opplyser om forholdet mellom jordart og trykkfast ved bruk av de forskjellige jetinjiserings systemer. Pelekonstruksjoner med single fluid system kan få mindre enn 25 PMA, dobbelt fluid system kan få trykkfasthet opp til 45 PMA og trippel fluid system kan få større enn 35 PMA.

Jetgrouting parameter

Jetgrouting parameter bestemmes av jordmaterialet på bruksområdet som skal eroderes. Vanlig parameter som vi må ta hensyn til er:(Covil og Skinner 1994)

1. Grouttrykket og strømningshastighet
2. Vanntrykk og strømningshastighet
3. Lufttrykk og strømningshastighet
4. Løftehastigheten til riggstengene under utsprøytingsprosess
5. Type monitor og antall dyser
6. Monitor rotasjon

Disse parameter brukes til å kontrollere størrelser og kvalitet på pelekonstruksjoner. Bruk av disse parameterne kan man oppnå ønsket pelestørrelse. Forholdet mellom løftehastigheten til riggstengene under sprøytingsprosess og strømningshastighet for grout, vann og luft er veldig viktig for å oppnå ønsket diameter på pelekonstruksjonen. En teoretisk modell kan brukes for å estimere ønsket diameter.

2.4 Utstyr

Jetpeler krever hovedsakelig fem utstyr som er beskrevet nedenfor.



Bilde 2. 4 Casagrande borerigg



Bilde 2. 5 Mixer+ sementsiloer



Bilde 2. 6 Borerigg



Bilde 2. 7 Høytrykkspumpe

Bilde 2.4, 2.5, 2.6 og 2.7 fotografert av Hassan Ali, Jetgrunn AS (22.04.2020)

- 1. Borerigger:** Borerigger er en av hoved utstyrene som trengs for jetinjisering. Jetpellerigger kan finnes på forskjellige størrelser. Når man jobber med store dybder utendørs kreves det større rigg enn på innendørs som i kjellere. Store rigger er vanligvis dieseldrevet og mindre rigger er elektriske. ((«Utstyr» jetgrunn AS.))
- 2. Blandeverk og sementsiloer:** Blandeverket består av to blandekar hvor sement, vann og tilsetningsstoffer blandes sammen. Blandeverket kan ha lik størrelse som en standardcontainer på 2,5 m x 6,0 m . («Utstyr» jetgrunn AS.) Etter sement og vann er blandet sammen trenger vi sementsiloer for å lagre grouten. Sementsiloer kan være en faststruktur eller bærbar som kan flyttes når det er nødvendig. I vårt tilfelle er det smart å ha bærbare sementsiloer som kan flyttes fra den ene byggeplass til den andre. Plassering av blandeverket og sementsiloer er avhengig av tilgjengelig plass på byggeplassen. Ved nok tilgjengelig plass kan sementsiloer plasseres ved siden av blandeverket ellers kan sementsiloer plasseres oppi blandeverket for å spare plass. ((«Utstyr» jetgrunn AS.))
- 3. Høytrykkspumpe**

Jetinjisering teknikk går ut på injisering av grouten (sement og vannblanding) ved bruk av høytrykkspumpen for å erodere jordstrukturen. Høytrykkspumpe er en av de viktigste utstyrene som brukes til å pumpe grouten fra blandeverket. Høytrykkspumpe øker væsketrykket til opp mot 500 bar som går gjennom høytrykksslanger og derifra til boreriggen («Utstyr» jetgrunn AS.))
- 4. Kompressor og el-container**

Kompressoren leverer luft til boreriggen og el-container leverer strøm til anlegget. («Utstyr» jetgrunn AS.).

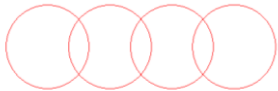
2.5 **Installasjon mønster**

Installasjon mønster er avhengig

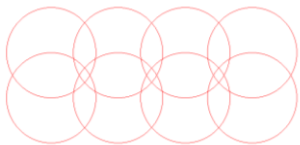
1. Enkeltpel



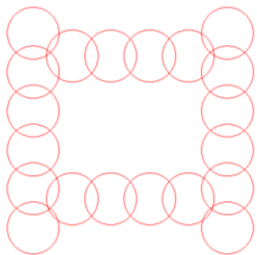
2. Enkel ribbe



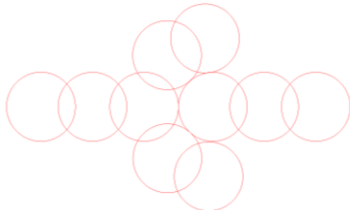
3. Dobbelt ribbe



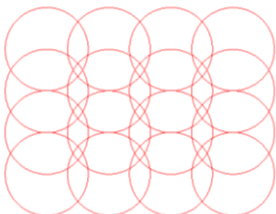
4. Glitter ribber



5. Skjøting av ribber



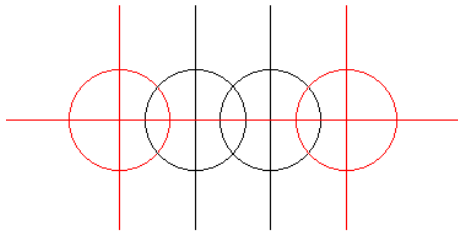
6. Blokk



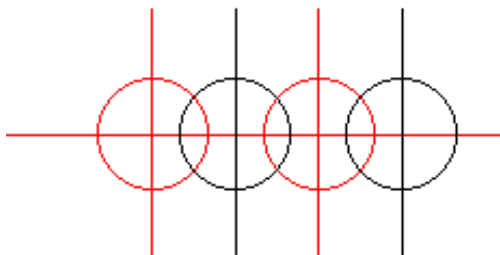
(Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a) som viser forskjellige måter å sette peler.

Primære og sekundære peler

1. Primærepeler satt som hver tredje pel.



2. Primærepeler satt som annen hver pel.

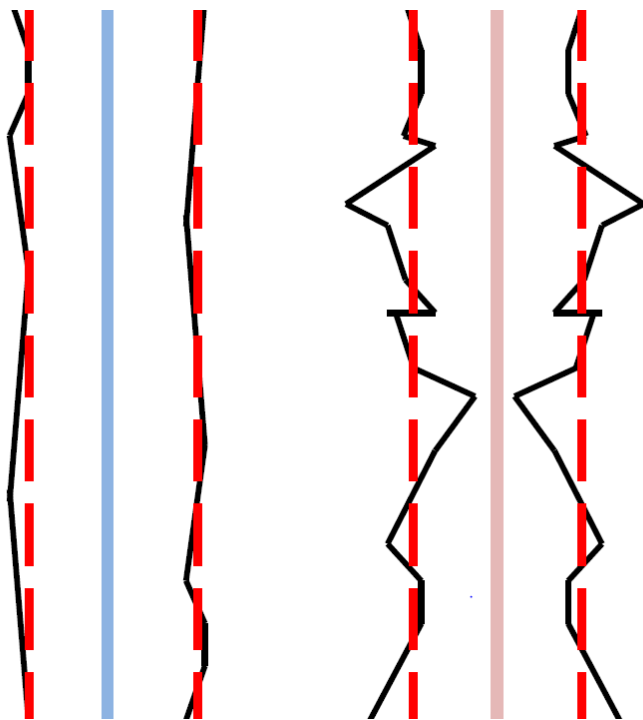


Prosjektet vårt skal utføres som enkeltribbe der peler har overlapp på hverandre. Ved installasjons prosess må vi ta hensyn på betongens kapasitet for å harde. Enkeltpel injisert på jorden trenger tjuefire timer for å harde ((Hoksrud 2020)). De første jetpelene som er injisert i jorden kalles primære peler. Det er forskjellige metode for å sette primære peler. De to forskjellige metoder for å sette primære peler er vist på figuren ovenfor.

Etter primære peler er hardnet kan det føres sekundære peler på gitt senteravstand. På første den første forslag må vi sette primærepeler på tredje senteravstand og på den andre forslag må vi sette primære peler på hver andre senteravstand. Sekundærepeler etableres bare etter primære peler er herdet ellers er det fare for utvasking og deformasjon ((Hoksrud 2020)).

2.6 Hindringer som må vurderes

Det kan oppstå hindringer for å injisere stråler på grunn jorden egenskaper. For eksempel det er lettere å få ønsket diameter på jorden med homogenegenskaper. Bilde 2,8 viser forhold mellom homogene og inhomogene egenskaper av jord og gjennomsnitt diameter(Kimpritis 2013). Det er vanskelig å få ønsket diameter på pelekonstruksjoner på grunn av jordmaterialets egenskaper.



Bilde 2. 8 Forskjellen på gjennomsnitt diameter på homogen, og inhomogen jord. (Kimpritis 2013)

2.7 Materialets egenskaper for Jetpeler

En Jetpel er en sylindriskkonstruksjon av betong. Betong er en blanding av sement, vann, jordmaterial (sand, grus og stein) og tilsetningsstoffer. På grunn av lang levetid, styrke, vekt, form, farge og fleksibilitet er det dagens mest brukt byggemateriale(Maage 2015a). I tillegg er betong vanntett og har gode brannmotstandsevner(Maage 2015a).

Jordmaterialet, saltinnholdet, og omgivelsene rundt betong-konstruksjon har store påvirkninger på betongens styrke og levetid.

Sement

Betongens bindemiddel består av sement. Sement er et fint-kornet pulver og er et hydraulisk bindemiddel, for at sement skal hardne og bli en vannbestandig masse må vann tilsettes(Maage 2015a). Jo finere sementkornet er desto raskere er fasthetsutviklingen og varmeutviklingen i fersk betong(Maage 2015a). Det finnes en egen standard NS-EN 206-1 som angir sement-typer som er tillatt å bruke i Norge. Grunnen er å tilpasse Norges klima og arbeidsforholdet på byggeplassen. Tillat sement typer og bruksområdet er:(NTNU i Ålesund 2015)

1. Standardsement: Standardsement er portlandsement/ portlandblanding som brukes vanlig i Norge for husbygging og anleggskonstruksjoner.
2. Standardsement FA: Standard sement med flygeaske har større bestandighet.
3. Anleggssement: Anleggssement er egnet til oljeplattformer, bru og veidekker
4. Anleggssement FA: Anleggssement med flygeaske er spesialsement som er egnet anleggskonstruksjoner og massive konstruksjoner.
5. Industrisement: Industrisement kan brukes til vinterstøping og produksjon av betongelementer.
7. Norcem SR: Norcem SR er sulfatresistent sement og brukes i betongkonstruksjoner som er utsatt for grunnvann og i betong i direkte kontakt med alunskifer.
8. Mursement: mursement er spesial type sement som brukes for produksjon av mur- og pussmørtel.

Vann

Når vann blandes med sement, omdannes det til et slags lim, som kalles sementpasta. Blandingsforholdet avgjør bestandigheten på betongen. Jo mindre vann vi tilsetter, desto sterkere blir sementpastaen. Forholdet mellom vann og sement kalles for v/c – tallet eller masseforhold. V/C- tallet forteller hvor mange liter vann som bør tilsettes i betongen i forhold til bindemiddelet. Hvis vi avtar vann mengden i betongen, da kan vi oppnå høyere trykkfasthet.

Jordmaterialet

Jordmaterialet kan variere fra sted til sted. Jordartene kan være leire, sand, grus, morene, steinfylling osv. Trykkfasthet og permeabilitet varierer ut ifra ulike jordarter.

Jordart	Geobetongpeler (J2, J3)			In-situ betongstøpte jetpeler (EC1)		
	Diam. [cm]	Trykk- fasthet [MPa]	Permeabilitet [m/s]	Diam. [cm]	Trykk- fasthet [MPa]	Permeabilitet [m/s]
Leire	50-200	>10	10^{-8} - 10^{-10}	100-180	>45	10^{-12}
Sand	50-220	>20	10^{-8} - 10^{-10}	100-180	>45	10^{-12}
Grus	50-220	>20	10^{-6} - 10^{-8}	-	-	-
Morene	50-220	10-20	10^{-5} - 10^{-8}	-	-	-
Steinfylling	50-160	10-20	10^{-5} - 10^{-8}	100-200	>35	10^{-8} - 10^{-10}

Tabell 2. 2 Forhold mellom jordarter og trykkfasthet og permeabilitet («Egenskaper» Jetgrunn AS.) (Tabellen viser forhold mellom jordarter og trykkfasthet og permeabilitet. Tabellen også viser forskjellen på og innsitu peler.)

Jordartene har stor betydning på betongens styrke og levetid. Jordartene kan inneholde humus som kan hindre reaksjon mellom vann og sement(Maage 2015a). Jord med humus-innhold skal ikke blandes inn for å lage betong. Fuktighet i tilslaget variere, og dette kan føre til uventede variasjoner i betongens egenskaper. Tørrt tilslag vil ta opp vann fra den ferske betong og rask kan føre til stivere betong enn forventet(Maage 2015a). Dersom tilslaget inneholder mye fuktighet, vil det gi vann til den ferske betongen som kan føre til dårligere betong. Masseforhold i betong med tørrt tilslag kan bli lavere enn i fuktig tilslag. Fuktighets-prøver på tilslaget skal gjennomføres til å bestemme vann/semnt tallet.

Prosjektbeskrivelse på Breigata 10 av Jetgrunn AS opplyser at området ligger på siltigleire.

Tilsetningsstoffer

Tilsetningsstoffer tilsettes betongen i små mengder under blandingen eller før blandingen. Det kan være flytende eller i pulver. Hensikten med tilsetningsstoffer er å påvirke utstøpingsegenskaper i betongen. Norsk standard («NS-EN 934-2:1997»)har delt tilsetningsstoffer for betong inn i grupper:

1. Vannreducerende/ plastiserende
2. Sterkt vannreducerende/superplastiserende
3. Tilsetningsstoffer som reduserer vannutskillelse
4. Luftinnførende
5. Størkningsakselerende
6. Hardingsakselerende
7. Størkningsretarderende
8. Vannavstøtende: dette reduserer kapillært vannopptakk i herdet betong
9. Størkningsretarderende og superplastiserende
10. Størkningsakselerende og plastiserende.

Effekten av tilsetningsstoffer varierer avhengig av de andre delmaterialene og sammensetningen, produksjonsprosess, transport og håndtering på byggeplassen.

Type skader i betongkonstruksjoner.

For å få en bra betongkonstruksjon med høy trykkfasthet må vi sikre konstruksjonen mot en del skader som kan dukke opp over tiden. Skade typer kan være: (Maage 2015a)

1. Frost: Frost-skader er en av de vanligste skadene i betongkonstruksjoner i Norge på grunn av vær forholdet. Når temperaturen senker, vil betongen kjøles ned og eventuelt vann i betongen fryses og utvider seg (Maage 2015a). Dette skaper sprekke og eventuelt medføre brudd i betongen. Prosjektet vårt er utsatt for Frost skader fordi konstruksjonen ligger i grunnen. Vannet skal leddes bort fra konstruksjonen for å hindre frostskaader. Man kan utføre labbundersøkelse for å skjekke hvor mye jord materialet (sand, grus og stein) inneholder. Når konstruksjonen ligger i grunnen, er det svært viktig å ta hensyn til grunnvannstanden
2. Kjemisk nedbrytning: Kjemisk nedbrytning skjer når betongen kommer i kontakt med kjemiske forbindelser. Dette kan bryte ned betongen og reduserer betongens levetid. Kjemisk nedbrytning kan være syreangrep, alkalireaksjoner, sulfatreaksjoner og nitratreaksjoner. (Maage 2015a)
3. Kloridskader: Kloridskader oppstår når salt trenger inn i betongen og skaper rust i armeringen. I vårt prosjekt blir ikke betongkonstruksjonen armert. Dermed blir det ingen fare for rust i armeringen. (Maage 2015a)
4. Karbonatisering: Dette er et av de vanligste skadene som kan dukke opp i betongen. Karbonatisering skjer når CO₂ trenger inn i betongen og PH verdien synker. Dette fører til at betongen mister styrke over tid, og kan føre til deformasjoner i konstruksjonen. Dette kan ikke forhindres så lenge det er CO₂ i omgivelsene der betong blir brukt. (Maage 2015a)

2.8 Trykkfasthet

Jordartenes egenskaper har stor betydning på betongens trykkfasthet. Jordartene kan være leire, silt, sand, grus, morene og så videre (henviser til tabell 2.1 og 2.2). Norskstandard («NS-EN 12620:2002+A1:2008+NA:2016».) klassifiserer betong etter fasthet og bestandighet. Fasthetsklasse og bestandighetsklasse velges basert på type jordarter.

1. Fasthetklassene er B10, B20, B25, B30, B35, B40, B45, B55, B65, B75, B85, B95. Bæreevne til en betongkonstruksjon er bestemt på betongens trykkfasthet. Tallene angir hvor stor last kan en betongkonstruksjon med gitt dimensjon kan bære.. Trykkfasthet øker ved økt fasthetsklasse, dvs. B20 har større kapasitet å bære større belastning enn B10 og videre. Trykkfasthet måles på mega pascal (MPa).
2. Bestandighetsklasse angir v/c- tallet. Det vil si hvor mye mengde vann per andel sement (v/c- tallet) vi trenger når vi blander betong. Bestandigheten øker når vanninnholdet reduseres. Bestandighetsklassene er MF40, M40, MF45, M45, M60 og M90.

2.9 Armering

Jetpelekonstruksjonen er vanligvis ikke armert. Norsk standard for betong konstruksjoner («NS-EN 1992-1-1:2004+A1:2014+NA:2018».) tillater jetpelekonstruksjoner å være uarmert. Dette er fordi jetpelekonstruksjoner med geobetong er injisert direkte på bakken uten utgraving og er hovedsakelig belastet med trykk. Ved in-situ installasjon kan jetpeler armeres hvis det er behov for det. Et alternativ for armering av jetpeler er å bruke stålfiber/basaltfiber (Høie og Vermedal 2012a) så at det kan blandes med grouten og er ikke behov for spesial installasjoner.

2.10 Returmasser

Når jetgrouten (sement og vann) injiseres inn i mett jord på stedet til en blanding av grouten og jord, blir noen igjen i jorden for å danne en jetpel og noen strømmer ut til overflaten. Masser som kommer tilbake til overflaten kalles returmasser (Ni og Cheng 2014). Det er viktig å ha kontroll over returmasser så at den fører ikke til store trykk. Ukontrollert returmaser medfører til deformasjon og heving av terreng. Volumet av returmasser er større enn volumet av jetgrouten. Mengden på returmasse er avhenger jordtypen, for eksempel leire eller sand (Ni og Cheng 2014).

Returmasse som er blandet med sement og jord må håndteres slik at det er ikke skade til mennesker, dyr eller planter, den må transporteres over i containere, trommelbiler og til godkjent deponi.

Returmasse under installasjon av «geobetong jetpeler» består av vann, jord og sement. På grunn av sement og vann i returmasse er det vanlig at den hardner etter noen dager avhengig av temperatur og sementinnhold. Dette kan ikke gjenbrukes. Derfor må overskudmassene pumpes inn i en kontainer og transporteres til et godkjent deponi.

Returmasse under installasjon av «in-situ jetpeler» består av jordmaterialer som blir pumpet opp før injisering av grouten. Derfor inneholder den ikke sement. Det kan bare transporteres eller gjenbrukes.

3 KALKSEMENTPELER

3.1 Generelt

Kapittelet skal gi en innføring på hva kalksementpeler og kalksementpeleteknikk er. Det er ment til å gi leseren en bedre forståelse for videre lesing av oppgaven. Det skal oppi bakgrunnsinformasjon om tekniske vurderinger på diameter, lengde og trykkfasthet. Teorien beskriver også metodene, utstyr, dimensjonerings prinsippet som er mest brukt i Europa. Det vil også opplyse om valg av bindemidler ut ifra økonomisk og miljø- og klima hensyn.

3.2 Hva er kalksementpeler?

Kalksementpeler er mest brukt hvor det er sensitiv leire med skjærfasthet rundt “5-30kPa” (Norges Geotekniske Institutt 2011). Formålet med pelene er til å forbedre bæreevne og stabiliteten i grunnen. Kalksementpelmetoden har blitt brukt i Norge siden 70-tallet, men er mere brukt i Sverige og Japan. I Norge blir pelene mest brukt i bløtleire, middelsfast leire og kvikkleire. Kalk og sement som bindemidler bidrar til fasthetsforbedring i jordmaterialene 10 til 50 ganger bedre enn opprinnelig fasthet. Skjærfasthet i jordmaterialene kan øke fra “5-30 kPa” til “100-600 kPa” etter at pelene er etablert (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012b). Fastheten til kalksement innblanding har økning utover flere måneder.

Det er viktig og være klar over at kalksementpeler er søyler av forbedret jord i forhold til opprinnelige jordmasser. Pelene er regnet for å ta aksiallast og skjærkrefter, men ikke strekk- og bøyepåkjenning. Kalksementpeler blir blant annet brukt som avstivning i grunnen eller som barriere for å skjerme en konstruksjon fra en kilde. Ofte fungerer pelene som en permanent fundamenteringskonstruksjon, men det er tilfeller det brukes som midlertidig grunnforsterkning. Slike peler brukes vanligvis som grunnforsterkning ved jernbane- og vegbygning, sikring av byggegroper, anleggsveier og sikring av skråninger. Det kan også brukes til å dempe vibrasjoner fra veier og jernbane.

Over tid har man blitt bedre å tilpasse bruken av kalksementpeler i ulike forhold og bruksområder. Det samme gjelder bruk av ulike installasjonsmønstre, avstand mellom pelene, pelenes lengde i diameter, og overlapp hvis pelene installeres i ribber. Fra 80-tallet har blandingsforholdet mellom kalk og sement blitt et av de mest brukte bindingsmidlet for dypstabilisering. På bilde 3.1 viser kalksementpeler satt sammen i enkeltribbe.

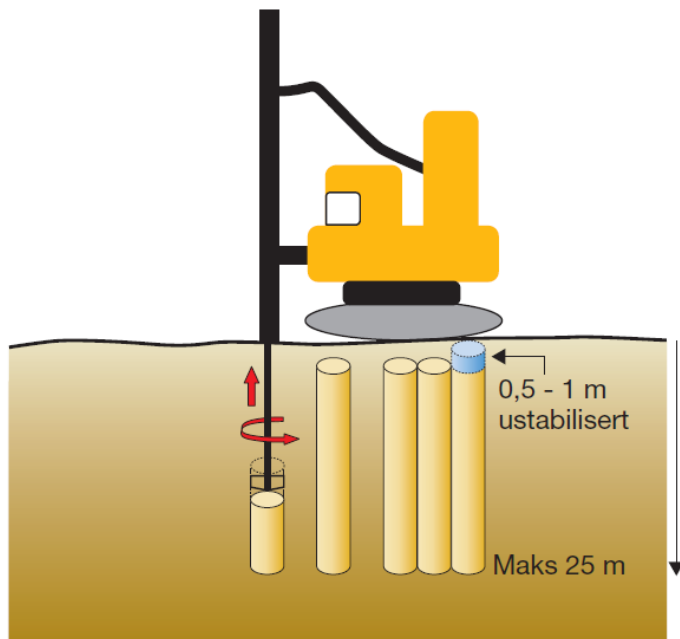


Bilde 3. 1 Enkeltribber av kalksementpeler på virkeligheten. (Norges Geotekniske Institutt 2011)

3.3 Utstyr

Pelene etableres fra terrengnivå eller fra avtalte utgravnivå. Pelene kan settes til berg, fastgrunn eller avsluttes ved begrenset dybde. Normale installasjonsdybde er for de fleste maskinene begrenset til 15-20m (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012b). Det er få spesielle maskiner som kan installere 25m til 30 m dype peler. Ved installasjon av peler er det behov for utstyr som kan borre ned i grunnen og blande sammen bindingsmiddelene. Dette utføres av er beltegående rigg som er utstyrt med boretårn og roterende visp, se *figur 3.2*. Sement krever større innblandingsarbeid enn kalk. Det er vispens dimensjon som bestemmer pelenes dimensjon. Vanligste dimensjon som brukes på vispene er 500mm, 600mm, 700mm og største er vanligvis 1000 mm, hvor 600 mm er mest brukt. Det er vanlig at nye visp er litt større i diameter enn fastsatt pelediameter. Normalt 10mm til 20mm større. (Norges Geotekniske Institutt 2011) Diameteren reduseres ved bruk, og høyt innhold av steiner i grunnen kan gi raskere slitasje på boreutstyrene. De fleste entreprenørene har sine egne visp og boreutstyr fordi det finnes enda ikke noe foreskrevet standard for vispene.

Rotasjon ved nedføring, innblanding
og rotasjon ved opptrekk



Bilde 3.2a Maskin med rigg, boreutstyr og visp (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a)



Bilde 3.2b Kalksementrigg som installere kalksementpeler. (Norges Geotekniske Institutt 2011)

Mer om vispene



Bilde 3. 2 Halvsirkelligende visp (Norges Geotekniske Institutt 2011)



Bilde 3. 3 Visp med vinger (Norges Geotekniske Institutt 2011)

Det finnes mange forskjellige visp som brukes, og ulike visp har ulike egenskaper. De mest brukte vispene er kalt «standardvisp». Den ene har halvsirkellignende form, se bilde 3.2.1a og den andre har vinger, se bilde 3.2.1b.

Vispen føres roterende ned med en borstang som presser ned til ønsket etablerings dybde. Vispen på borstangen består av dyser som pumper bindemiddel med lufttrykk ut i grunnen, mens vispen roterer og trekkes opp. Trykket varierer fra 3-15 bar avhengig av dybden. Kvalitet på pelene er avhengig av innblandingsarbeidet. Innblandingsarbeidet er avhengig av jevn tilførsel av bindemiddelet og stigningen per omdreining og rotasjonshastighet. Valg av stigningshastighet er avhengig av materialet i jorda og hvilken visp. Innblandingsarbeidet blir definert som rotasjonshastighet per stigningshastighet. Eksempelvis, en vanlig innstilling er rotasjonshastighet på 175 omdreining per minutt med en stigningshastighet på 20mm per omdreining. De vanligste rotasjonshastighetene er fra 150-175 omdreining per minutt med stigningshastighet i området 10-35mm per omdreining (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012b).

Kalksementriggene er utstyrt med automatisk dataregistrering av borddybde, opptrekks-hastighet og antall mengde bindemiddel, hvor operatøren sitter i førerhus og styrer installasjonen av pelene. Stabiliseringen styres og dokumenteres med datamaskin. Med nyere rigger er GPS vanligvis brukt til posisjonering, noe som gjør at installasjonen kan bli lettere enn uten. Bindemiddelet oppbevares i tank som enten er montert på riggen eller en ekstern vogn som følger maskinen.

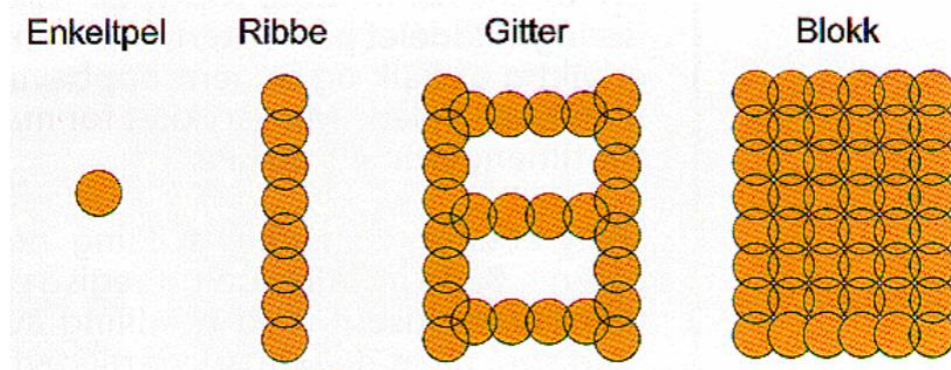
3.4 Innblandingsprosess

Figur 3.2a illustrere prinsippet for innblandingsprosessen til en kalksementpel av en borestang med visp som føres ned til ønsket dybde (15-20m). Som nevnt i avsnitt 3.2 utføres innblandingen ved roterende opptrekk. Det er vanlig at den øverste delen like før terrengnivå ikke blir stabilisert. Vanligvis de øverste 0.5m til 1.0m er ustabilisert som det vises i figuren 3.2a. Dette er for å unngå faren for at store mengder kalk- og sementstøv spres i lufta av manglende mottrykk fra overflaten. Sement og brent kalk (ulesket kalk) er sterkt basiske stoffer som virke etsende i kontakt med øynene, slimhinner og hudoverflaten. I tillegg er det lite gunstig for arbeidsplassen, ytre miljø og økonomien.

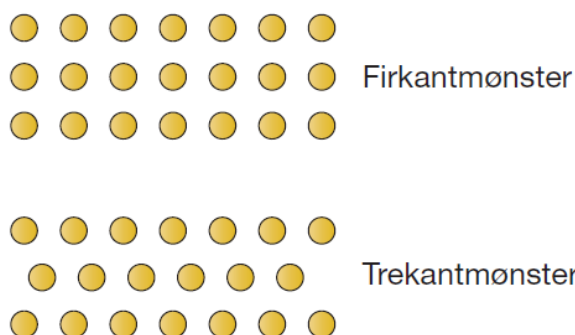
3.5 Installasjonsmønstre for kalksementpeler

Valg av installasjonsmønstre avgjøres gjennom et prosjekteringsvalg og av forskjellige bruksområder. Det må alltid undersøkes i forkant om terrenget kan trafikkeres av anleggsmaskinene. Begrenset fremkommelighet for borerigger, lastebiler og tankbiler med kalk og sement kan skape ulike utfordring under installering av forskjellige installasjonsmønstre. Maskinene bør heller ikke arbeide på terreng som er brattere enn 1:10 (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012a). Kalksementpeler kan installeres som enkeltpeler eller sammen som enkle eller dobler ribber, i blokk og i gitter, se *figur 3.4*. Pelene som skal virke sammen i ribber, gitter eller blokk har overlapp på cirka 10-15 cm. Det er mest vanlig å bruke enkle eller doble ribber og blokkmønstre for avstivning av byggegrop. Ved installasjon av peler som skal virke sammen med overlapp, må det helst skje fortløpende. Når det er for lang tid mellom hver installasjon vil den nye pelen få dårlig kontakt med den foregående pelen. Det vil føre til at nabopelen blir herdet så mye at overlapp blir umulig.

Enkeltpeler kan settes i trekant- eller firekantmønster brukes vanligvis for å forsterke anleggsveier, se *figur 3.5*. I Norge er det fremdeles lite erfaring med dette bruksområdet, men i Sverige har det vært mye brukt som setningsreducerende tiltak. Det er veldig begrenset fremkommelighet for både maskinene som skal installere enkeltpelene og for andre kjøretøy på anlegget fordi nyinstallerte peler har redusert styrke. Selv etter herdetiden bør det ikke kjøres direkte på enkeltpelene. Det anbefales å legge et forsterkningslag over slik at lasten blir mere jevnt fordelt når anleggstrafikk ferdes på.



Bilde 3. 4 Vanlige installasjonsmønstre for kalksementpeler ((Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012b))



Bilde 3. 5 Installasjonsmønstre for enkeltpeeler (Statens vegvesen og Norge Vegdirektoratet 2012b)

3.6 Materialeegenskaper for kalksementpeeler

Valg av metode og utførelse

Valg av metode er avhengig av hvilken type jordart og jordmaterialer befinner seg der det skal bygges. Andre viktige enheter i jorda som er med å bestemme sensitivitet og skjærfasthet er vanninnhold, humusinnhold, mineraler og eventuelt innhold av steiner. Før kalksementpeleemetoden tas i bruk må en forundersøkelse utføres først. Det må undersøkes om det er nok tid til å gjennomføre laboratorieundersøkelser og om det er nok tid til pelene å herde før de blir belastet av andre bebyggelser. Det er viktig at pelene får nok tid å herde til det ønskelige styrket. Enhver ønskelig styrke har sin herdetid, men den mest normale herdetiden er 28 døgn. Før valg av metode og utførelse bør innblanding av bindingsmiddel være testet og dokumentert av laboratoriske undersøkelser. I tillegg skal den aktuelle jordarten være testet slik at bindemiddelet og jordmaterialene til sammen skaper best mulig fasthet.

Kornstørrelser

Kornstørrelser og kornfordelingen i jorda har stor påvirkningsgrad på innblanding og omrøringen av kalksement som bindemiddel. Får å oppnå best mulig stabilisering i jorda må partiklene i innblandingens skape gode bindingsforhold. For store kornstørrelser i jordmaterialene skaper dårligere bindingsforhold, spesielt steiner i grunnen vil føre til store slitasje og brekkasje på utstyr. Det anbefales at kornstørrelse bør ligge rundt 0-0,2mm og helst ikke større. Vanlige jordtyper som stabiliseres med kalk er leire, kvikkleire, siltig leire og silt. Kvikkleire og leire som er normalkonsolidert er best egnet for stabilisering med kalksement. Relativt tørt og fast leire krever mere innblandingsarbeid, spesielt med økt andel med sand og silt. (Norges Geotekniske Institutt 2011)

Vanninnhold

Vanninnhold i leire har stor betydning på bindingsegenskaper for stabilisering av løsmasser. For lavt vanninnhold kan medføre at stabiliseringsmiddelet får ufullstendig reaksjon. For høyt vanninnhold vil gi lavere fasthet. Det er dermed viktig å tilpasse vanninnholdet i jorda med stabiliseringsmiddelet. Leire med vanninnhold mindre enn 80% gir best bindingseffekt mellom kalk og sement. (Norges Geotekniske Institutt 2011)

Humusinnhold

Leire som inneholder noen prosent av humus, kan virker retarderende på betongens herdeforløpet og redusere trykkfastheten. Kalk har veldig liten stabiliseringseffekt når det er høyt innhold av humus i jordmaterielene. Høyt humusinnhold kan også føre til at sementlimet

mister bindingsegenskapene. Det kan lett med hjelp av en enkel laboratorisk undersøkelse finne ut om humusinnholdet i jordpartiklene. Det tas ut en bestemt mengde av løsmassen eller leire som settes i en NaOH-løsning, og deretter vurderer løsningsfarge fra en fargeskala. Når fargen blir mørkegul eller tilnærmet brunrød betyr at humusinnholdet er høyt. For å oppnå samme fastheten som i leire med lavt eller ingen humusinnhold må større mengde av stabiliseringsmiddel økes. Det betyr at sementmengden må økes når det er påvist innhold av humus i leiren. (Norges Geotekniske Institutt 2011)

3.7 Valg av bindemiddel

Får å få best mulig effekt av bindemidler må blandingsforholdet tilpasse bruksområde. Det mest benyttende bindingsmiddelet har en blanding på 50% kalk og 50 % sement. I leire som inneholder humus er det en fordel å ha blandingsforholdet på 25 % kalk og 75 % sement. Fra 80- og 90-tallet ble det vanlig å bruke kalk-sement-bindemiddelet (KC) i Norge, det betyr at kalk og sement vispes sammen på in situ. Fra midten av 2000-tallet har det blitt mere vanlig å bruke multicem. Multicem er et bindemiddel som består av sement, brent kalk og kalsinerte materialer, mer om multicem på avsnitt 3.7.4. (Norges Geotekniske Institutt 2011)

Kalk

Det er brent kalk som er vanligvis brukt sammen med sement for jordstabilisering. Brent kalk er ulesket kalk, CaO og fremstilles av kalkbrenning. I kalkbrenning blir kalkstein spaltet til brent kalk og karbondioksid (CO₂), ved oppvarming til 1100-1200 grader celsius i en sjaktovn. Brent kalk egner seg best med jordarter som har høyt vanninnhold. Kalk reagerer med vann i leiren og danner kalsiumhydroksid, Ca(OH)₂ gir raskere uttørking av jordmassen, noe som gir økt fasthet. Finmalt brent kalk reagerer raskere enn grovmalt, dermed bør kornstørrelsen ligge nært 0-0,2mm. Høyt innhold av sulfider eller salter i leire har vist at kalk har liten effekt. Tilsvarende ved høyt humusinnhold. Det stilles noen krav ved bruk av brent kalk, se tabell 1. På tabellen viser det at CaO-aktiv må være større enn 80%. Det betyr hvor stor mengde av brent kalk er fri til å reagere kjemisk. Flytbarheten oppgir hvor godt materialet flyter gjennom rør eller munnstykker.

**Tabell 3.1 - Brent kalk, CaO,
(Norcem, ukjent årstall)**

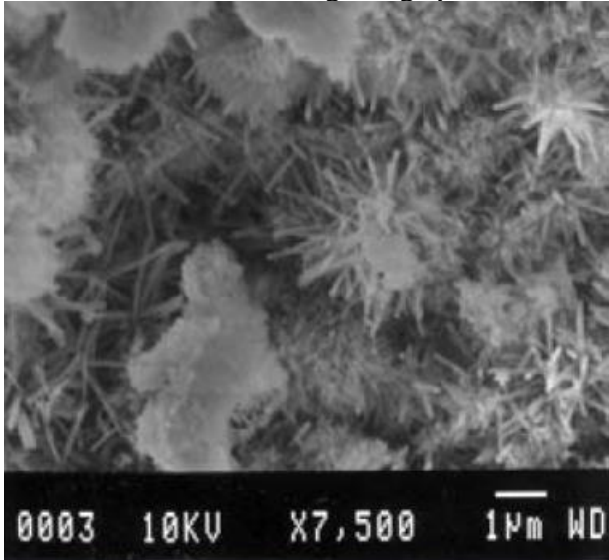
Kornstørrelse	0-0,2mm
CaO innhold	>80%
Flytbarhet	>40%

Tabell 3. 1 Brent kalk, CaO (Norcem.)

Sement

I dagligtalen blir synonymet sement ofte feilaktig brukt på produktene betong eller mørtel. Sement er et bindingsmiddel som brukes til å fremstille betong og mørtel. I 1840-tallet ble den første sementen fremstilt i Norge, men portlandsement produksjon kom ikke før i 1890-tallet. Siden den tiden har portlandsement blitt et standardisert produkt inne bygg og anlegg. Produktet fremstilles av kalkstein og andre råmaterialer som leire, leirskifer, sandstein, kvarts og feltspat. Under produksjonen males kalkstein og råmaterialene ned til pulver og brennes i roterende ovner. Så males det til et fint pulver i en rørmøller under tilsetning av 3-5% gips og jernsulfat.

Sement er det viktigste bindemidlet i betongen, men sementen har ingen bindeegenskaper før det kommer i kontakt med vann. Den kjemiske reaksjonen mellom sement og vann, hydratasjon danner noe som kalles for sementlim. Hydratasjon starter av nåledannelser på sementkornenes overflate. Dette nåleformede strukturen kalles for CSH-krystaller (kalsiumsilisiumhydrat-krystaller), se *figur 3.6*. Dette er et komplekst nettverk som binder sammen sementlimet, og gir materialet styrke, stivhet og bestandighet. Det er et annet krystallisert struktur av kalsiumhydroksid, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ som gjør materialet basisk. Når nåledannelsen fyller hulrommene mellom sementkornene og øvrige partikler i den stabiliserte massen, blir sementpastaen dannet.



Bilde 3. 6 Nåledannelse under hydratasjon (Norges Geotekniske Institutt 2011)

Flygeaske

Flygeaske er et biprodukt fra forbrenningsprosesser av kull i kullfraktverk. Asken fanges opp fra røykgasser ved hjelp av filtre. Flygeaskens sammensetning består cirka av 45-55% silisiumoksid (SiO_2) og 20-30% aluminiumoksid (Al_2O_3). I Norge blir flygeasken blandet inn i noen sementprodukter, eksempelvis Norcem bruker flygeasken Vattenfall Fly ash Moorburg som kommer fra varmeverket i Moorburg i Tyskland. (Eidsmo 2019)

3.6.4 Standard Portlandsement

I sementstandarden («NS-EN 12620:2002+A1:2008+NA:2016») er portlandsement betegnet CEM I som betyr at sementinnholdet ikke skal ha mere enn 5% av sekundære bestanddeler. Portlandsement er ofte kalt «rene» sementer som består av 95-100% portlandssementklinker. Det er et produkt som er nøyaktig satt sammen av råvarer gjennom en sementproduksjon. Portlandssementklinker er hydraulisk materialer som består av to tredjedeler kalsiumsilikater og resten består av aluminium- og jernholdige klinker. Vanlig kornstørrelse for portlandsementen ligger mellom 0-0.02mm. (Maage 2015b)

Multicem

Som nevnt i avsnitt 3.7, har det blitt mere vanlig å bruke multicem som bindemiddel. Et annet betegnelse for multicem er CKD-støv, er forkortelse av «Cement Klin Dust». CKD-støv er et finkornet alkaliske partikler som er sammensatt av oksiderte og vannfrie partikulæreste. Dette er et industriavfall og restprodukt fra sementproduksjon. Multicem har et høyre innhold av kalk enn vanlig sement, men mindre andel av brent kalk. Det har vært på visst at produksjonen av multicem har mindre CO_2 -utslipp per tonn sement enn selve kalk- og sementproduksjon. Den mest vanlige blandingsforholdet er 50 % CKD-støv og 50% sement. Multicem kan blant annet

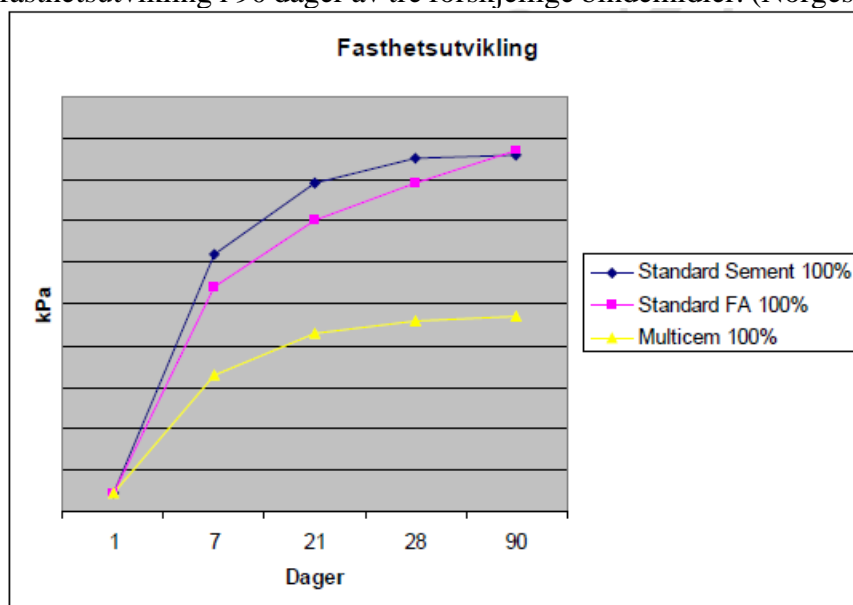
leveres ferdigblandet med 25% og 75% andel CKD-støv av Norcem AS sine terminaler Brevik og Kjøpsvik. (Norges Geotekniske Institutt 2011)

FA-sement

Fa-sement er en blandingssement som inneholder 20% flygeaske. Flygeasken består av silisium- og aluminiumholdige materialer som i seg selv har liten sementformet verdi, men som finmalt form og kommer i kontakt med vann reagerer den kjemisk og danner kalsiumhydroksid (Ca(OH)_2) i vanlig romtemperatur. Da vil den bestå av sementholdige egenskaper. Denne hydratasjonsprosessen bidrar med økt styrke og tetthet mellom vann og sement. (Maage 2015b)

Fasthetsutvikling ved bruk av ulike bindemidler

Gjennom årene har det blitt mere vanlig å sette sammen bindemidler av mere enn bare sement og kalk. De vanligste delmaterialene som blandes inn kan være flygeaske, gips, silikastøv, granulert masseovenslagg og restprodukter fra en tidligere sementproduksjon. På figur 3.1 viser fasthetsutvikling i 90 dager av tre forskjellige bindemidler. (Norges Geotekniske Institutt 2011)



— 100 % Standard Portland sement — 100 % FA- sement — 100 % Multicem

Figur 3. 1 Sammenlikning av fasthetsutvikling for tre ulike bindemidler, figuren er tatt fra et høringsutkast til NGF medlemmer, 09.2011. er ut arbeidet av Astri Eggen, Tor Georg Jensen og Kjell Karlsrud fra NGI. (Norges Geotekniske Institutt 2011)

CO₂-utslipp

Karbondioksid gass, (CO_2 (g)) er også en stor del av produktene fra produksjon av sement og kalk. Dersom man ikke iverksetter tiltak for å redusere utslipp av CO_2 , hadde produksjon av 1 tonn sement sluppet ut 1 tonn CO_2 . Cirka 60% av utslippet kommer fra kalsinering av kalkstein og 40% fra forbrenning og framstilling. Ifølge Norcem sin fabrikk i Brevik er CO_2 -utslippet 776 kg per tonn sement i 2017. Gjennomsnittlig CO_2 - utslipp av brent kalk (ulesket kalk) produksjon er omtrent 1000kg per tonn kalk i året. De enkelte utslippene kan variere avhengig av energikilde til forbrenning og andel av materialer. I Norge har alternative energiformer blitt tatt mere i bruk til termisk energi, eksempelvis avfallbasert biologisk brennstoff istedenfor fossilt brensel. Andre alternativer som kan bidra å redusere CO_2 -utslipp er å bruke økende andel av substituttmaterialer som flygeaske, silikastøv og andre naturlige pozzolaner som erstatter

deler av sementklinker. Selv om man tar i bruk blandingssement hvor en andel av sementklinker er erstattet av biprodukter betyr ikke det er helt utslippsfritt. («Sementproduksjon og CO2» .)

4 DIMENSJONERING AV PELEKONSTRUKSJONER

4.1 Generelt

Dette kapitlet handler om generell teori på dimensjonering av pelekonstruksjoner. Det er ment for å gi leseren bedre forståelse på videre lesing av beregningene og resultatene på de neste kapitlene. Det skal handler om ulike alternativer løsninger som brukes til å sammenlikne kalksementpeler og jetpeler. Det er beskrivelser på pelediameter, overlapp, senteravstand og AutoCAD tegninger. I tillegg blir det beskrivelse på statiske beregninger, og hvordan den horisontale lastpåvirkning av jordtrykket virker mot spunten og rammestrukturen av jetpeler. Dimensjonene og rammestrukturene til plantegningene, se vedleggene 3 til 27 tegnet på AutoCAD brukes videre på EUROCODEExpress til å gjennomføre beregninger på bøyemoment og aksiallast.

4.2 Beskrivelse

Det er to hovedutfordringer man møter på når man skal beregne og utforme en konstruksjon slik at den oppnår god sikkerhet mot å bryte sammen.

1. Lastens virkning: Det ene er å kartlegge hva konstruksjonen skal brukes til, og om det er sannsynlig at bruksmåten kan forandre seg over tid. Dette bestemmer hvilke belastninger konstruksjonen kan bli utsatt for, og påkjenninger de vil gi. Dette kalles for lastvirkningene. (Kompendium i lastberegning, 2003)
2. Materialets kapasitet: Dette handler om materialvalg. En konstruktør må ha kunnskap til hvilke materialer som er tilgjengelig, og kjenne til egenskapene materialene har i ulike sammenhenger. Ved hjelp av beregninger og materialegenskap kan konstruktøren finne ut hvor mye konstruksjonsmaterialene tåler av lastvirkning. (Kompendium i lastberegning, 2003)

En rekke krav enhver konstruksjon må oppfylle (Kompendium i lastberegning, 2003):

1. Konstruksjonen må være funksjonell og virke etter en hensikt
2. Den må ikke innebære for stor personrisiko under bruk
3. Den må i en viss utstrekning kunne beholde sin stryke under brann og andre ulykkessituasjoner
4. Den må være minst mulig ressurskrevende og kostbar
5. Den må ha en bestandighet og slitasjestyrke

Ulike konstruksjonsløsninger vil oppnå disse kravene på ulike nivåer. Det er viktig å være forsiktig å vektlegge ett krav fordi det kan gå på bekostning på et annet krav. For eksempel vil en sterk vektlegging på krav om en rimelig konstruksjon føre til lavere bestandighet og økt personrisiko på grunn av underdimensjonering.

Det stilles flere krav til en konstruksjon og disse kan deles opp i fire tilstander(Kompendium i lastberegning, 2003)

1. Bruddgrensetilstand – Det handler om en konstruksjon skal være bruddsikker. Det vil si at konstruksjonen må ha tilfredsstillende sannsynlighet for at de ugunstige

lastvirkningene ikke føre til konstruksjonssvikt eller sammenbrudd. For å oppnå god sikkerhet mot brudd kan man ikke overskride foreskrevne bruddkriterier.

2. Ulykkestilfeller – ulykkesgrensetilstand er et spesialtilfelle av bruddgrensetilstand. Det er viktig å kontrollere hvordan en konstruksjon vil oppføre seg hvis det skulle bli en ulykkessituasjon. For eksempel ved brann eller eksplosjon.
3. Utmattingsbrudd – Enkelte materialer kan få redusert fasthet dersom spenningene varierer mange ganger, og føre til utmattingsbrudd. Kontroll for utmattingsbrudd er beskrevet i materialstandardene.
4. Bruksgrensetilstand – Det stiller krav til at en konstruksjon under bruk skal ha en “oppførsel” som skal oppfylle funksjonene som den var tiltenkt. For eksempel et gulv skal ikke få større nedbøyninger eller svingninger enn at mennesker kan føle seg trygge når de går på det.

4.3 Fundamentering av bygg med kjellernivå

Fundamentet er en svært viktig del av alle konstruksjoner. Det er der alle kreftene overføres fra konstruksjonen til byggegrunnen. Diverse viktige problemstillinger som er knyttet til fundamentering er bæreevne, jordtrykk mot vegger, setninger og telehiving. Det er grunnforhold og av konstruksjonens bæreevne som bestemmer fundamenteringsmåter. I store byer og tettbefolkede områder kan fundamentering bli svært utfordrende på grunn av mye bløtleire. Spesielt i Oslo hvor store deler av byen ligger på bløtleire. (Lars mfl. 2018)

Det er tilfeller når bæredyktige grunn ligge så dypt at direktefundamentering blir vanskelig eller for dyrt, kreves det spesielle tiltak og fundamenteringsmetoder for dypstabilisering. I noen tilfeller kan man bare grave bort myr og bløt leire og erstatter det med andre materialer som sprengstein, grus eller pukk. Ved større dybder, bør man vurdere å bruke dypstabiliserings metoder, eksempelvis jordforsterkning av jetpeler eller kalksementpeler.

Bygg med kjellernivåer krever det dype utgravninger for å legge fundamentet. Ofte er det nødvendig å støtte opp sidene med spuntvegger under dype utgravninger. Det er vanlig at spuntveggen rammes ned før utgraving tar til slik at spuntten danner en sammenhengende vannrett vegg. I mange tilfeller blir spuntveggen del av den permanente fundamentløsningen. Ved dype utgravninger, eksempelvis for garasjeanlegg under bakken forankres spuntten med stag.

4.4 Diameter, Senteravstand og Overlapp

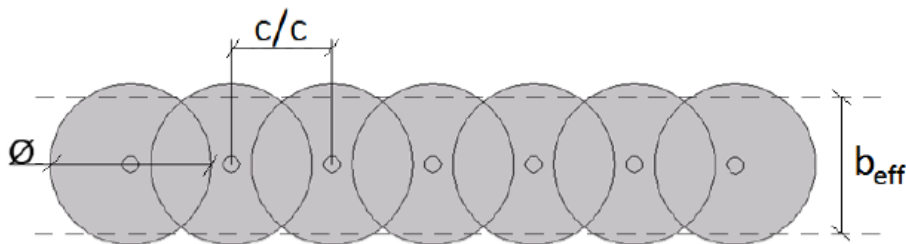
Gjennom oppgaven skal vi analysere ulike diameter og lengder av peler for å oppnå den beste statiske utforming av pelekonstruksjonen. Dette er for å oppnå en stabil konstruksjon. Det er valgt ut seks ulike lengder på pelediameter til å finne den mest gunstige konstruksjonsløsningen. Tjufem prosent (25%) av pelediameteren utgjør overlapp når pelene er satt sammen i form av ribber. Hele pelekonstruksjonen i vårt prosjekt er satt sammen av enkeltribber. Radius utgjør 50% prosent av diameteren (m) og bestemmer senteravstanden(c/c) (m). Pelene kan ta større strekk når diameter en øker og motsatt. For å få nøyaktig svar på høyde effektiv (m), h_{eff} , brukte vi geogebra. Skjærings punkt mellom to sirkler med et bestemt senteravstand bestemmer høyde effektiv i geogebra (se . Resultatene på kapittel 5.1) og håndberegningene er vedlagt i kapittel 5.1. Det kan brukes for å lage plantegninger for hvert rammesystem.

4.5 Design prinsipper

Bacheloroppgave inneholder seks forskjellige designer som er tegnet på AutoCAD, se vedlegg 3- 27.

4.6 Vanlig statikk

Dimensjonering av peler baseres på vanlige statiske dimensjoneringsregler. For å gjøre beregningen enkelt skal betongen regnes som lineært elastisk for å finne maksimale trykk- og strekkspenning på grunn av bøyemoment og aksialkrefter. Gjennom betongens tverrsnitt vil det antas en lineær spenningsfordeling. Prinsippet er å foreta pelerekkene satt sammen i enkelribbe som en kontinuerlig støttemur, og beregne ut de indre kreftene som en utkraget bjelke. I praksis installeres pelene sammen med en viss senteravstand, c/c og overlapp slik at det kan sikre nok heft mellom pelene. Det er den valgte pelediameteren og senteravstand som avgjør effektiv bredden, se figur 4.1. Effektiv bredden brukes til å regne ut elastiske motstandsmoment og total vekt for pelene per løper meter. Ved beregning av normalspenning og maksimal bøyespenning brukes Naviers formler for bjelker, se formler på tabell 4.1.



Bilde 4. 1 Kontinuerlig pelerekke med effektiv bredde og senteravstand (Høie og Vermedal 2012b)

Naviers spennings formler:

Normalspenning

$$\sigma(N) = \frac{M}{I} * y + \frac{N}{A}$$

Bøyespenning

$$\sigma(M) = \frac{M}{W(el)} - \frac{N}{A}$$

Tabell 4. 1 Naviers spennings formler (Vollen 2010)

Når man har regnet ut maksimal bøyespenning og normalspenning for pelerekkene, må det sjekkes om bøyestrekkspenningen ikke overstiger dimensjonerende strekkfasthet, f_{td} , se tabell 4.2 for formelen. Trykkspenning for pele må også sjekkes med dimensjonerende trykkfasthet, f_{cd} , se også tabell 4.2 for formelen. Begge dimensjonerende trykk- og strekkfasthet for betong klassifiseres etter Eurokode 2. (The European Union, EN1992-1-1, 2004)

Formler:

Dimensjonerende strekkfasthet

$$f_{tc} = \frac{\alpha(cc) * f(ck, 0.05)}{\gamma(c)}$$

Dimensjonerende trykkfasthet

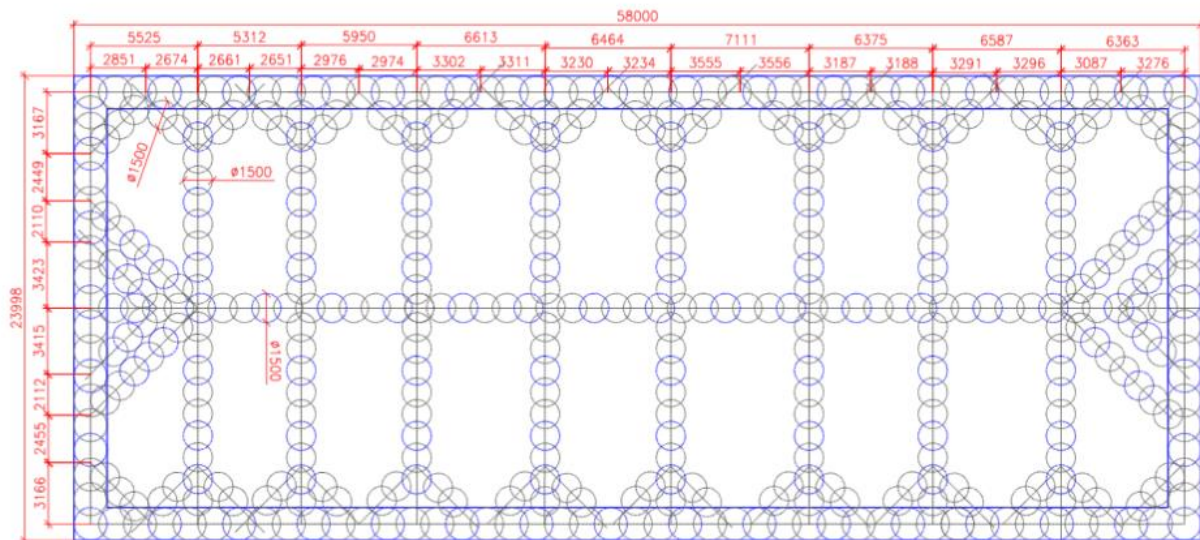
$$f_{cd} = \frac{\alpha(cc) * f(ck)}{\gamma(c)}$$

Tabell 4. 2 Formler for dimensjonerende strekk- og trykkfasthet (Svein I. Sørensen 2017)

Ifølge Eurokode 2, avsnitt 12.3.1 settes $\alpha_{cc}=0.8$ for begge dimensjoneringsformelene, på tabell 4.2. Det er på grunn av uarmert betong, er mindre duktil, og γ_c er materialfaktoren til betong og settes lik 1.5. Under beregning i denne bacheloroppgaven vil materialfaktoren settes lik 1.75 på grunn av uarmert betong, og det er oppgitt slik på forprosjektrapporten, Breigata 10B-8 fra Jetgrunn AS.

4.7 Jordtrykk langs rammestrukturen

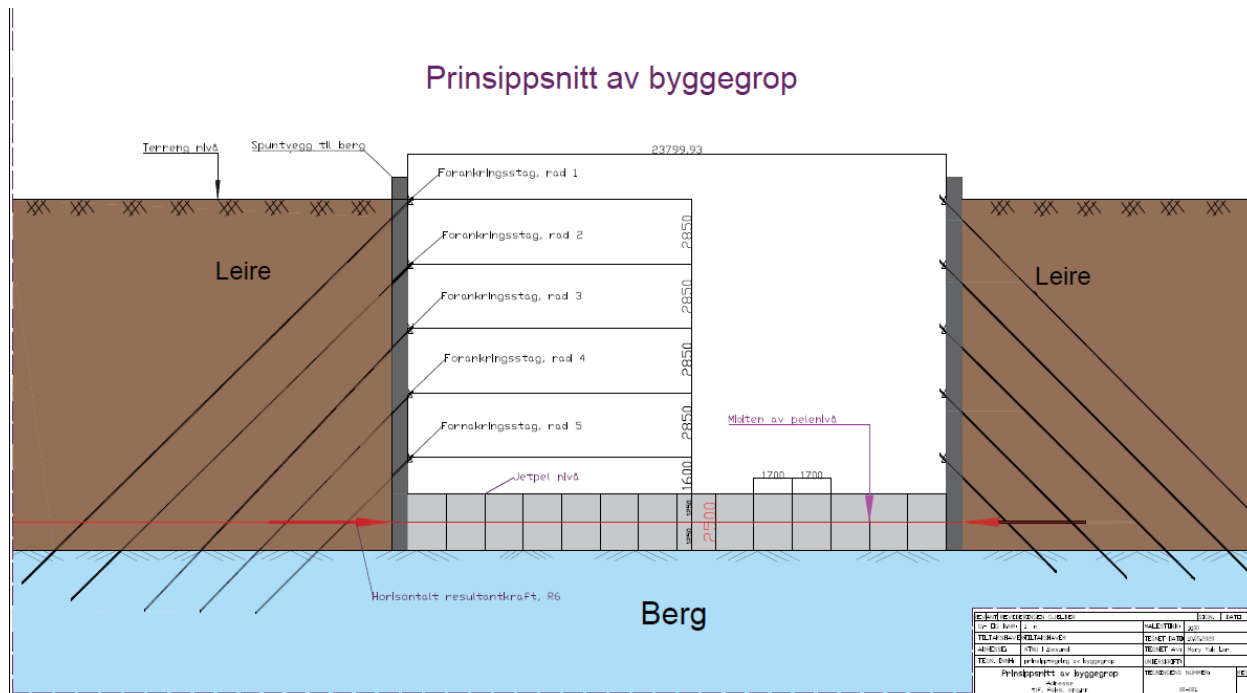
Et av hovedmålene i vårt prosjekt er å undersøke ulike pelelender i diameter satt sammen i en bestemt strukturmodell. Hele strukturen består kun av enkelribber. Pelene er satt sammen i en rammestruktur med flere tverrgående og skrå ribber og en langsgående ribbe, se figur 4.2. Poenget er å undersøke hvordan lastpåkjenningene fra jordtrykket påvirker rammestrukturen. For å kunne gjøre det må vi finne ut hvordan den horisontale lasten fra jordtrykket fordeler seg langs hele rammestrukturen.



Bilde 4. 2 Rammestruktur, se vedlegg 15 for bedre detaljer.

Spunten

Hele byggegropen er rammet rundt av spuntvegger. Spunten strekker seg helt ned til berg fra dagens terreng nivå, med en total dybde på 15,5m. Det er opplyst at spunten som rammes rundt byggegropen er sikret med fem stager forankring, se bilde 4.3 og 4.4. Mellom hver stagforankring er det antatt en avstand på ca 2,85 m i vår student prosjekt, fordi vi har ikke fått noe tydelig informasjon om selve spunten fra Jetgrunn AS. Avstanden fra femte stagerad til toppen av pelenivå er 1,6m. Jetpelene er installerte med en dybde på 2,5m, se bilde 4.3.



Bilde 4. 3 Prinsippnitt av byggegrop, se vedlegg 1 for bedre detaljer

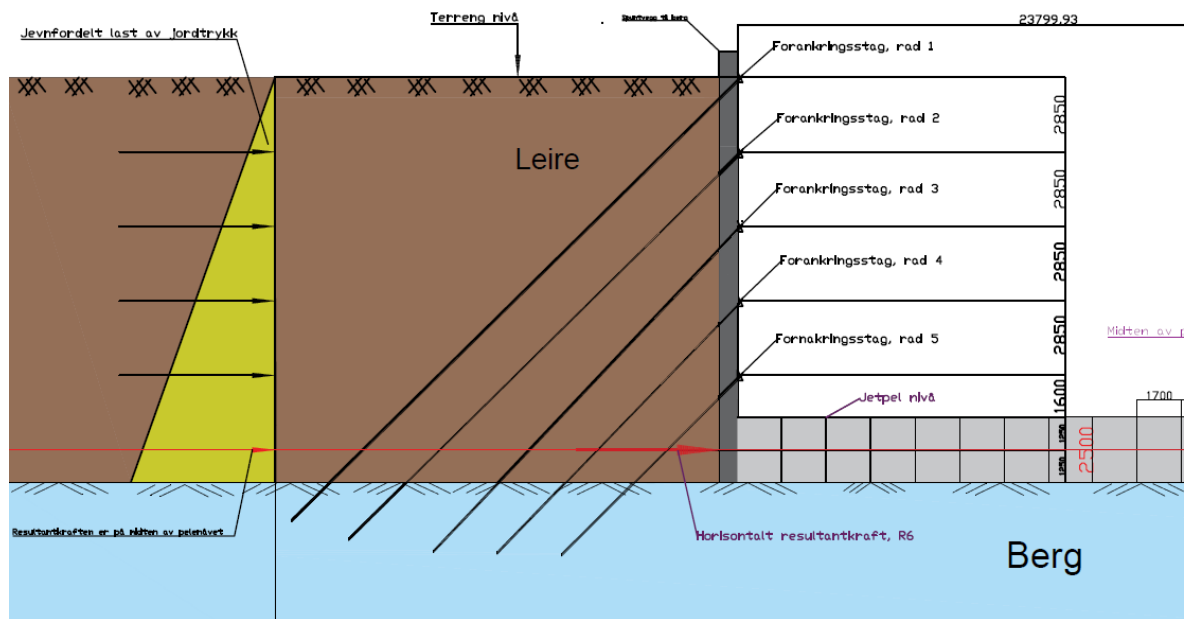


Bilde 4. 4 Byggegrup fra prosjektet på Breigata 10B-18, tatt fra hjemmesiden til Jetgrunn AS (2008)

4.8 Beregning av horisontale krefter fra jordtrykket

Før vi kan ta i bruk EUROCODEexpress, må vi gjennomføre noen enkle statiske håndberegninger for å finne den totale jordtrykket, $P_{j,tot}$ som påvirker spuntveggen som jevnt fordelt horisontallast, se skisse 4.3b. I denne beregningen tar vi verken hensyn til vertikallast eller nyttelast (snø- og trafikklast). Dette skaper mere flyt i våres beregningsprosess når vi skal føre inn i EUROCODEexpress for å regne ut resultantkraften som gir størst lastvirkning på jetpelene. Den største resultantkraften vil befinne seg på midten av pelenes dybde, se bilde 4.3b der en rødpil representerer resultantkraften, R_6 .

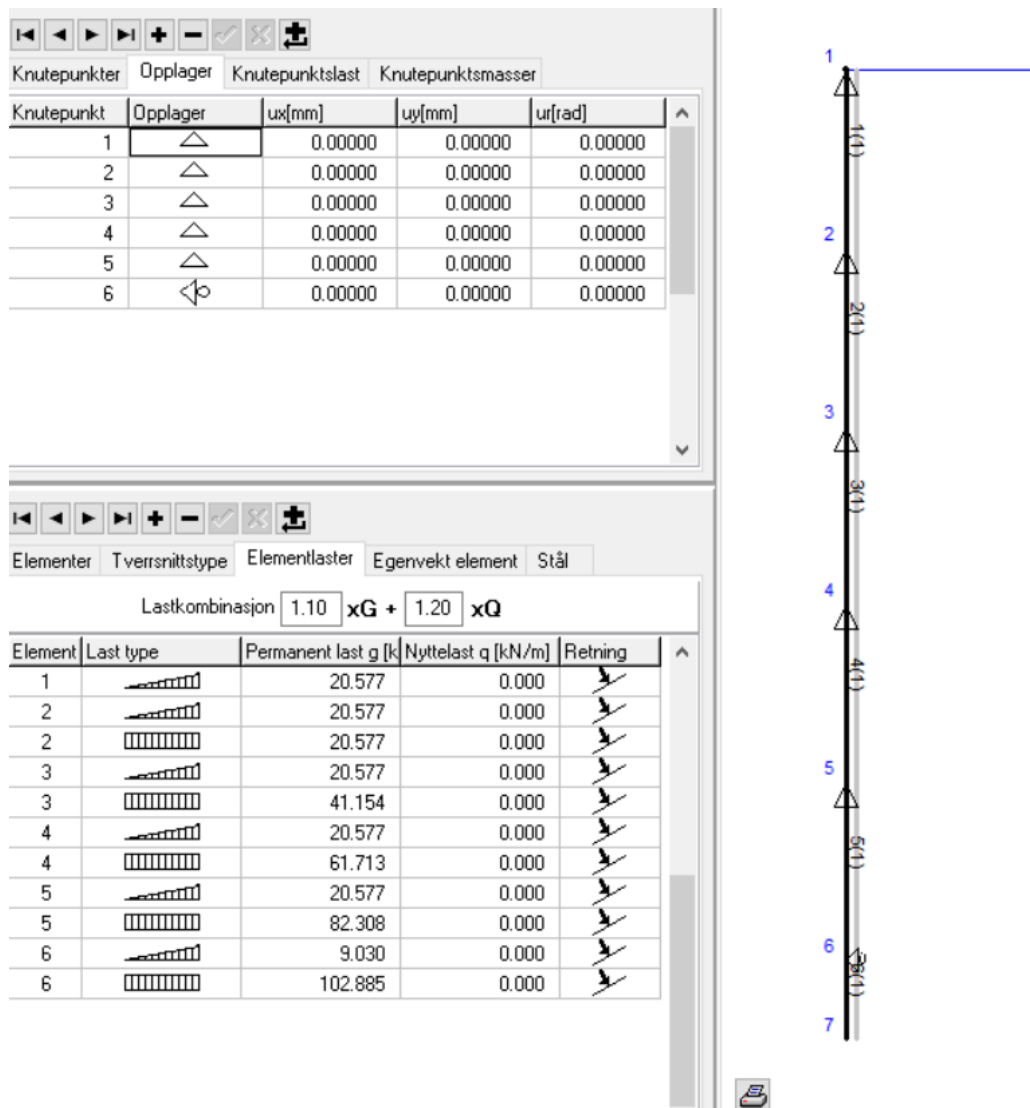
Prinsippsnitt av byggegrop



Bilde 4.5 prinsipp av jevnfordelt last av jordtrykk mot spunten, se vedlegg 2 for bedre detaljer

Før vi kan regne ut resultantkraften, R_6 må man sette opp en konstruksjonsfigur som representerer en statisk modell for spunten. I programmet satt vi opp fem knutepunkt hvor hvert knutepunkt representerer stagforankringene. Knutepunkt nr.6 representerer midt-dybden av jetpelene. Fra knutepunkt 1 til 5 sette opp vanlig opplagere, og på knutepunkt 6 settes et horisontalt glidelager, se bilde 4.5. Når vi har funnet den totale jordtrykket, $P_{j,tot}$ ved hjelp av håndberegningen føres dette inn på EUROCODEexpress som elementlastene, se bilde 4.5 som viser et utsnitt av programmet. Denne beregningen blir ikke nyttelastene som trafikk- og snølast tatt med. Det beregnes kun med permanentlast.

Strukturen på bilde 4.5 viser elementene, knutepunktene med opplager, og glidelager som til sammen illustrere spuntkonstruksjonen. Det er satt opp en opplager på hvert knutepunkt, og det er oppgitt med blått tall. Elementene er tall med parentes.



Bilde 4. 5 Elementene, knutepunktene med opplager, og glidelager som til sammen illustrere konstruksjonen.

4.9 Statiske beregning av maksimalt bøyemoment og aksiallast på pelenivå

Hensikten er å undersøke hvordan jordtrykket virker med samme verdi og på samme sted på pelekonstruksjonen. Ved hjelp av statiske beregninger kan vi finne ut hvordan trykk- og strekkspenning virker på pelekonstruksjonen. Når beregningen utføres på EUROCODEexpress blir ikke egenlasten til konstruksjonen inkludert fordi det blir bedre flyt i beregningsprosessen. Det er beregnet for trykk- og strekkspenning til pelene langs spuntene, rammehjørnene, og tverrgående og langsgående ribbene. Alle beregningene skal ta utgangspunkt i plantegningene. Det utføres en beregning for hver rammemodell på $d=1.0\text{m}$, $d=1.2\text{m}$, $d=1.5\text{m}$, $d=1.7\text{m}$, $d=2.2\text{m}$ og $d=2.5\text{m}$, se vedlegg X alle rammestrukturere. Poenget er å undersøke hvordan trykk- og strekkspenningen vil endre seg med ulike pelediameter.

Før en beregning gjennomføres på EUROCODEexpress må man sette opp en idealistisk rammemodell på programmet, se figur 4.1. Deretter kan vi sette inn verdier som resultantkraften $R_6=311.131\text{kN/m}$ fra tabell 5.3. Så vil programmet regne ut alle momentkrefter og aksialkrefter. Programmet kjører en total beregning på hele rammemodellen slik at man får resultatene til

langs spunt, rammehjørnene, tverrgående ribber og langsgående ribbe samtidig. Programmet har en funksjon der den samler alle resultatene. På den måten er det lett å finne fram til hvor elementene tilhører på rammemodellen. Det er et begrenset antall verdier som kan føres inn samtidig på EUROCODEexpress. Dette er en ulempe fordi det hindrer muligheten til å lage en fullstendig rammemodell. Dermed må vi basere beregningene på en halvramme med to fastinnspenne på knutepunkt 1 og 44, se figur 4.1. Til slutt finner vi trykk- og strekkspenning gjennom noen enkel håndberegning når vi har fått verdiene på moment- og normalkreftene, se tabell 4.3 for formlene.

Formler og verdier

Materialfaktor for uarmert betong, $\gamma = 1.75$

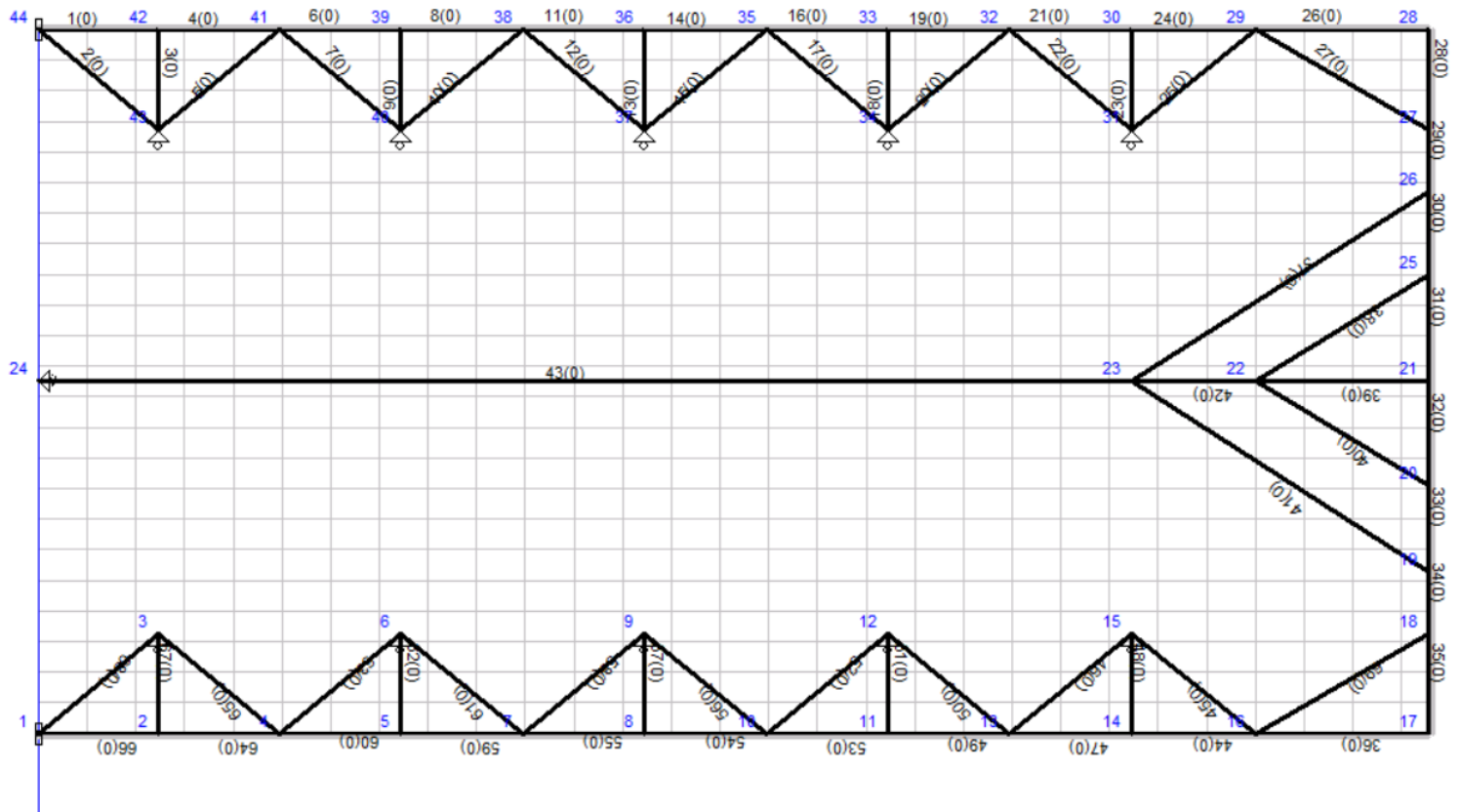
$$A = b \cdot h_{\text{eff}}$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$\sigma_M = \pm \frac{M}{W_y}$$

$$\sigma_N = - \frac{N}{A}$$

Tabell 4.3 formuler og verdier for å beregne spenningen



Figur 4. 1 Rammemodell laget på EUROCODEexpress

5 RESULTATER

5.1 Generelt

Dette kapitlet består av resultatene til diametere og statiske beregninger. Diameterenes beregninger bestemmes av overlapp mellom pelene, høyde effektiv og senteravstand. Resultatene for overlapp, høyde effektiv og senteravstand fikk vi ved hjelp av geogebra.

Statiske beregninger bestemmes fra den horisontal lasten av jordtrykket, trykk- og strekkspenninger. Resultatene av bøyemoment og aksiallast er fra EUROCODExpress og strekk- og trykkspenninger får vi fra håndberegning.

Diameter: 1 meter

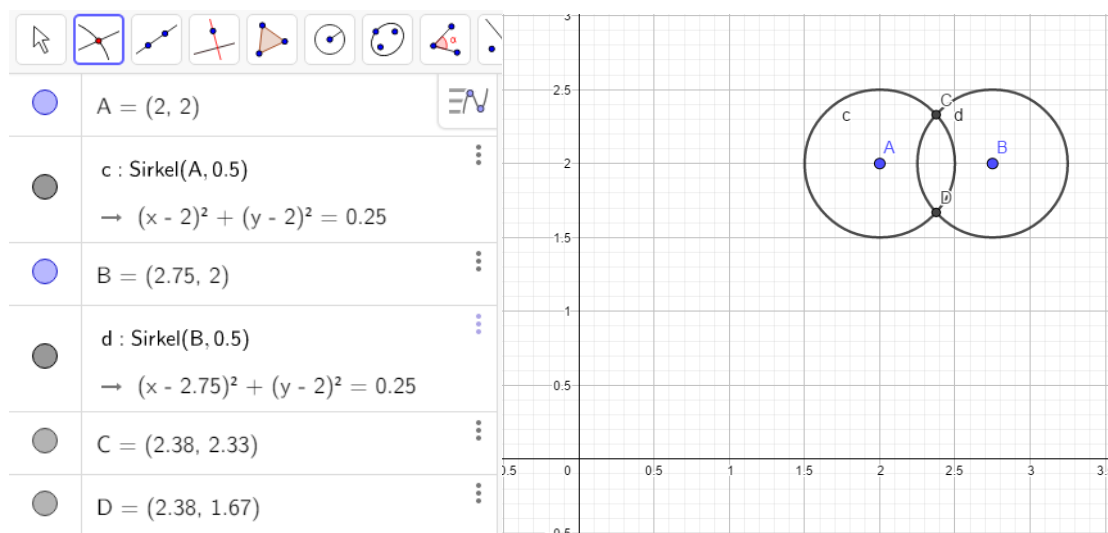
Høyde effektiv (h_{eff}) = 0.66 meter

Horisontal overlapp = $\frac{25}{100} \times 1.0 \text{ meter} = 0.25 \text{ meter}$

Radius = $\frac{50}{100} \times 1.0 \text{ meter} = 0.5 \text{ meter}$

Senteravstand (c/c) = 0.25 meter + 0.25 meter + 0.25 meter

c/c = 0.75 meter



Figur 5. 1 Pele med 1,0 meter diameter (har tjuetvå prosent overlapp og senteravstand er 0,75 meter. Ved bruk av geogebra har vi funnet overlapp (høyde effektiv) mellom to peler som er 0,66 meter. Da kan vi bruke den informasjon for å teknisk tegning av hele konstruksjon på AutoCAD.

Diameter: 1,2 meter

For en diameter av 1,2 m

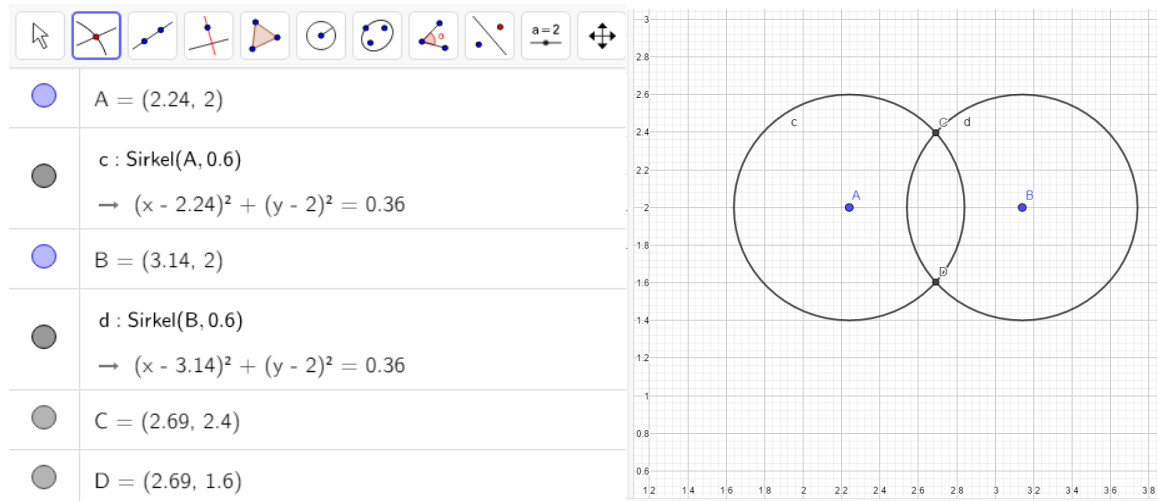
$\frac{25}{100} \times 1.2 \text{ m} = 0.3 \text{ m}$

Radius = $\frac{50}{100} \times 1.2 \text{ m} = 0.6 \text{ m}$

Senteravstand c/c = 0.3 m + 0.3 m + 0.3 m

c/c = 0.9 m

$h_{\text{eff}} = 0.8 \text{ m}$



Figur 5. 2 Pele med 1,2 meter diameter (har tjuetjue prosent overlapp og senteravstand er 0,9 meter. Ved bruk av geogebra har vi funnet overlapp (høyde effektiv) mellom to peler som er 0,8 meter. Da kan vi bruke den informasjon for å teknisk tegning av hele konstruksjon på AutoCAD).

Diameter 1.5 meter

For en diameter av 1,5m

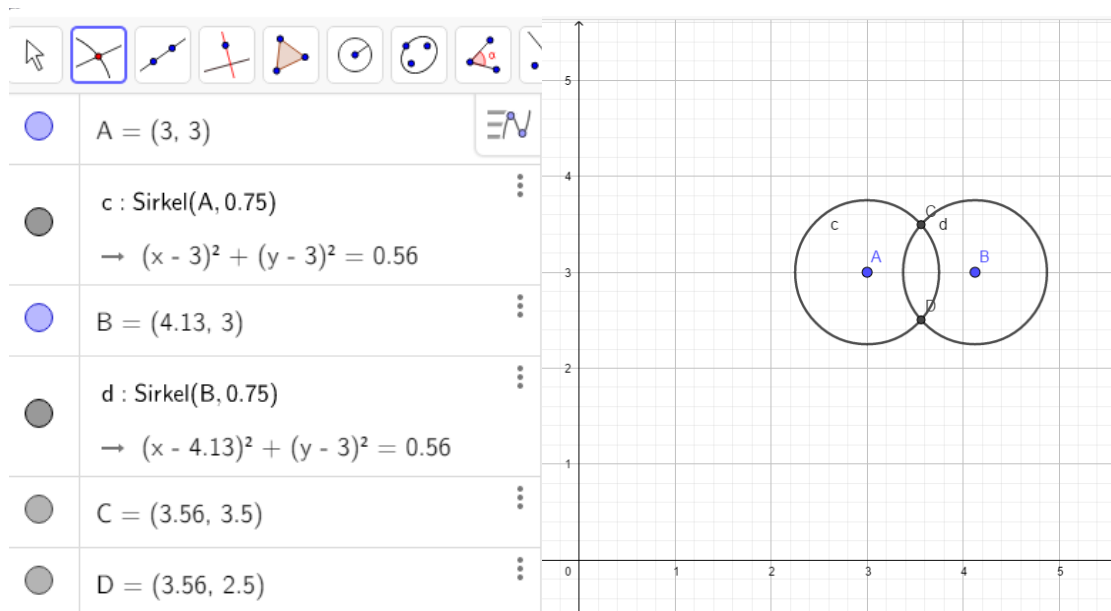
$$\frac{25}{100} \times 1.5m = 0.375m$$

$$\text{Radius} = \frac{50}{100} \times 1.5m = 0.75m$$

$$\text{Senteravstand } c/c = 0.375m + 0.375m + 0.375m$$

$$c/c = 1.13m$$

$$H_{\text{eff}} = 1 \text{ meter}$$



Figur 5. 3 Pele med 1,5 meter diameter (har tjuetjue prosent overlapp og senteravstand er 1.13 meter. Ved bruk av geogebra har vi funnet overlapp (høyde effektiv) mellom to peler som er 1 meter. Da kan vi bruke den informasjon for å lage teknisk tegningen av hele konstruksjonen på AutoCAD.)

Diameter: 1,7 meter

For en diameter av 1,7 m

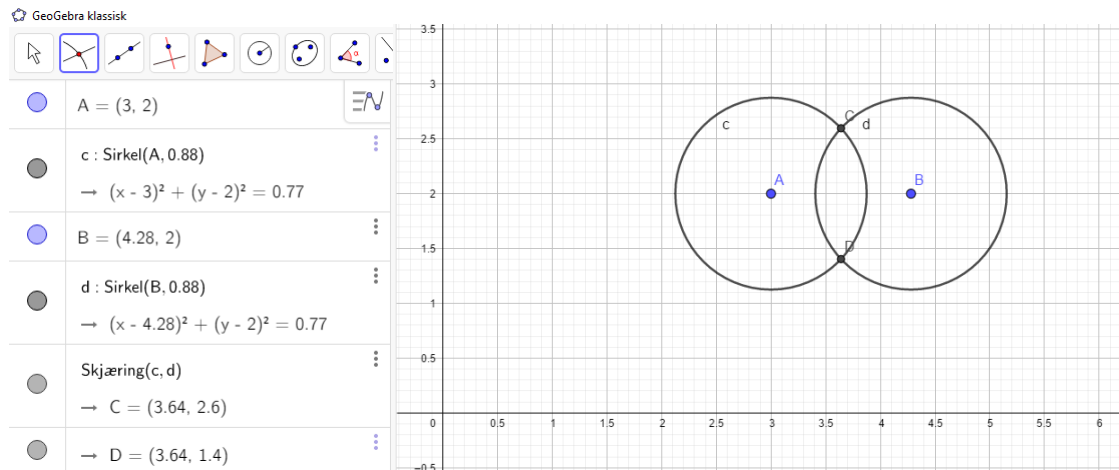
$$\frac{25}{100} \times 1.2m = 0.425m$$

$$\text{Radius} = \frac{50}{100} \times 1.7m = 0.85m$$

$$\text{Senteravstand } c/c = 0.425m + 0.425m + 0.425m$$

$$c/c = 1.3m$$

$$H_{\text{eff}} = 1.2m$$



Figur 5. 4 Pele med 1,7 meter diameter (har tjuedefem prosent overlapp og senteravstand er 1,3 meter. Ved bruk av geogebra har vi funnet overlapp (høyde effektiv) mellom to pele som er 1,2 meter. Da kan vi bruke den informasjon for å lage teknisk tegningen av hele konstruksjonen på AutoCAD.)

Diameter- 2,2 meter

For en diameter av 2,2 m

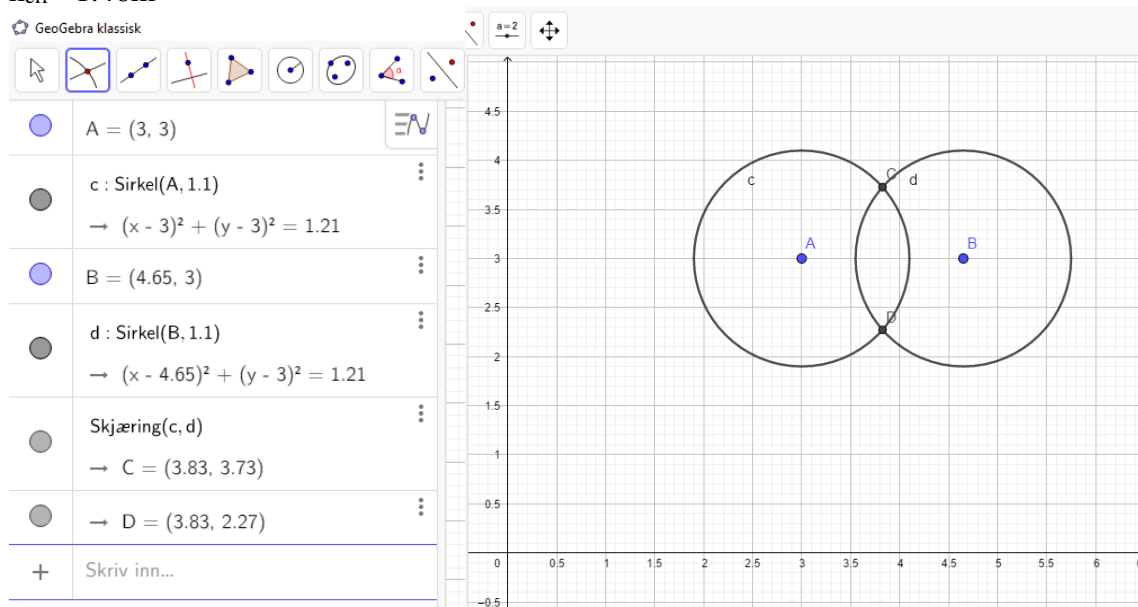
$$\frac{25}{100} \times 1.2m = 0.55m$$

$$\text{Radius} = \frac{50}{100} \times 2.2m = 1.1m$$

$$\text{Senteravstand } c/c = 0.55m + 0.55m + 0.55m$$

$$c/c = 1.7m$$

$$h_{\text{eff}} = 1.46m$$



Figur 5. 5 Pele med 2,2 meter diameter (har tjuvfem prosent overlapp og senteravstand er 1,7 meter. Ved bruk av geogebra har vi funnet overlapp (høyde effektiv) mellom to peler som er 1,46 meter. Da kan vi bruke den informasjon for å lage teknisk tegningen av hele konstruksjonen på AutoCAD.)

Diameter 2.5 meter

For en diameter av 2,5 m

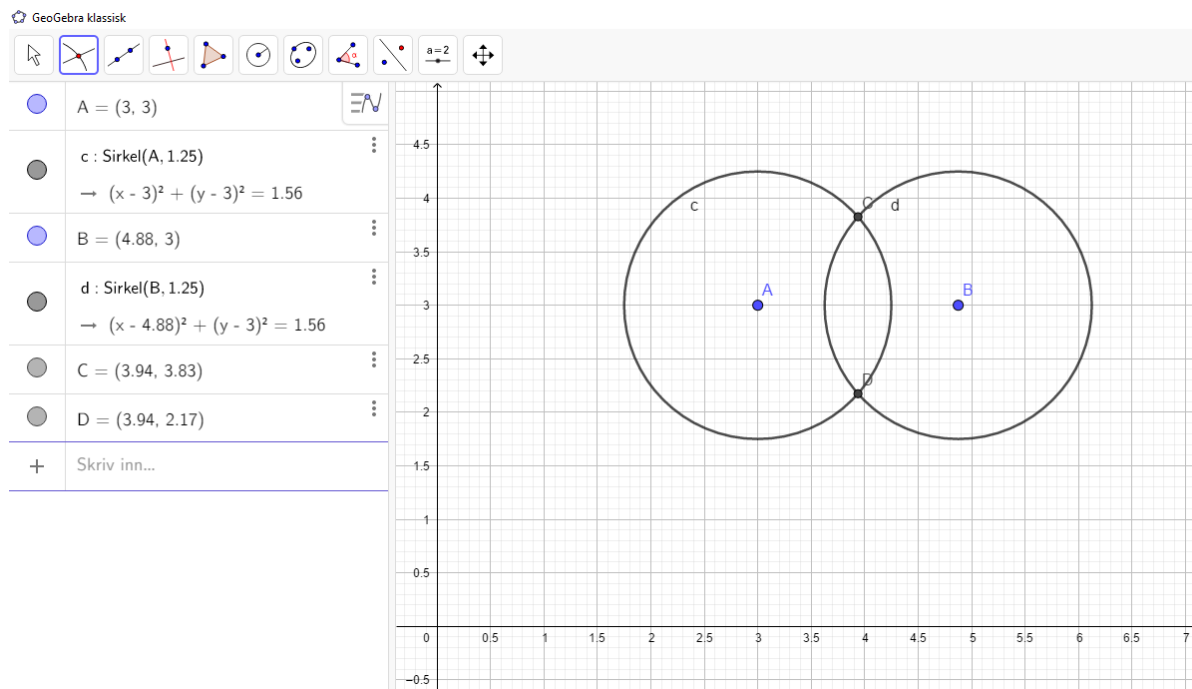
$$\frac{25}{100} \times 2.5m = 0.625m$$

$$\text{Radius} = \frac{50}{100} \times 2.5m = 1.25m$$

$$\text{Senteravstand } c/c = 0.625m + 0.625m + 0.625m$$

$$c/c = 1.9m$$

$$h_{\text{eff}} = 1,66m$$



Figur 5. 6 Pele med 2,5 meter diameter (har tjuvfem prosent overlapp og senteravstand er 1,9 meter. Ved bruk av geogebra har vi funnet overlapp (høyde effektiv) mellom to peler som er 1,66 meter. Da kan vi bruke den informasjon for å teknisk tegning av hele konstruksjon på AutoCAD.)

5.2 Resultat av jevnt-fordeltlast av jordtrykk

Jordtrykkskoeffisient, $\mu=0.38$ (Normann 2019)

Vekt av jord, $\rho=19\text{kN/m}^3$ (Normann 2019)

Avstand mellom hver forankrings rad, $h=2.85\text{m}$

Pelehøyde, $h_{\text{pel}}=2.5\text{m}$

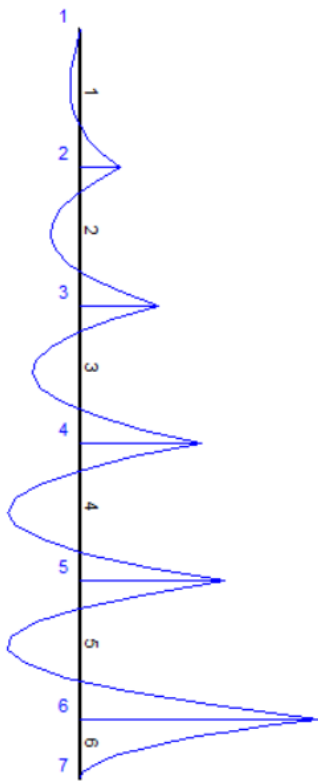
Total dybde til byggegrop, $h_{\text{tot}}=15.5\text{m}$

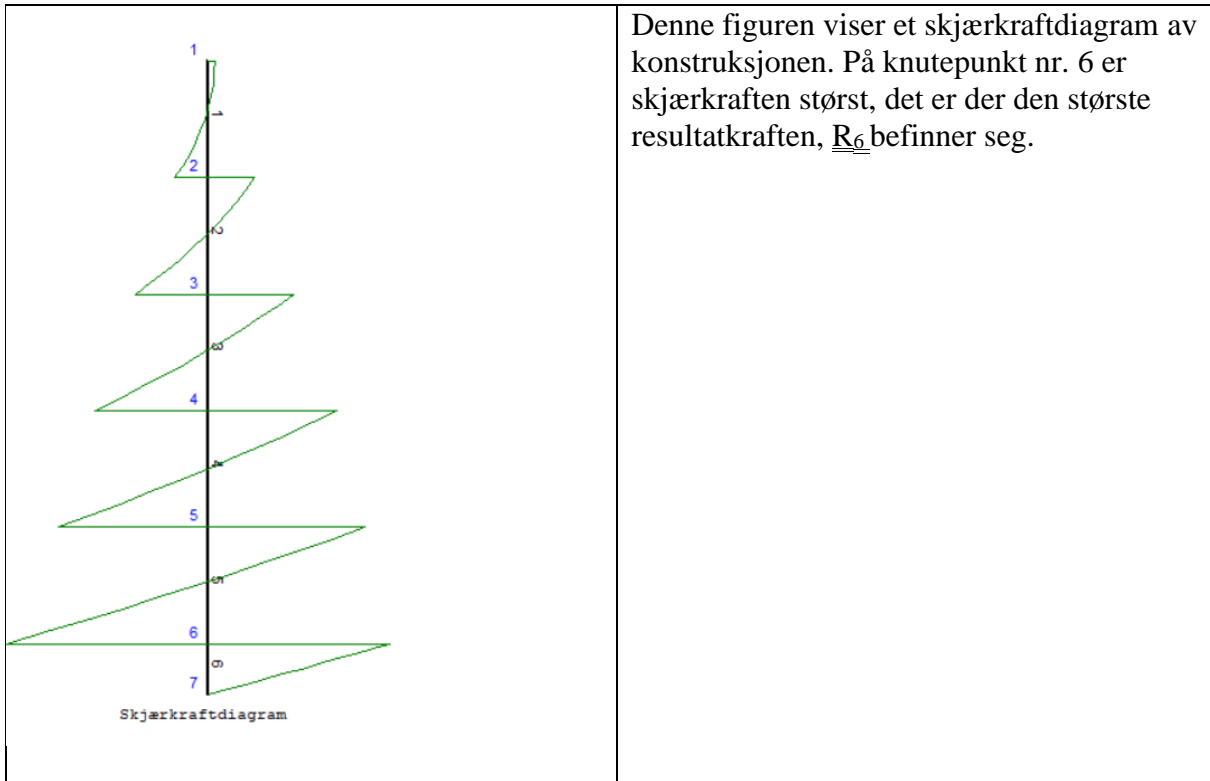
Total jordtrykk settes som elementlast på Eurokode Express som det er vist på vedlegg 2, $P_{j,\text{tot}} = 19\text{kN/m}^3 * 0.38 * 15.5\text{m} = \underline{111.915 \text{ kN/m}^2}$

Bilder 4.3b viser hvordan horisontallasten av jordtrykket fordeler seg, og hvordan stagforangling er fordelt nedover dybden på byggegropen. Tabell 5.1 viser hvordan lastene på hver stagerad er beregnet. Skrå last= q_s og rektangulær last= q_r og begge lastene har enhet kN/m^2 .

Element	Last type	Permanent last, g (kN/m)
1	q_s	$19 \text{ kN/m}^3 * 0.38 * 2.85 \text{ m} = 20.577 \text{ kN/m}^2$
2	$q_s + q_r$	$20.577 \text{ kN/m}^2 + 20.577 \text{ kN/m}^2 = 41.154 \text{ kN/m}^2$
3	$q_s + q_r$	$20.577 \text{ kN/m}^2 + (19 \text{ kN/m}^3 * 0.38 * 5.7 \text{ m} = 41.154 \text{ kN/m}^2) = 61.731 \text{ kN/m}^2$
4	$q_s + q_r$	$20.577 \text{ kN/m}^2 + (19 \text{ kN/m}^3 * 0.38 * 8.55 \text{ m} = 61.731 \text{ kN/m}^2) = 82.308 \text{ kN/m}^2$
5	$q_s + q_r$	$20.577 \text{ kN/m}^2 + (19 \text{ kN/m}^3 * 0.38 * 11.4 \text{ m} = 82.308 \text{ kN/m}^2) = 102.885 \text{ kN/m}^2$
6	$q_s + q_r$	$(19 \text{ kN/m}^3 * 0.38 * 1.25 \text{ m} = 9.03 \text{ kN/m}^2) + (19 \text{ kN/m}^3 * 0.38 * 15.5 \text{ m} = 111.915 \text{ kN/m}^2) = 120.945 \text{ kN/m}^2$

Tabell 5. 1 Utrekning av jevnfordeltlast av jordtrykk

Figur	Forklaring
 <p>Bøyemomentdiagram</p>	<p>Dette er en bøyemomentdiagram som viser hvordan jordtrykket virker på spunten og jet-pelene. På knutepunkt nr.6 har vi størst moment. Blått tall for knutepunkt og svarte tall for elementene på hvert bøyemoment.</p>



Tabell 5. 2 Beskrivelse av bøyemoment- og skjærkraftdiagram

Kn . P .	F_x [kN]	F_y [kN]	M [kNm]
1	5.347	0.000	0.000
2	64.679	0.000	0.000
3	128.338	0.000	0.000
4	196.061	0.000	0.000
5	248.423	0.000	0.000
6	311.131	0.000	0.000

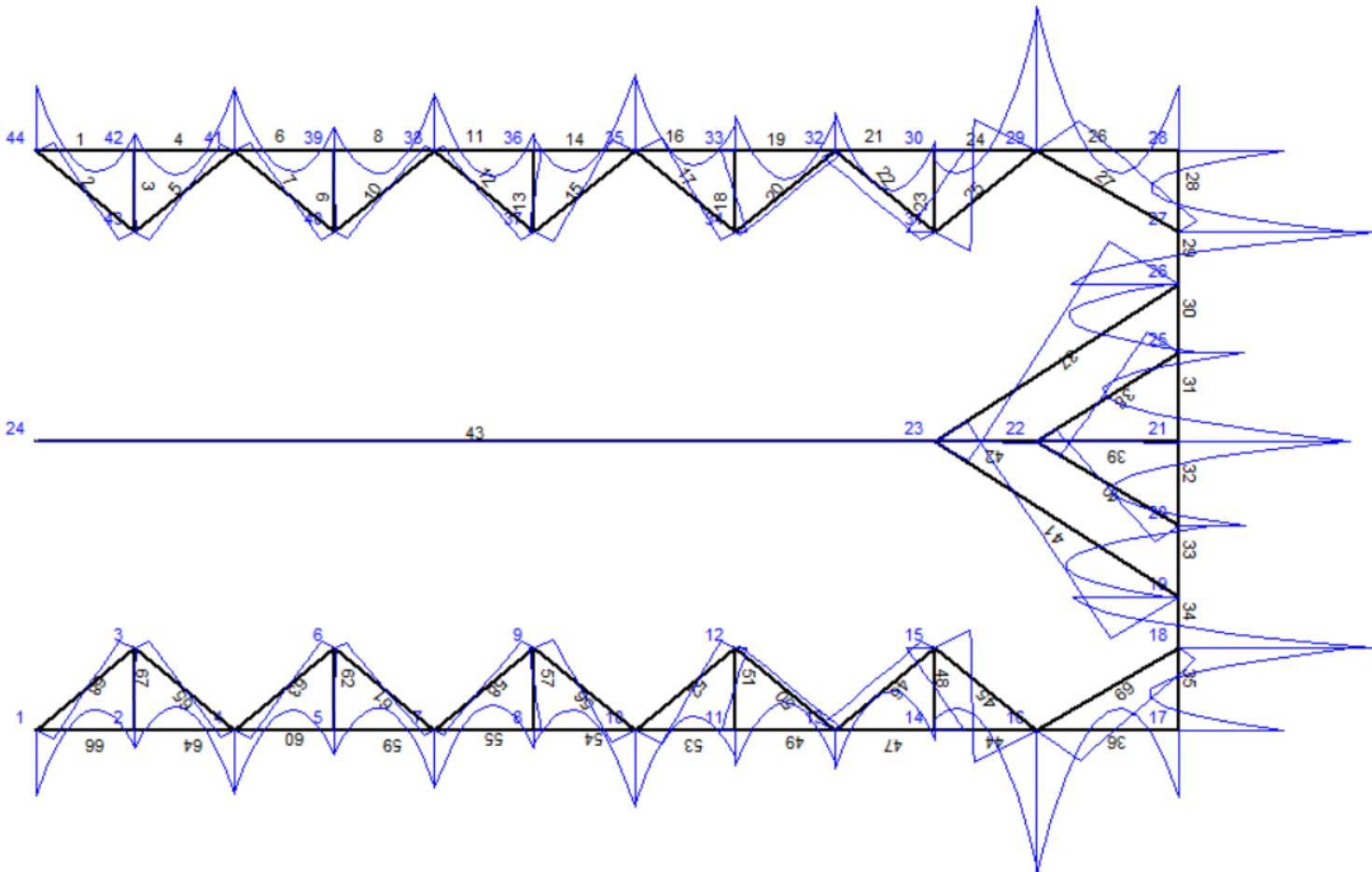
Tabell 5. 3 opplagerkrefter fra spuntvegg

Den største resultatkraften befinner seg på knutepunkt 6, $R_6=311.131$ kN.

5.3 Utregninger av EUROCODEexpress for moment – og normalkrefter

Merknad: Alle verdier markert med gult og grønn tas med i videre beregninger. Det som er markert med grønn er verdier for rammehjørnene.

Jetpel med diameter, $\varnothing=1,0\text{m}$



Bøymomentdiagram

maxM=308.61 kNm, minM=-624.02 kNm

Figur 5. 7 Bøymomentdiagram til $\varnothing= 1.0\text{m}$

Utregningsdiagram for jetpel langs spunt:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 26

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	-624.02	-703.10	-499.15	-0.713	0.164
1	0.100	0.36	-395.93	-581.56	-499.15	-0.717	0.149
2	0.200	0.71	-210.99	-460.03	-499.15	-0.720	0.116
3	0.300	1.07	-69.21	-338.50	-499.15	-0.723	0.072
4	0.400	1.42	29.41	-216.97	-499.15	-0.726	0.027
5	0.500	1.78	84.88	-95.44	-499.15	-0.730	-0.017
6	0.600	2.13	97.20	26.09	-499.15	-0.733	-0.059
7	0.700	2.49	66.36	147.62	-499.15	-0.736	-0.095
8	0.800	2.84	-7.64	269.15	-499.15	-0.739	-0.130
9	0.900	3.20	-124.79	390.68	-499.15	-0.742	-0.164
10	1.000	3.55	-285.10	512.21	-499.15	-0.746	-0.204

Maksimalverdi for element 26

maxM= 97.197 kNm, minM= -624.019 kNm
 maxV= 512.210 kN, minV= -703.095 kN
 maxN= -499.149 kN, minN= -499.149 kN
 maxd= 0.77319 mm

Tabell 5. 4 Bøyemoment og største normal last element 26.

Utregningsdiagram for jetpel i rammehjørne:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 35

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	-464.79	-611.56	-512.83	-1.253	0.175
1	0.100	0.33	-283.91	-500.19	-512.83	-1.190	0.178
2	0.200	0.65	-139.27	-388.83	-512.83	-1.139	0.182
3	0.300	0.98	-30.86	-277.46	-512.83	-1.093	0.185
4	0.400	1.30	41.31	-166.10	-512.83	-1.047	0.188
5	0.500	1.63	77.24	-54.73	-512.83	-1.001	0.191
6	0.600	1.95	76.93	56.63	-512.83	-0.952	0.194
7	0.700	2.28	40.38	168.00	-512.83	-0.900	0.198
8	0.800	2.60	-32.41	279.37	-512.83	-0.847	0.201
9	0.900	2.93	-141.43	390.73	-512.83	-0.793	0.204
10	1.000	3.25	-286.70	502.10	-512.83	-0.748	0.207

Tabell 5. 5 Bøyemoment og største normal last element 35.

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 36

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	-286.70	-512.83	-502.10	-0.748	0.207
1	0.100	0.36	-126.17	-391.30	-502.10	-0.744	0.166
2	0.200	0.71	-8.80	-269.77	-502.10	-0.741	0.132
3	0.300	1.07	65.42	-148.24	-502.10	-0.736	0.097
4	0.400	1.42	96.49	-26.71	-502.10	-0.733	0.060
5	0.500	1.78	84.39	94.82	-502.10	-0.730	0.019
6	0.600	2.13	29.14	216.35	-502.10	-0.726	-0.026
7	0.700	2.49	-69.26	337.88	-502.10	-0.723	-0.072
8	0.800	2.84	-210.82	459.41	-502.10	-0.720	-0.115
9	0.900	3.20	-395.53	580.94	-502.10	-0.717	-0.148
10	1.000	3.55	-623.41	702.47	-502.10	-0.713	-0.163

Tabell 5. 6 Bøyemoment og største normal last element 36.

Utregningsdiagram for jetpel langsgående ribbe:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 43

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	0.00	0.00	-4139.58	0.000	0.040
1	0.100	2.24	0.00	0.00	-4139.58	-0.179	0.036
2	0.200	4.49	0.00	0.00	-4139.58	-0.357	0.032
3	0.300	6.73	0.00	0.00	-4139.58	-0.536	0.028
4	0.400	8.98	0.00	0.00	-4139.58	-0.715	0.024
5	0.500	11.22	0.00	0.00	-4139.58	-0.894	0.020
6	0.600	13.47	0.00	0.00	-4139.58	-1.072	0.015
7	0.700	15.71	0.00	0.00	-4139.58	-1.251	0.011
8	0.800	17.96	0.00	0.00	-4139.58	-1.430	0.008
9	0.900	20.20	0.00	0.00	-4139.58	-1.609	0.003
10	1.000	22.45	0.00	0.00	-4139.58	-1.787	-0.001

Maksimalverdi for element 43

maxM= 0.000 kNm, minM= 0.000 kNm
 maxV= 0.000 kN, minV= 0.000 kN
 maxN= -4139.583 kN, minN= -4139.583 kN

Tabell 5. 7 Bøyemoment og største normal last element 43.

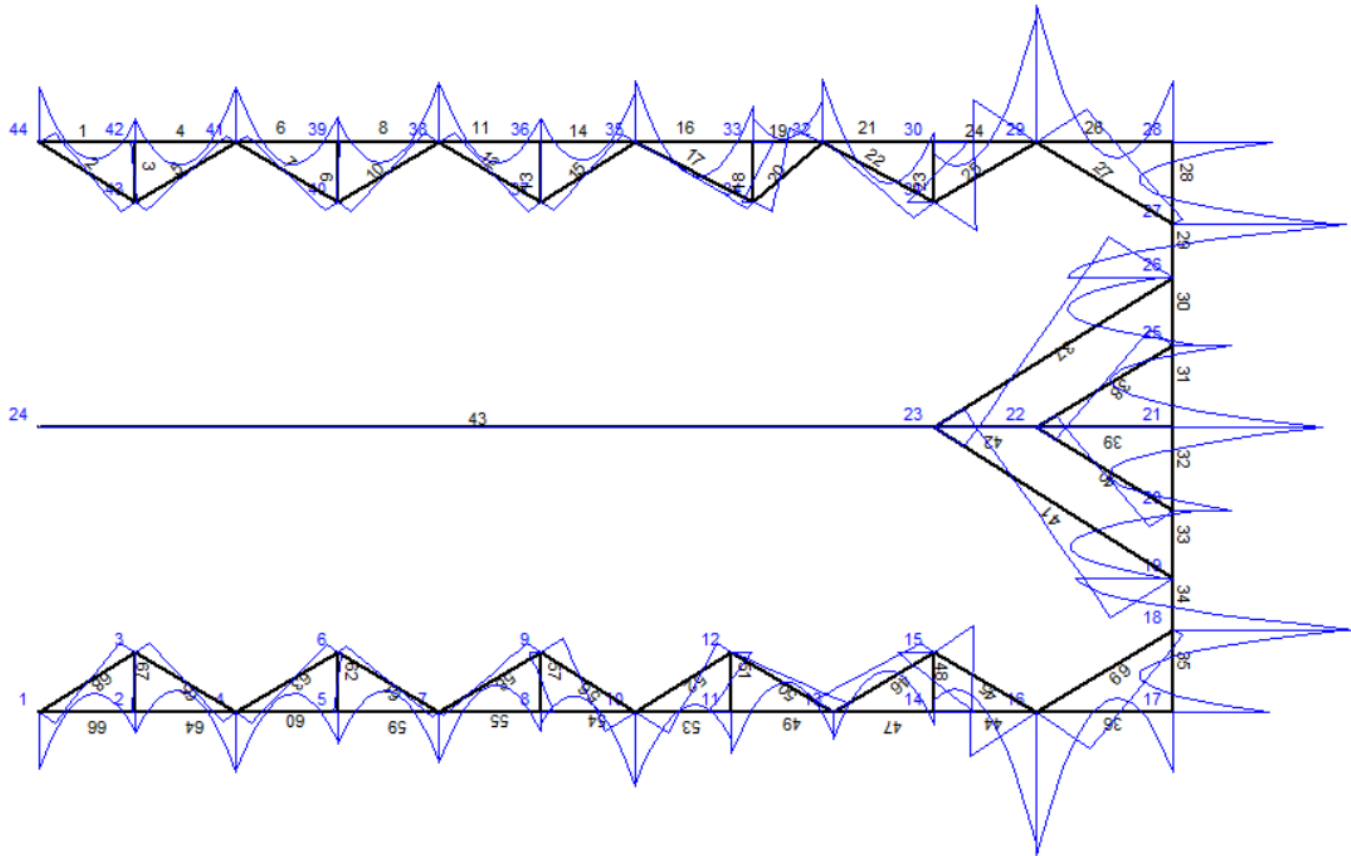
Utregningsdiagram for jetpel tversgående ribbe:

Kn.P.	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]
1	1865.529	-47.083	339.783
3	0.000	-1593.555	0.000
6	0.000	-1832.635	0.000
9	0.000	-1520.268	0.000
12	0.000	-2071.110	0.000
15	0.000	-973.955	0.000
24	4139.583	0.000	0.000
31	0.000	973.676	0.000
34	0.000	2071.415	0.000
37	0.000	1520.331	0.000
40	0.000	1832.365	0.000

43	0.000	1594.061	0.000
44	1865.793	46.760	-339.629

Tabell 5. 8 opplagerkrefter for tversgående ribbe

Jetpel med diameter, $\varnothing=1,2\text{m}$



Bøymomentdiagram

maxM=299.94 kNm, minM=-644.37 kNm

Figur 5. 8 Bøymomentdiagram til $\varnothing= 1.2\text{m}$

Utregningsdiagram for jetpel langs spunt:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 36

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	-271.73	-481.55	-503.74	-0.689	0.131
1	0.100	0.34	-126.11	-363.61	-503.74	-0.684	0.088
2	0.200	0.69	-21.13	-245.67	-503.74	-0.681	0.051
3	0.300	1.03	43.21	-127.74	-503.74	-0.677	0.015
4	0.400	1.38	66.90	-9.80	-503.74	-0.674	-0.023
5	0.500	1.72	49.96	108.14	-503.74	-0.671	-0.064
6	0.600	2.07	-7.62	226.07	-503.74	-0.668	-0.106
7	0.700	2.41	-105.85	344.01	-503.74	-0.663	-0.148
8	0.800	2.76	-244.71	461.95	-503.74	-0.660	-0.186
9	0.900	3.10	-424.22	579.88	-503.74	-0.657	-0.213
10	1.000	3.45	-644.37	697.82	-503.74	-0.654	-0.221

Maksimalverdi for element 36

maxM=	66.905 kNm,	minM=	-644.371 kNm
maxV=	697.821 kN,	minV=	-481.548 kN
maxN=	-503.737 kN,	minN=	-503.737 kN
maxd=	0.70091 mm		

Tabell 5. 9 Bøymoment og største normal last element 36

Utregningsdiagram for jetpel i rammehjørne:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 35

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	-478.56	-628.74	-481.55	-1.200	0.100
1	0.100	0.33	-289.24	-515.50	-481.55	-1.137	0.104
2	0.200	0.66	-137.40	-402.25	-481.55	-1.087	0.106
3	0.300	0.99	-23.03	-289.00	-481.55	-1.041	0.110
4	0.400	1.32	53.86	-175.75	-481.55	-0.998	0.113
5	0.500	1.65	93.28	-62.50	-481.55	-0.952	0.116
6	0.600	1.99	95.22	50.74	-481.55	-0.902	0.119
7	0.700	2.32	59.70	163.99	-481.55	-0.849	0.122
8	0.800	2.65	-13.31	277.24	-481.55	-0.792	0.125
9	0.900	2.98	-123.78	390.49	-481.55	-0.738	0.128
10	1.000	3.31	-271.73	503.74	-481.55	-0.689	0.131

Tabell 5. 10 Bøyemoment og største normal last element 35

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 36

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	-271.73	-481.55	-503.74	-0.689	0.131
1	0.100	0.34	-126.11	-363.61	-503.74	-0.684	0.088
2	0.200	0.69	-21.13	-245.67	-503.74	-0.681	0.051
3	0.300	1.03	43.21	-127.74	-503.74	-0.677	0.015
4	0.400	1.38	66.90	-9.80	-503.74	-0.674	-0.023
5	0.500	1.72	49.96	108.14	-503.74	-0.671	-0.064
6	0.600	2.07	-7.62	226.07	-503.74	-0.668	-0.106
7	0.700	2.41	-105.85	344.01	-503.74	-0.663	-0.148
8	0.800	2.76	-244.71	461.95	-503.74	-0.660	-0.186
9	0.900	3.10	-424.22	579.88	-503.74	-0.657	-0.213
10	1.000	3.45	-644.37	697.82	-503.74	-0.654	-0.221

Tabell 5. 11 Bøyemoment og største normal last element 36

Utregningsdiagram for jetpel langsgående ribbe:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 43

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	0.00	0.00	-4065.50	0.000	-0.248
1	0.100	2.25	0.00	0.00	-4065.50	-0.176	-0.235
2	0.200	4.50	0.00	0.00	-4065.50	-0.352	-0.220
3	0.300	6.75	0.00	0.00	-4065.50	-0.528	-0.206
4	0.400	9.00	0.00	0.00	-4065.50	-0.704	-0.193
5	0.500	11.26	0.00	0.00	-4065.50	-0.880	-0.178
6	0.600	13.51	0.00	0.00	-4065.50	-1.056	-0.164
7	0.700	15.76	0.00	0.00	-4065.50	-1.232	-0.151
8	0.800	18.01	0.00	0.00	-4065.50	-1.409	-0.136
9	0.900	20.26	0.00	0.00	-4065.50	-1.584	-0.122
10	1.000	22.51	0.00	0.00	-4065.50	-1.760	-0.109

Maksimalverdi for element 43

maxM= 0.000 kNm, minM= 0.000 kNm

maxV= 0.000 kN, minV= 0.000 kN

maxN= -4065.497 kN, minN= -4065.497 kN

Tabell 5. 12 Bøyemoment og største normal last element 43

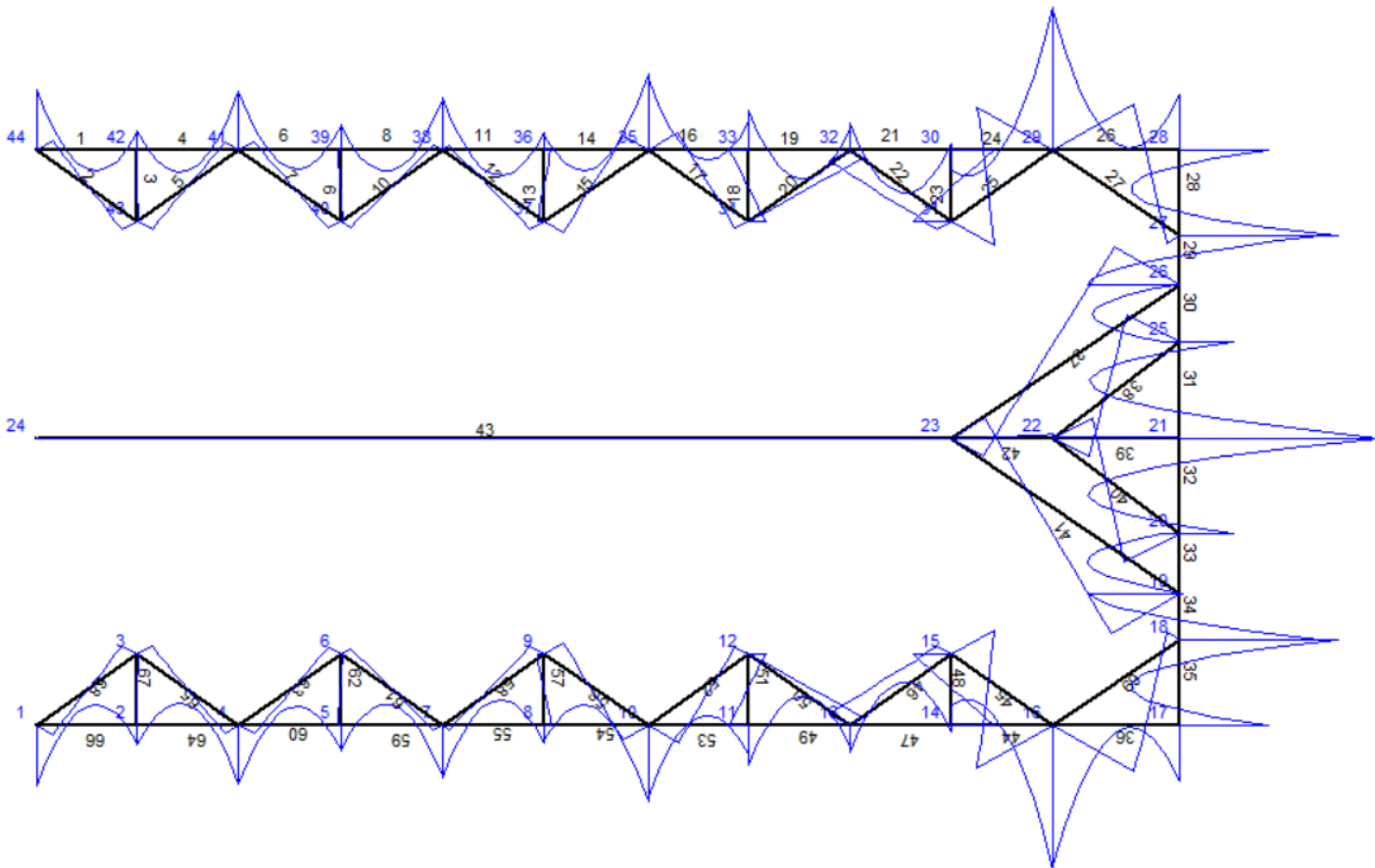
Utregningsdiagram for jetpel tverrgående ribbe:

Kn. P.	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]
1	1870.255	-6.963	316.479
3	0.000	-1627.053	0.000
6	0.000	-1900.428	0.000
9	0.000	-1467.082	0.000
12	0.000	-2066.290	0.000
15	0.000	-950.028	0.000
24	4065.497	0.000	0.000
31	0.000	871.601	0.000
34	0.000	1922.695	0.000

37	0.000	1793.399	0.000
40	0.000	1740.884	0.000
43	0.000	1728.764	0.000
44	1866.704	-39.499	-311.209

Tabell 5. 13 opplagerkrefter

Jetpel med diameter, $\varnothing=1,5\text{m}$



Bøymomentdiagram

maxM=262.29 kNm, minM=-647.40 kNm

Figur 5. 9 Bøymomentdiagram til $\varnothing= 1.5\text{m}$

Utregningsdiagram for jetpel langs spunt:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 44

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	-647.40	-722.48	-1606.90	-0.669	-0.221
1	0.100	0.25	-477.54	-636.95	-1606.90	-0.661	-0.215
2	0.200	0.50	-329.05	-551.43	-1606.90	-0.654	-0.198
3	0.300	0.75	-201.93	-465.90	-1606.90	-0.645	-0.173
4	0.400	1.00	-96.19	-380.37	-1606.90	-0.638	-0.144
5	0.500	1.25	-11.82	-294.85	-1606.90	-0.629	-0.112
6	0.600	1.50	51.17	-209.32	-1606.90	-0.622	-0.081
7	0.700	1.75	92.79	-123.79	-1606.90	-0.614	-0.050
8	0.800	2.00	113.04	-38.27	-1606.90	-0.607	-0.022
9	0.900	2.25	111.92	47.26	-1606.90	-0.598	0.004
10	1.000	2.50	89.42	132.79	-1606.90	-0.591	0.028

Maksimalverdi for element 44

maxM= 113.044 kNm, minM= -647.399 kNm

maxV= 132.786 kN, minV= -722.480 kN
maxN= -1606.898 kN, minN= -1606.898 kN

Tabell 5. 14 Bøyemoment og største normal last element 44

Utregningsdiagram for jetpel i rammehjørne:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 35

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	-448.63	-635.58	-409.74	-1.316	0.152
1	0.100	0.34	-253.61	-520.08	-409.74	-1.249	0.154
2	0.200	0.68	-97.58	-404.57	-409.74	-1.194	0.157
3	0.300	1.01	19.47	-289.06	-409.74	-1.143	0.159
4	0.400	1.35	97.54	-173.55	-409.74	-1.091	0.162
5	0.500	1.69	136.62	-58.05	-409.74	-1.036	0.165
6	0.600	2.03	136.72	57.46	-409.74	-0.975	0.167
7	0.700	2.36	97.84	172.97	-409.74	-0.908	0.170
8	0.800	2.70	19.97	288.47	-409.74	-0.837	0.173
9	0.900	3.04	-96.88	403.98	-409.74	-0.767	0.175
10	1.000	3.38	-252.72	519.49	-409.74	-0.700	0.178

Tabell 5. 15 Bøyemoment og største normal last element 35

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 36

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	-252.72	-409.74	-519.49	-0.700	0.178
1	0.100	0.31	-142.11	-303.61	-519.49	-0.697	0.124
2	0.200	0.62	-64.42	-197.48	-519.49	-0.694	0.075
3	0.300	0.93	-19.63	-91.35	-519.49	-0.690	0.028
4	0.400	1.24	-7.76	14.78	-519.49	-0.687	-0.018
5	0.500	1.55	-28.80	120.91	-519.49	-0.684	-0.064
6	0.600	1.86	-82.75	227.04	-519.49	-0.680	-0.108
7	0.700	2.17	-169.61	333.17	-519.49	-0.677	-0.150
8	0.800	2.48	-289.38	439.30	-519.49	-0.674	-0.186
9	0.900	2.79	-442.06	545.43	-519.49	-0.671	-0.211
10	1.000	3.10	-627.65	651.56	-519.49	-0.669	-0.221

Tabell 5. 16 Bøyemoment og største normal last element 36

Utregningsdiagram for jetpel langsgående ribbe:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 43

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	0.00	0.00	-4041.95	0.000	-0.075
1	0.100	2.25	0.00	0.00	-4041.95	-0.175	-0.069
2	0.200	4.50	0.00	0.00	-4041.95	-0.350	-0.062
3	0.300	6.74	0.00	0.00	-4041.95	-0.524	-0.054
4	0.400	8.99	0.00	0.00	-4041.95	-0.699	-0.048
5	0.500	11.24	0.00	0.00	-4041.95	-0.874	-0.041
6	0.600	13.49	0.00	0.00	-4041.95	-1.049	-0.033
7	0.700	15.74	0.00	0.00	-4041.95	-1.223	-0.027
8	0.800	17.98	0.00	0.00	-4041.95	-1.398	-0.020
9	0.900	20.23	0.00	0.00	-4041.95	-1.573	-0.012
10	1.000	22.48	0.00	0.00	-4041.95	-1.747	-0.006

Maksimalverdi for element 43

maxM= 0.000 kNm, minM= 0.000 kNm
maxV= 0.000 kN, minV= 0.000 kN
maxN= -4041.950 kN, minN= -4041.950 kN

Tabell 5. 17 Bøyemoment og største normal last element 43

Utregningsdiagram for jetpel tverrgående ribbe:

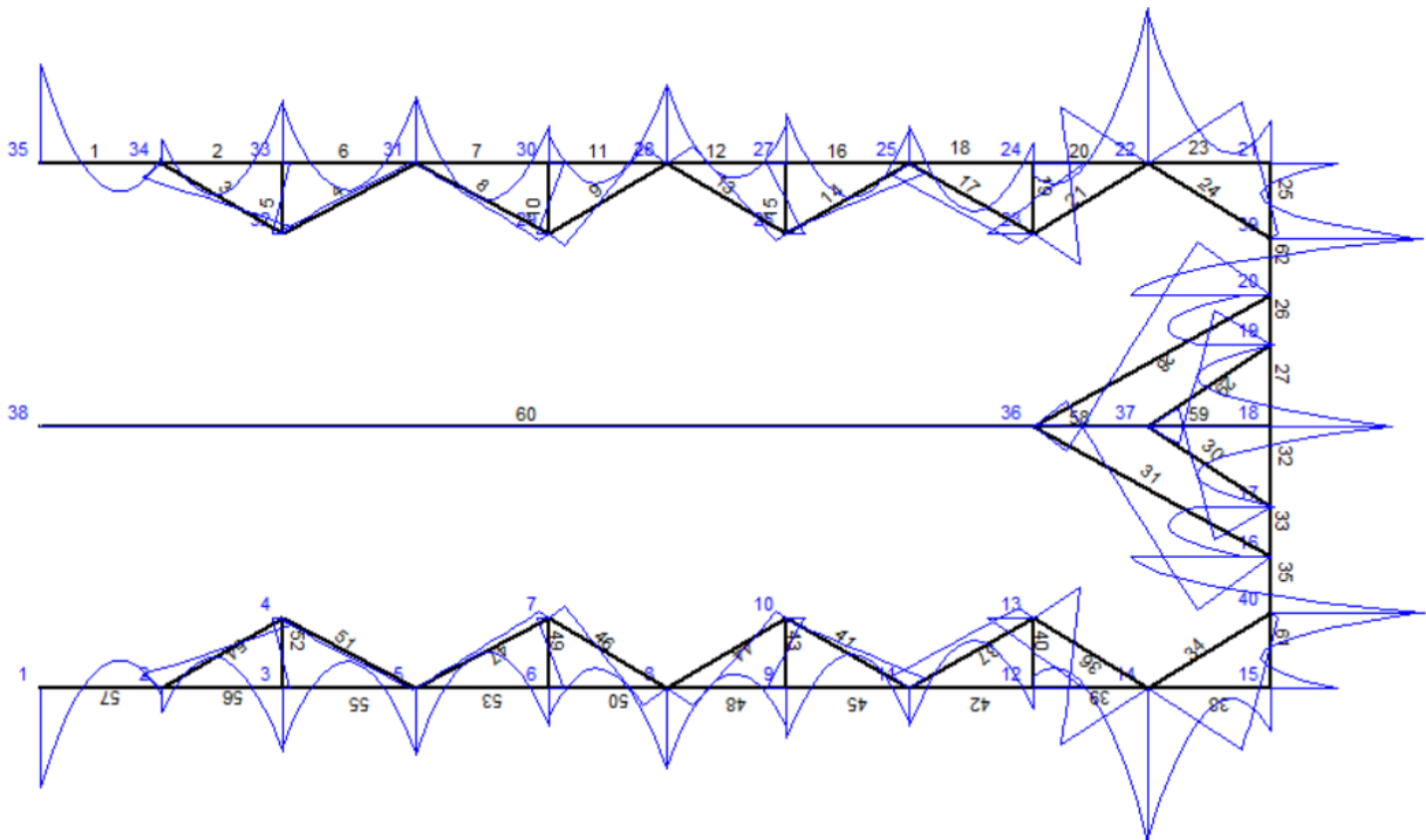
Opplagerkrefter

Kn. P.	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]
1	1828.986	-44.294	330.963
3	0.000	-1602.790	0.000
6	0.000	-1835.022	0.000
9	0.000	-1497.108	0.000
12	0.000	-2157.548	0.000

15	0.000	-753.771	0.000
24	4041.950	0.000	0.000
31	0.000	752.424	0.000
34	0.000	2157.231	0.000
37	0.000	1499.603	0.000
40	0.000	1833.734	0.000
43	0.000	1603.612	0.000
44	1828.847	43.929	-330.925

Tabell 5. 18 Opplagerkrefter for tversgående ribbe.

Jetpel med diameter, $\varnothing=1.7m$



Bøymomentdiagram

maxM=537.62 kNm, minM=-944.69 kNm

Figur 5. 10 Bøymomentdiagram til $\varnothing=1.7m$

Utregningsdiagram for jetpel langs spunt:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 20

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	68.60	-200.01	-1401.21	-0.448	-0.029
1	0.100	0.31	114.03	-94.36	-1401.21	-0.453	-0.013
2	0.200	0.62	126.85	11.29	-1401.21	-0.459	0.002
3	0.300	0.93	107.06	116.94	-1401.21	-0.464	0.019
4	0.400	1.23	54.65	222.59	-1401.21	-0.471	0.036
5	0.500	1.54	-30.37	328.24	-1401.21	-0.476	0.053
6	0.600	1.85	-148.01	433.90	-1401.21	-0.481	0.072
7	0.700	2.16	-298.26	539.55	-1401.21	-0.486	0.088
8	0.800	2.47	-481.12	645.20	-1401.21	-0.493	0.101
9	0.900	2.78	-696.60	750.85	-1401.21	-0.498	0.111
10	1.000	3.09	-944.69	856.50	-1401.21	-0.504	0.113

Maksimalverdi for element 20

maxM= 126.854 kNm, minM= -944.694 kNm
maxV= 856.497 kN, minV= -200.007 kN
maxN= -1401.212 kN, minN= -1401.212 kN

Tabell 5. 19 Bøyemoment og største normal last element 20

Utregningsdiagram for jetpel i rammehjørne:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 23

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	-905.69	-758.43	-450.57	-0.504	0.113
1	0.100	0.33	-675.59	-646.31	-450.57	-0.505	0.103
2	0.200	0.66	-482.23	-534.19	-450.57	-0.507	0.088
3	0.300	0.98	-325.60	-422.07	-450.57	-0.508	0.067
4	0.400	1.31	-205.69	-309.95	-450.57	-0.512	0.042
5	0.500	1.64	-122.52	-197.83	-450.57	-0.513	0.013
6	0.600	1.97	-76.07	-85.71	-450.57	-0.515	-0.015
7	0.700	2.29	-66.36	26.41	-450.57	-0.516	-0.046
8	0.800	2.62	-93.37	138.53	-450.57	-0.520	-0.076
9	0.900	2.95	-157.12	250.64	-450.57	-0.521	-0.107
10	1.000	3.28	-257.60	362.76	-450.57	-0.523	-0.141

Tabell 5. 20 Bøyemoment og største normal last element 23

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 25

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	-257.60	-450.57	-362.76	-0.523	-0.141
1	0.100	0.32	-132.06	-342.18	-362.76	-0.557	-0.139
2	0.200	0.63	-40.86	-233.79	-362.76	-0.595	-0.139
3	0.300	0.95	16.02	-125.40	-362.76	-0.629	-0.137
4	0.400	1.27	38.57	-17.02	-362.76	-0.668	-0.135
5	0.500	1.58	26.80	91.37	-362.76	-0.702	-0.134
6	0.600	1.90	-19.30	199.76	-362.76	-0.740	-0.132
7	0.700	2.22	-99.73	308.15	-362.76	-0.774	-0.130
8	0.800	2.53	-214.49	416.54	-362.76	-0.813	-0.130
9	0.900	2.85	-363.57	524.93	-362.76	-0.851	-0.128
10	1.000	3.17	-546.97	633.32	-362.76	-0.896	-0.126

Tabell 5. 21 Bøyemoment og største normal last element 25

Utregningsdiagram for jetpel langsgående ribbe:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 60

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	0.00	0.00	-3708.31	0.000	0.000
1	0.100	2.65	0.00	0.00	-3708.31	-0.126	0.000
2	0.200	5.31	0.00	0.00	-3708.31	-0.252	0.000
3	0.300	7.96	0.00	0.00	-3708.31	-0.379	0.000
4	0.400	10.61	0.00	0.00	-3708.31	-0.504	0.000
5	0.500	13.27	0.00	0.00	-3708.31	-0.630	0.000
6	0.600	15.92	0.00	0.00	-3708.31	-0.757	0.000
7	0.700	18.58	0.00	0.00	-3708.31	-0.882	0.000
8	0.800	21.23	0.00	0.00	-3708.31	-1.009	0.000
9	0.900	23.88	0.00	0.00	-3708.31	-1.136	0.000
10	1.000	26.54	0.00	0.00	-3708.31	-1.261	0.000

Maksimalverdi for element 60

maxM= 0.000 kNm, minM= 0.000 kNm
maxV= 0.000 kN, minV= 0.000 kN
maxN= -3708.314 kN, minN= -3708.314 kN

Tabell 5. 22 Bøyemoment og største normal last element 60

Utregningsdiagram for jetpel tverrgående ribbe:

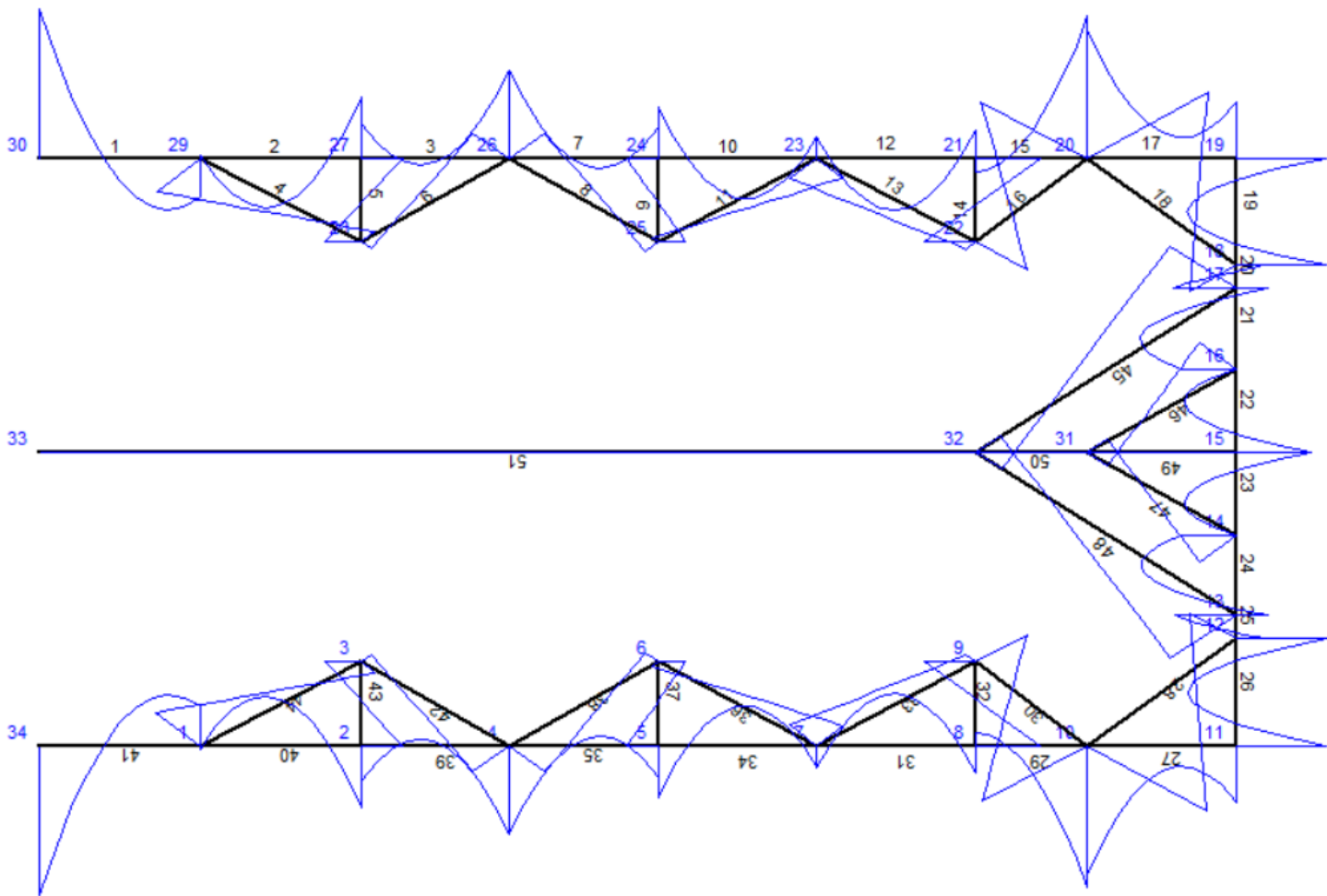
Opplagerkrefter

Kn. P.	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]
0	0.000	0.000	0.000
1	1961.217	-727.417	600.998
4	0.000	-2835.126	0.000
7	0.000	-2092.737	0.000

10	0.000	-2493.847	0.000
13	0.000	-1434.189	0.000
23	0.000	1434.355	0.000
26	0.000	2493.610	0.000
29	0.000	2092.826	0.000
32	0.000	2835.109	0.000
35	1961.461	727.413	-600.993
38	3708.314	0.000	0.000

Tabell 5. 23 opplagerkrefter for tversgående ribbe

Jetpel med diameter, $\varnothing=2.2$ m



Bøymomentdiagram

maxM=463.99 kNm, minM=-1156.56 kNm

Figur 5. 11 Bøymoment diagram til $\varnothing=2.2$ m

Utregningsdiagram for jetpel langs spunt:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 15

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	97.66	10.73	-1329.58	-0.315	-0.021
1	0.100	0.26	83.21	100.05	-1329.58	-0.319	-0.010
2	0.200	0.52	45.43	189.38	-1329.58	-0.323	0.002
3	0.300	0.78	-15.65	278.70	-1329.58	-0.325	0.015
4	0.400	1.04	-100.05	368.03	-1329.58	-0.330	0.027

5	0.500	1.31	-207.76	457.35	-1329.58	-0.334	0.038
6	0.600	1.57	-338.79	546.68	-1329.58	-0.338	0.048
7	0.700	1.83	-493.13	636.01	-1329.58	-0.340	0.057
8	0.800	2.09	-670.78	725.33	-1329.58	-0.344	0.065
9	0.900	2.35	-871.75	814.66	-1329.58	-0.349	0.069
10	1.000	2.61	-1096.03	903.98	-1329.58	-0.351	0.071

Maksimalverdi for element 15

maxM= 97.662 kNm, minM= -1096.034 kNm

maxV= 903.983 kN, minV= 10.726 kN

maxN= -1329.581 kN, minN= -1329.581 kN

Tabell 5. 24 Bøyemoment og største normal last element 15

Utregningsdiagram for jetpel i rammehjørne:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 26

n	x/l	x[m]	M[kNm]	V[kN]	N[kN]	dx[mm]	dy[mm]
0	0.000	0.00	-436.61	-678.81	-432.17	-0.685	0.088
1	0.100	0.40	-194.58	-543.25	-432.17	-0.656	0.090
2	0.200	0.79	-6.25	-407.68	-432.17	-0.629	0.092
3	0.300	1.19	128.38	-272.12	-432.17	-0.603	0.094
4	0.400	1.58	209.32	-136.56	-432.17	-0.574	0.096
5	0.500	1.98	236.56	-0.99	-432.17	-0.546	0.098
6	0.600	2.38	210.11	134.57	-432.17	-0.513	0.099
7	0.700	2.77	129.96	270.13	-432.17	-0.479	0.101
8	0.800	3.17	-3.89	405.69	-432.17	-0.444	0.103
9	0.900	3.56	-191.43	541.26	-432.17	-0.408	0.105
10	1.000	3.96	-432.68	676.82	-432.17	-0.376	0.107

Tabell 5. 25 Bøyemoment og største normal last element 26

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 27

n	x/l	x[m]	M[kNm]	V[kN]	N[kN]	dx[mm]	dy[mm]
0	0.000	0.00	-432.68	-432.17	-676.82	-0.376	0.107
1	0.100	0.35	-303.32	-313.41	-676.82	-0.374	0.080
2	0.200	0.69	-215.17	-194.65	-676.82	-0.370	0.056
3	0.300	1.04	-168.23	-75.89	-676.82	-0.369	0.034
4	0.400	1.39	-162.50	42.86	-676.82	-0.367	0.012
5	0.500	1.73	-197.98	161.62	-676.82	-0.363	-0.008
6	0.600	2.08	-274.66	280.38	-676.82	-0.362	-0.026
7	0.700	2.43	-392.56	399.14	-676.82	-0.358	-0.043
8	0.800	2.78	-551.67	517.90	-676.82	-0.356	-0.057
9	0.900	3.12	-751.98	636.66	-676.82	-0.353	-0.067
10	1.000	3.47	-993.51	755.42	-676.82	-0.351	-0.071

Tabell 5. 26 Bøyemoment og største normal last element 27

Utregningsdiagram for jetpel langsgående ribbe:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 51

n	x/l	x[m]	M[kNm]	V[kN]	N[kN]	dx[mm]	dy[mm]
0	0.000	0.00	0.00	0.00	-3419.82	-0.786	-0.005
1	0.100	2.18	0.00	0.00	-3419.82	-0.707	-0.006
2	0.200	4.36	0.00	0.00	-3419.82	-0.630	-0.006
3	0.300	6.55	0.00	0.00	-3419.82	-0.551	-0.007
4	0.400	8.73	0.00	0.00	-3419.82	-0.472	-0.008
5	0.500	10.91	0.00	0.00	-3419.82	-0.393	-0.009
6	0.600	13.09	0.00	0.00	-3419.82	-0.314	-0.010
7	0.700	15.27	0.00	0.00	-3419.82	-0.236	-0.010
8	0.800	17.46	0.00	0.00	-3419.82	-0.157	-0.011
9	0.900	19.64	0.00	0.00	-3419.82	-0.079	-0.012
10	1.000	21.82	0.00	0.00	-3419.82	0.000	-0.013

Maksimalverdi for element 51

maxM= 0.000 kNm, minM= 0.000 kNm

maxV= 0.000 kN, minV= 0.000 kN

maxN= -3419.819 kN, minN= -3419.819 kN

Tabell 5. 27 Bøyemoment og største normal last element 51

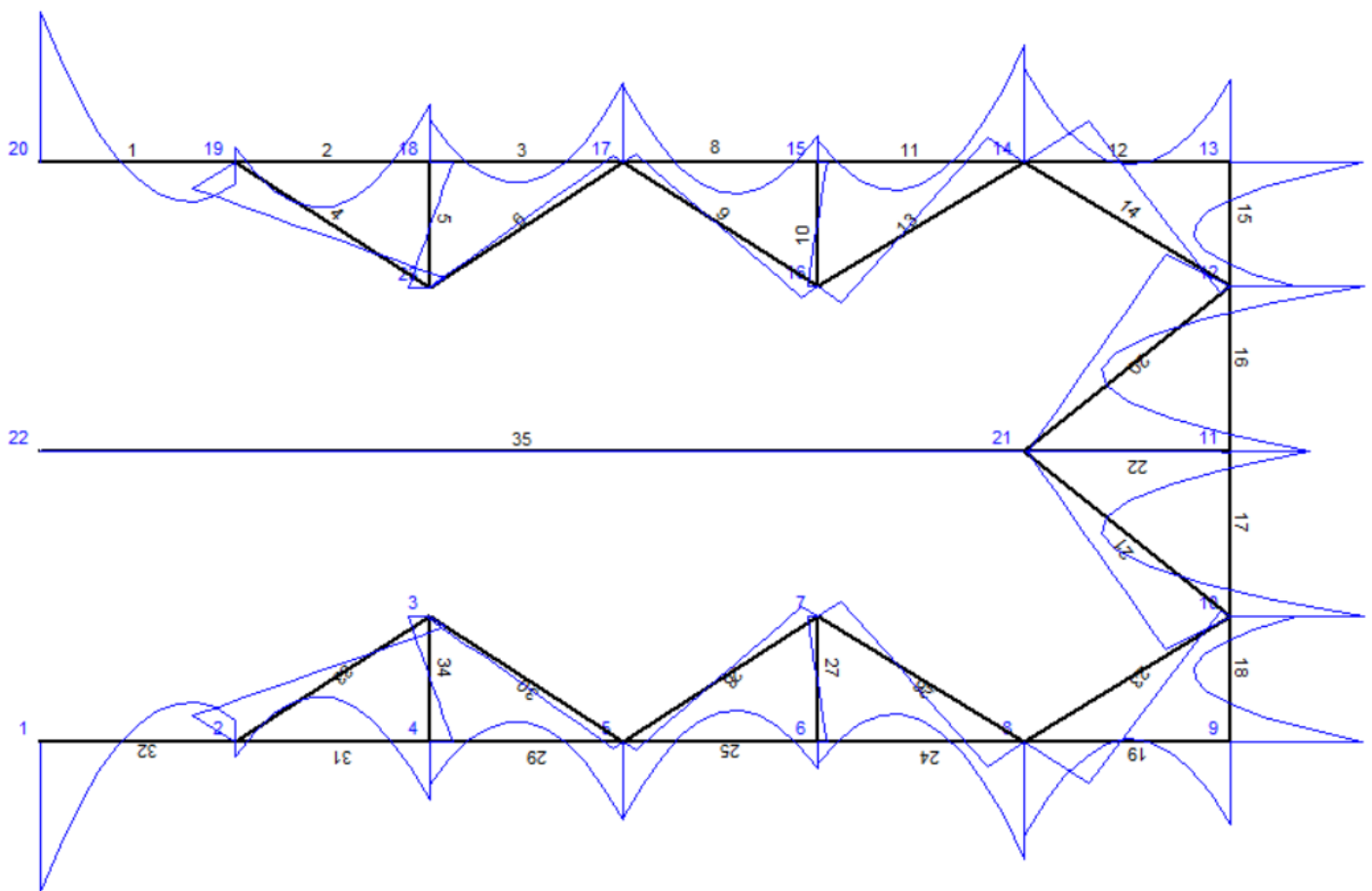
Utregningsdiagram for jetpel tverrgående ribbe:

Opplagerkrefter

Kn. P.	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]
3	0.000	-2745.047	0.000
6	0.000	-2588.946	0.000
9	0.000	-1530.613	0.000
22	0.000	1531.907	0.000
25	0.000	2588.189	0.000
28	0.000	2746.249	0.000
30	2018.877	1027.988	-1153.224
33	3419.819	0.000	0.000
34	2015.038	-1029.728	1156.558

Tabell 5. 28 Opplagerkrefter for tversgående ribbe

5.3.6 Jetpel med diameter, Ø=2.5 m



Bøymomentdiagram

maxM=878.97 kNm, minM=-1627.78 kNm

Figur 5. 12 Bøymomentdiagram til Ø= 2.5m

Utregningsdiagram for jetpel langs spunt:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 24

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	-1277.24	-1041.78	-1414.40	-0.460	0.040
1	0.100	0.48	-814.95	-876.85	-1414.40	-0.451	0.039
2	0.200	0.96	-432.13	-711.92	-1414.40	-0.443	0.043
3	0.300	1.45	-128.80	-547.00	-1414.40	-0.434	0.049

4	0.400	1.93	95.06	-382.07	-1414.40	-0.426	0.056
5	0.500	2.41	239.44	-217.14	-1414.40	-0.418	0.063
6	0.600	2.89	304.35	-52.22	-1414.40	-0.407	0.068
7	0.700	3.37	289.77	112.71	-1414.40	-0.399	0.071
8	0.800	3.86	195.72	277.64	-1414.40	-0.391	0.073
9	0.900	4.34	22.18	442.56	-1414.40	-0.382	0.074
10	1.000	4.82	-230.83	607.49	-1414.40	-0.374	0.075

Maksimalverdi for element 24

maxM=	304.346 kNm,	minM=	-1277.244 kNm
maxV=	607.491 kN,	minV=	-1041.779 kN
maxN=	-1414.400 kN,	minN=	-1414.400 kN

Tabell 5. 29 Bøyemoment og største normal last element 24

Utregningsdiagram for jetpel i rammehjørne:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 18

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	-444.99	-691.33	-799.11	-0.757	0.124
1	0.100	0.46	-161.96	-533.12	-799.11	-0.734	0.129
2	0.200	0.92	47.93	-374.90	-799.11	-0.713	0.134
3	0.300	1.39	184.67	-216.68	-799.11	-0.690	0.138
4	0.400	1.85	248.27	-58.46	-799.11	-0.668	0.143
5	0.500	2.31	238.72	99.76	-799.11	-0.643	0.148
6	0.600	2.77	156.03	257.98	-799.11	-0.616	0.153
7	0.700	3.24	0.19	416.20	-799.11	-0.589	0.157
8	0.800	3.70	-228.79	574.42	-799.11	-0.563	0.162
9	0.900	4.16	-530.91	732.64	-799.11	-0.538	0.167
10	1.000	4.62	-906.18	890.85	-799.11	-0.515	0.172

Tabell 5. 30 Bøyemoment og største normal last element 18

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 19

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	-906.18	-799.11	-890.85	-0.515	0.172
1	0.100	0.48	-561.65	-634.63	-890.85	-0.510	0.153
2	0.200	0.96	-296.18	-470.15	-890.85	-0.504	0.137
3	0.300	1.44	-109.75	-305.67	-890.85	-0.499	0.123
4	0.400	1.92	-2.37	-141.18	-890.85	-0.494	0.109
5	0.500	2.40	25.96	23.30	-890.85	-0.488	0.096
6	0.600	2.88	-24.76	187.78	-890.85	-0.483	0.082
7	0.700	3.36	-154.54	352.26	-890.85	-0.478	0.069
8	0.800	3.84	-363.36	516.74	-890.85	-0.472	0.056
9	0.900	4.33	-651.23	681.23	-890.85	-0.465	0.046
10	1.000	4.81	-1018.15	845.71	-890.85	-0.460	0.040

Tabell 5. 31 Bøyemoment og største normal last element 19

Utregningsdiagram for jetpel langsgående ribbe:

Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 35

n	x/l	x [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]	dx [mm]	dy [mm]
0	0.000	0.00	0.00	0.00	-2800.26	0.000	-0.001
1	0.100	2.29	0.00	0.00	-2800.26	-0.082	-0.001
2	0.200	4.59	0.00	0.00	-2800.26	-0.165	-0.001
3	0.300	6.88	0.00	0.00	-2800.26	-0.247	-0.001
4	0.400	9.18	0.00	0.00	-2800.26	-0.329	-0.001
5	0.500	11.47	0.00	0.00	-2800.26	-0.412	0.000
6	0.600	13.77	0.00	0.00	-2800.26	-0.494	0.000
7	0.700	16.06	0.00	0.00	-2800.26	-0.577	0.000
8	0.800	18.36	0.00	0.00	-2800.26	-0.659	0.000
9	0.900	20.65	0.00	0.00	-2800.26	-0.741	0.000
10	1.000	22.94	0.00	0.00	-2800.26	-0.824	0.000

Maksimalverdi for element 35

maxM=	0.000 kNm,	minM=	0.000 kNm
maxV=	0.000 kN,	minV=	0.000 kN
maxN=	-2800.262 kN,	minN=	-2800.262 kN

Tabell 5. 32 Bøyemoment og største normal last element 35

Utregningsdiagram for jetpel tverrgående ribbe:

Opplagerkrefter

Kn.P.	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]
1	2278.076	-1188.063	1627.781
3	0.000	-3568.198	0.000
7	0.000	-2758.614	0.000
16	0.000	2757.772	0.000
20	2278.176	1187.193	-1627.206
22	2800.262	0.000	0.000
23	0.000	3569.911	0.000

Tabell 5. 33. opplagerkrefter for tversgåenderibbe

5.4 Kontroll av kapasitet Jetpel

Kontroll for spenning i Jetpeler med diameter, $\varnothing=1,0\text{m}$

4.13.1a Kontroll spenning i jetpel langs spunt:

Langs yttervegg med spunt; pel med diameter $\varnothing= 1.0\text{m}$ med senteravstand c/c 750mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{\text{eff}}=660\text{mm}$ og $b=2500\text{mm}$.

Element 26 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M=-624.019\text{kNm}$$

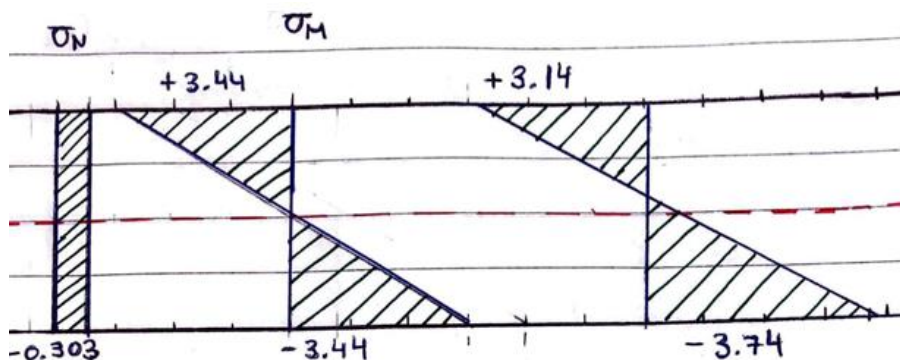
$$N= -499.149 \text{ kN}$$

$$A=660\text{mm}\cdot 2500\text{mm}= 1.65\cdot 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y=\frac{2500\cdot 660^2}{6} = 181.5 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M=\pm \frac{624.019\cdot 10^6 \text{ Nmm}}{181.5\cdot 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 3.44 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N= \frac{499.149\cdot 10^3 \text{ N}}{1.65\cdot 10^6 \text{ mm}^2} = -0.303 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 13 Spenningsdiagram til $\varnothing= 1.0\text{m}$, langs spunt

$$\underline{\sigma_{\text{total strekk}}=+3.14\text{Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{\text{total trykk}}=-3.74\text{Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: på grunn av $\sigma_{\text{total strekk}}= 3.14 \text{ Mpa}$ må man velge større enn B90

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td}=\frac{0.8\cdot 3.5}{1.75} = 1.7 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd}=\frac{0.8\cdot 90}{1.75} = 43.7 \text{ Mpa}$$

4.13.1b Kontroll spenning i jetpel i rammehjørne:

Langs yttervegg med spunt; pel med diameter $\varnothing = 1.0\text{m}$ med senteravstand c/c 750mm
Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{\text{eff}} = 660\text{mm}$ og $b = 2500\text{mm}$.
Element 35 og 36 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = -502.10 \text{ kNm}$$

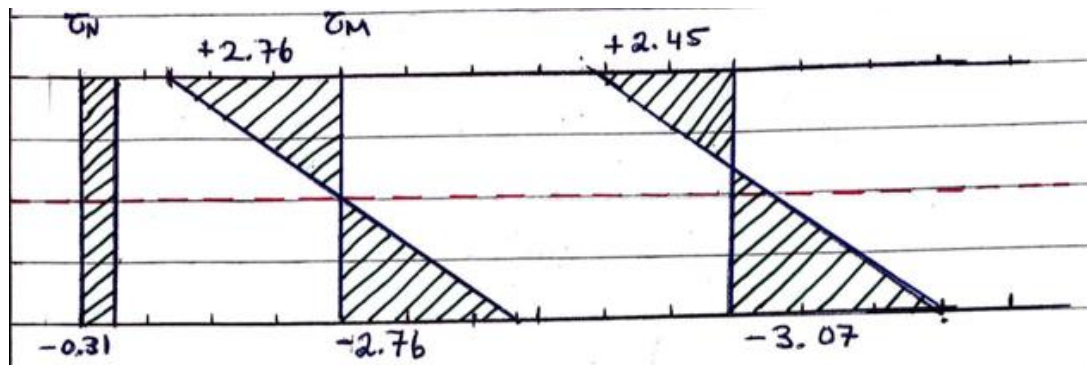
$$N = -512.83 \text{ kN}$$

$$A = 660\text{mm} * 2500\text{mm} = 1.65 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 660^2}{6} = 181.5 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{502.10 * 10^6 \text{ Nmm}}{181.5 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 2.76 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = \frac{512.88 * 10^3 \text{ N}}{1.65 * 10^6 \text{ mm}^2} = -0.31 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 14 Spenningsdiagram til $\varnothing = 1.0\text{m}$ rammehjørne

$$\underline{\sigma_{\text{total strekk}} = +2.45 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{\text{total trykk}} = -3.07 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: på grunn av $\sigma_{\text{total strekk}} = 2.45 \text{ Mpa}$ må betongkvalitet øke mer over B90

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{\text{td}} = \frac{0.8 * 3.5}{1.75} = 1.7 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{\text{cd}} = \frac{0.8 * 90}{1.75} = 43.7 \text{ Mpa}$$

4.13.1c Kontroll spenning i jetpel langsgående ribbe:

Pel med diameter $\varnothing = 1.0\text{m}$ med senteravstand c/c 750mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{\text{eff}} = 660\text{mm}$ og $b = 2500\text{mm}$.

Element 43 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = 0 \text{ kNm}$$

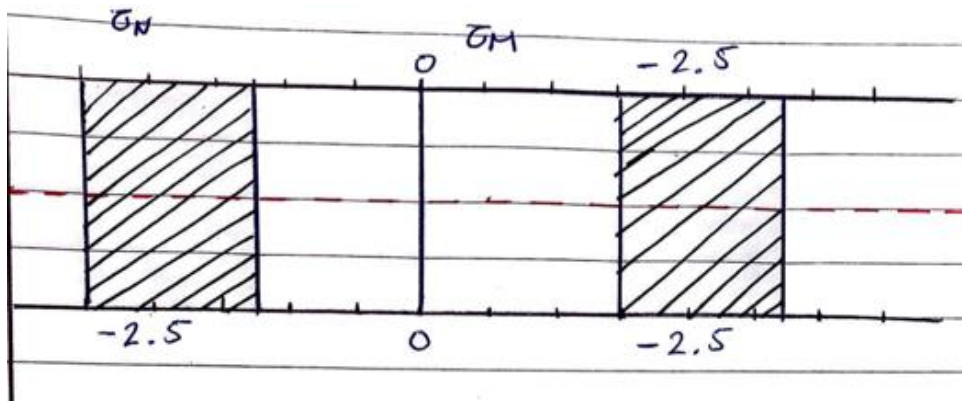
$$N = -4139.583 \text{ kN}$$

$$A = 660\text{mm} * 2500\text{mm} = 1.65 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 660^2}{6} = 181.5 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{0 \text{ Nmm}}{181.5 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = \frac{4139.583 * 10^3 \text{ N}}{1.65 * 10^6 \text{ mm}^2} = -2.5 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 15 Spenningsdiagram $\varnothing = 1.0\text{m}$, langsgående ribbe

$$\underline{\sigma_{\text{total strekk}} = +0 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{\text{total trykk}} = -2.7 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: på grunn av $\sigma_{\text{total strekk}} = 0 \text{ Mpa}$. Her kan man teoretisk velge B25

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{\text{td}} = \frac{0.8 * 1.8}{1.75} = 0.83 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{\text{cd}} = \frac{0.8 * 25}{1.75} = 11.43 \text{ Mpa}$$

4.13.1d Kontroll spenning i jetpel tversgående ribbe:

Pel med diameter $\varnothing = 1.0\text{m}$ med senteravstand c/c 750mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{\text{eff}} = 660\text{mm}$ og $b = 2500\text{mm}$.

Element 19 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = -0 \text{ kNm}$$

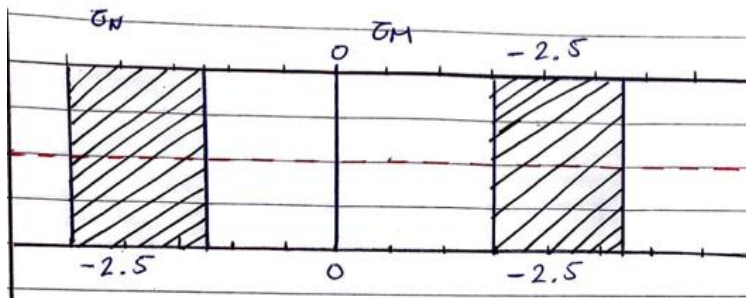
$$N = -2071.415 \text{ kN}$$

$$A = 660\text{mm} * 2500\text{mm} = 1.65 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 660^2}{6} = 181.5 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{0 \text{ Nmm}}{181.5 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = -\frac{2071.415 * 10^3 \text{ N}}{1.65 * 10^6 \text{ mm}^2} = -1.25 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 16 Spenningsdiagram, $\varnothing = 1.0 \text{ m}$ tverrgående ribbe

$$\underline{\sigma_{\text{total strekk}} = +0 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{\text{total trykk}} = -2.5 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: på grunn av $\sigma_{\text{total strekk}} = 0 \text{ Mpa}$. Her kan man teoretisk velge B25

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.8}{1.75} = 0.83 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 25}{1.75} = 11.43 \text{ Mpa}$$

5.1.4 Kontroll for diameter, $\varnothing=1,2\text{m}$

Kontroll spenning i jetpel langs spunt:

Langs yttervegg med spunt; pel med diameter $\varnothing= 1.2\text{m}$ med senteravstand c/c 900mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{\text{eff}}=800\text{mm}$ og $b=2500\text{mm}$.

Element 36 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M=644.371\text{kNm}$$

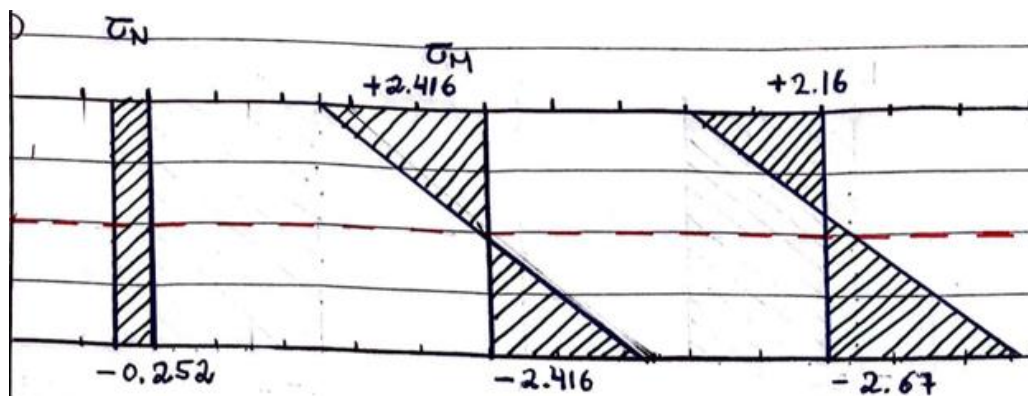
$$N= -503.737 \text{ kN}$$

$$A=800\text{mm}\cdot 2500\text{mm}= 2\cdot 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y=\frac{2500\cdot 800^2}{6} = 266.67 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M=\pm \frac{644.371\cdot 10^6 \text{ Nmm}}{266.67\cdot 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 2.416 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N= \frac{503.737\cdot 10^3 \text{ N}}{2\cdot 10^6 \text{ mm}^2} = -0.252 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 17 Spenning i jetpel langs spunt, $\varnothing= 1,2\text{m}$

$$\underline{\sigma_{\text{total strekk}}=+2.16 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{\text{total trykk}}=-2.67 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: på grunn av $\sigma_{\text{total strekk}}= +2.16 \text{ Mpa}$. Her må det velges høyere betong kvalitet enn B90.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td}=\frac{0.8\cdot 3.5}{1.75} = 1.7 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd}=\frac{0.8\cdot 90}{1.75} = 43.71 \text{ Mpa}$$

Kontroll spenning i jetpel i rammehjørne:

Langs yttervegg med spunt; pel med diameter $\varnothing = 1.2\text{m}$ med senteravstand c/c 900mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{\text{eff}} = 800\text{mm}$ og $b = 2500\text{mm}$.

Element 35 og 36 (regner med 35) har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = -271.73 \text{ kNm}$$

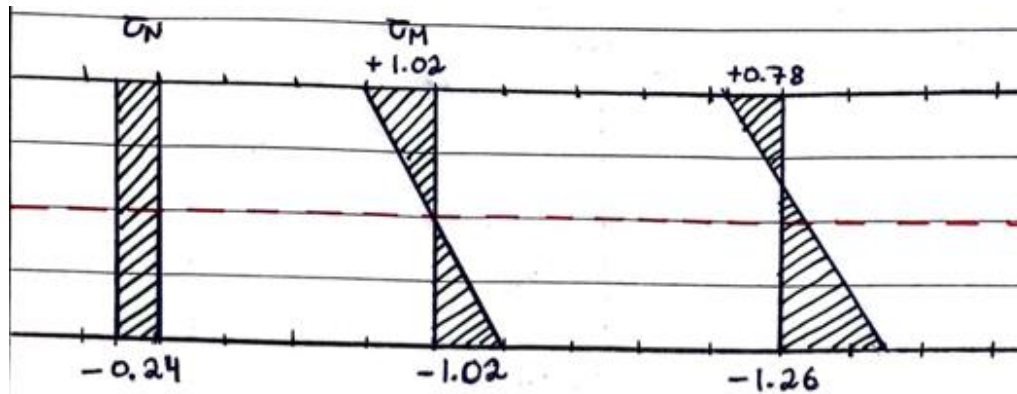
$$N = -481.55 \text{ kN}$$

$$A = 800\text{mm} * 2500\text{mm} = 2 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 800^2}{6} = 266.67 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{271.73 * 10^6 \text{ Nmm}}{266.67 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 1.02 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = \frac{481.55 * 10^3 \text{ N}}{2 * 10^6 \text{ mm}^2} = -0.24 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 18 Spenning i jetpel i rammehjørne, $\varnothing = 1,2\text{m}$

$$\underline{\sigma_{\text{total strekk}} = +0.78 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{\text{total trykk}} = -1.26 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: velger B25.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.8}{1.75} = 0.82 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 25}{1.75} = 11.43 \text{ Mpa}$$

Kontroll spenning i jetpel i langsgående ribbe:

Pel med diameter $\varnothing = 1.2\text{m}$ med senteravstand c/c 900mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{\text{eff}} = 800\text{mm}$ og $b = 2500\text{mm}$.

Element 43 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = 0 \text{ kNm}$$

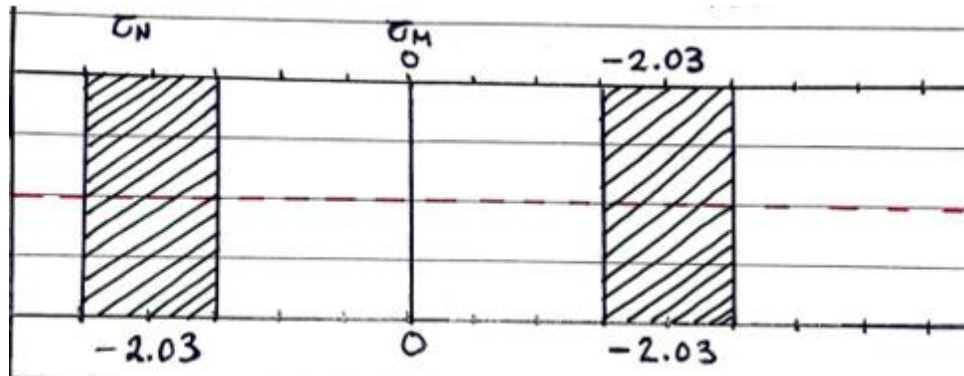
$$N = -4065.497 \text{ kN}$$

$$A = 800\text{mm} * 2500\text{mm} = 2 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 800^2}{6} = 266.67 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{0 \text{ Nmm}}{266.67 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = -\frac{4065.497 * 10^3 \text{ N}}{2 * 10^6 \text{ mm}^2} = -2.03 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 19 Spenning i jetpel i langsgående ribbe, $\varnothing = 1,2\text{m}$

$$\sigma_{\text{total strekk}} = +0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{\text{total trykk}} = -2.03 \text{ Mpa}$$

Betong kvalitet i pel: velger B25.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.8}{1.75} = 0.82 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 25}{1.75} = 11.43 \text{ Mpa}$$

På grunn av utregningen viser ingen strekk og total trykk på $\sigma_{\text{total trykk}} = -2.03 \text{ Mpa}$ kan B12 kvalitet velges. Se kapittel 10 om feilkilder.

Betong kvalitet i pel: velger B12.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.1}{1.75} = 0.50 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 12}{1.75} = 5.48 \text{ Mpa}$$

Kontroll spenning i jetpel i tverrsgående ribbe:

Pel med diameter $\varnothing = 1.2\text{m}$ med senteravstand c/c 900mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{\text{eff}} = 800\text{mm}$ og $b = 2500\text{mm}$.

Knutepunkt 12 har størst aksialkraft og moment er null fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = 0 \text{ kNm}$$

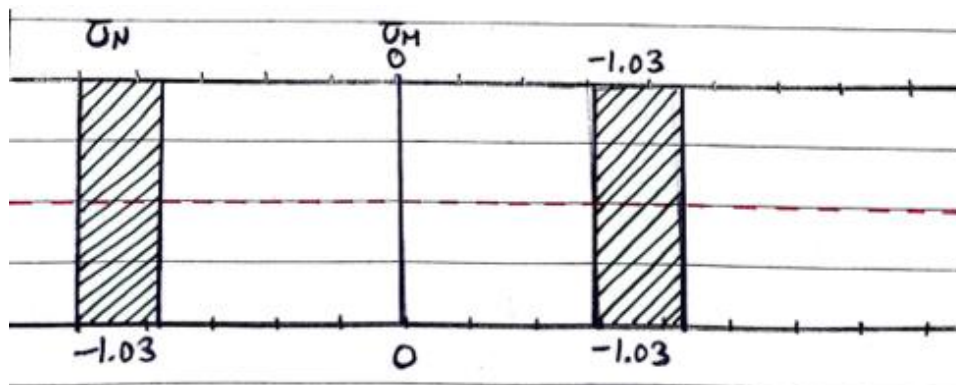
$$N = -2066.29 \text{ kN}$$

$$A = 800\text{mm} * 2500\text{mm} = 2 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 800^2}{6} = 266.67 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{0 \text{ Nmm}}{266.67 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = -\frac{2066.29 * 10^3 \text{ N}}{2 * 10^6 \text{ mm}^2} = -1.03 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 20 Spenning i jetpel i tverrsgående ribbe, $\varnothing = 1,2\text{m}$

$$\sigma_{\text{total strekk}} = +0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{\text{total trykk}} = -1.03 \text{ Mpa}$$

Betong kvalitet i pel: velger B25.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.8}{1.75} = 0.82 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 25}{1.75} = 11.43 \text{ Mpa}$$

På grunn av utregningen viser ingen strekk og total trykk på $\sigma_{\text{total trykk}} = -1.03 \text{ Mpa}$ kan B12 kvalitet velges. Se kapittel 10 om feilkilder.

Betong kvalitet i pel: velger B12.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.1}{1.75} = 0.50 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 12}{1.75} = 5.48 \text{ Mpa}$$

Kontroll for diameter, $\varnothing=1,5\text{m}$

Kontroll spenning i jetpel langs spunt:

Langs yttervegg med spunt; pel med diameter $\varnothing= 1.5\text{m}$ med senteravstand c/c 1130mm
Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{\text{eff}}=1000\text{mm}$ og $b=2500\text{mm}$.
Element 44 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M=-647.399 \text{ kNm}$$

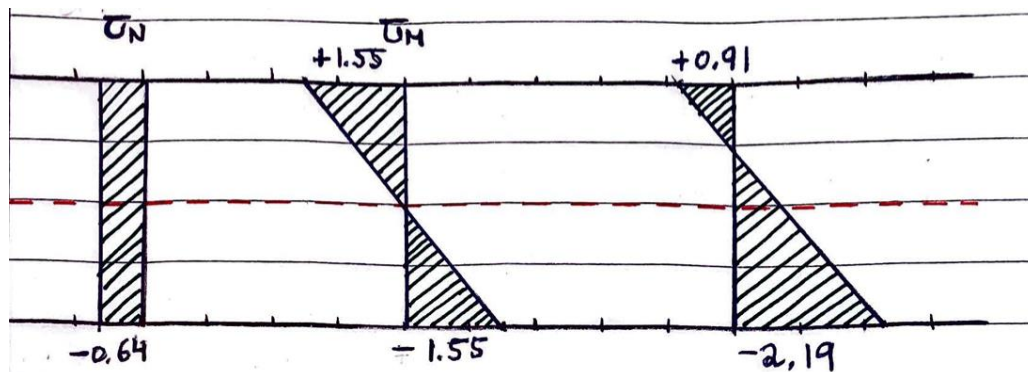
$$N= -1606.898 \text{ kN}$$

$$A=1000\text{mm}*2500\text{mm}= 2.5*10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y=\frac{2500*1000^2}{6} = 416.67 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M=\pm \frac{647.399*10^6 \text{ Nmm}}{416.67*10^6 \text{ mm}^3} = \pm 1.55 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N= -\frac{1606.898*10^3 \text{ N}}{2.5*10^6 \text{ mm}^2} = -0.64 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 21 Spenning i jetpel langs spunt, $\varnothing= 1,5\text{m}$

$$\underline{\sigma_{\text{total strekk}}=+0.91 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{\text{total trykk}}=-2.19 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: velger B35.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td}=\frac{0.8*2.2}{1.75} = 1.0 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd}=\frac{0.8*35}{1.75} = 16 \text{ Mpa}$$

Kontroll spenning i jetpel i rammehjørne:

Pel med diameter $\varnothing = 1.5\text{m}$ med senteravstand c/c 1130mm
Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{\text{eff}} = 1000\text{mm}$ og $b = 2500\text{mm}$.
Element 35 og 36 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = -252.72 \text{ kNm}$$

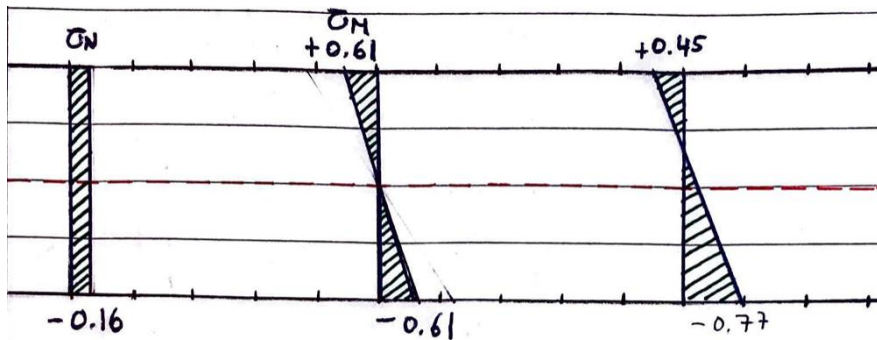
$$N = -409.74 \text{ kN}$$

$$A = 1000\text{mm} * 2500\text{mm} = 2.5 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 1000^2}{6} = 416.67 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{252.72 * 10^6 \text{ Nmm}}{416.67 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0.61 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = \frac{409.74 * 10^3 \text{ N}}{2.5 * 10^6 \text{ mm}^2} = -0.16 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 21 Spenning i jetpel i rammehjørne, $\varnothing = 1,5 \text{ m}$

$$\sigma_{\text{total strekk}} = +0.45 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{\text{total trykk}} = -0.77 \text{ Mpa}$$

Betong kvalitet i pel: velger B25.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.8}{1.75} = 0.82 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 25}{1.75} = 11.43 \text{ Mpa}$$

På grunn av utregningen viser såpass lav total strekk og trykk kan B16 kvalitet velges. Se kapittel 10 om feilkilder.

Betong kvalitet B16:

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.3}{1.75} = 0.59 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 12}{1.75} = 7.3 \text{ Mpa}$$

Kontroll spenning i jetpel langsgående ribbe:

Pel med diameter $d_1 = 1.2\text{m}$ med senteravstand c/c 1130mm
Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{\text{eff}} = 800\text{mm}$ og $b = 2500\text{mm}$.
Element 43 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = 0 \text{ kNm}$$

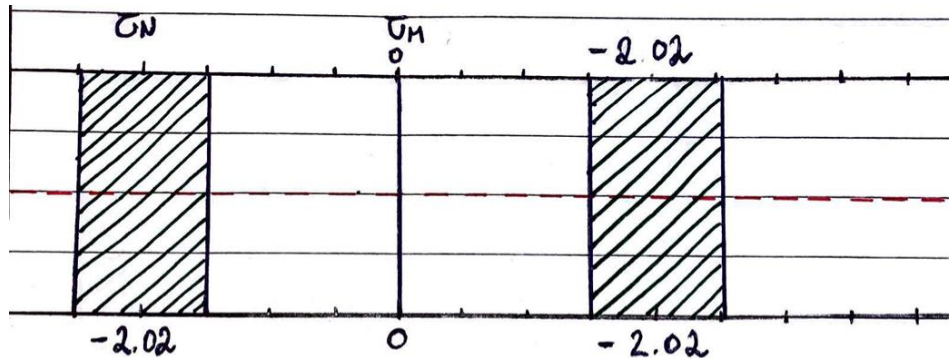
$$N = -4041.95 \text{ kN}$$

$$A = 800\text{mm} * 2500\text{mm} = 2 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 800^2}{6} = 266.67 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{0 \text{ Nmm}}{416.67 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = -\frac{4041.95 * 10^3 \text{ N}}{2.5 * 10^6 \text{ mm}^2} = -2.02 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 22 Spenning i jetpel langsgående ribbe, $\varnothing = 1,5 \text{ m}$

$$\sigma_{\text{total strekk}} = +0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{\text{total trykk}} = -2.02 \text{ Mpa}$$

Betong kvalitet i pel: velger B25.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.8}{1.75} = 0.82 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 25}{1.75} = 11.43 \text{ Mpa}$$

På grunn av utregningen viser ingen strekk, kan B12 kvalitet velges. Se kapittel 10 om feilkilder.

Betong kvalitet i pel: velger B12.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.1}{1.75} = 0.50 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 12}{1.75} = 5.48 \text{ Mpa}$$

Kontroll spenning i jetpel tverrgående ribbe:

Pel med diameter $d_1 = 1.2\text{m}$ med senteravstand c/c 1130mm
Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{\text{eff}} = 800\text{mm}$ og $b = 2500\text{mm}$.
Element 19 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = 0 \text{ kNm}$$

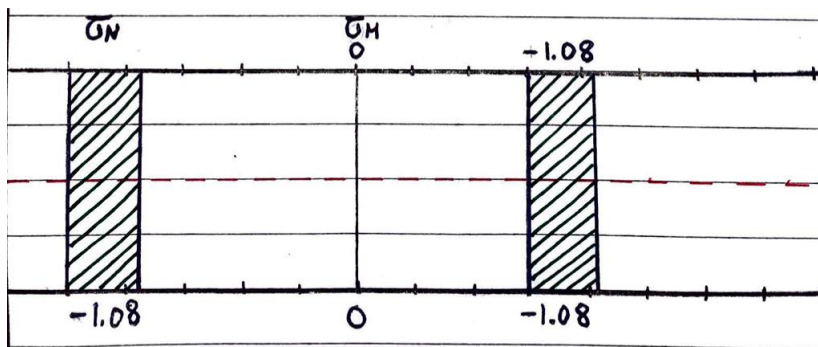
$$N = -2157.548 \text{ kN}$$

$$A = 800\text{mm} * 2500\text{mm} = 2 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 800^2}{6} = 266.67 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{0 \text{ Nmm}}{416.67 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = \frac{2157.548 * 10^3 \text{ N}}{2.5 * 10^6 \text{ mm}^2} = -1.08 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 23 Spenning i jetpel tverrgående ribbe, 1,5 m

$$\underline{\sigma_{\text{total strekk}} = +0 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{\text{total trykk}} = -1.08 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: velger B25.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.8}{1.75} = 0.82 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 25}{1.75} = 11.43 \text{ Mpa}$$

På grunn av utregningen viser ingen strekk, kan B12 kvalitet velges. Se kapittel 10 for feilkilder.

Betong kvalitet i pel: velger B12.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.1}{1.75} = 0.50 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 12}{1.75} = 5.48 \text{ Mpa}$$

kontroll for diameter, $\varnothing=1.7\text{m}$

Kontroll spenning i jetpel langs spunt:

Langs yttervegg med spunt; pel med diameter $\varnothing= 1.7\text{m}$ med senteravstand c/c 1350mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er bredde=1200mm og høyde=2500mm.

Element 20 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M=-944.697 \text{ kNm}$$

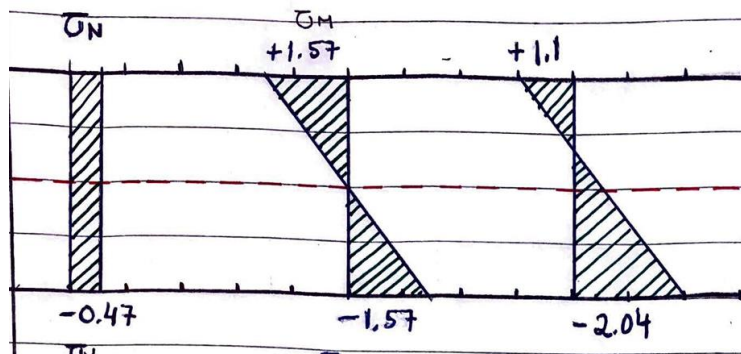
$$N= -1401.212 \text{ kN}$$

$$A=2500*1200= 300*10^4 \text{ mm}^2$$

$$W_y=\frac{2500*1200^2}{6} = 600 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M=\pm \frac{944.697*10^6 \text{ Nmm}}{600*10^6 \text{ mm}^3} = \pm 1.57 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N= \frac{1401.216*10^3 \text{ N}}{3*10^6 \text{ mm}^2} = -0.47 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 24 Spenning i jetpel langs spunt, $\varnothing= 1.7 \text{ m}$

$$\underline{\sigma_{\text{total strekk}}=+1.1 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{\text{total trykk}}=-2.04 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: velger B45.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td}=\frac{0.8*2.7}{1.75} = 1.23 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd}=\frac{0.8*45}{1.75} = 20.57 \text{ Mpa}$$

Kontroll spenning i jetpel i hjørneramme:

Pel med diameter $\varnothing = 1.7\text{m}$ med senteravstand c/c 1350mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er bredde=1200mm og høyde=2500mm.

Når vi skal regne spenning for rammehjørne kan vi enten velge element 23 eller 25. Det er fordi begge elementene skal oppgi samme moment og normalkraft på hjørnet.

$$M = -257.6 \text{ kNm}$$

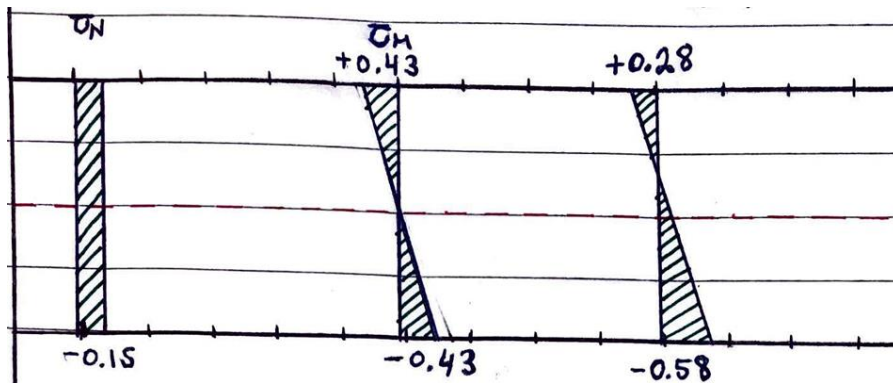
$$N = -450.57 \text{ kN}$$

$$A = 2500 * 1200 = 3 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 1200^2}{6} = 600 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{257.6 * 10^6 \text{ Nmm}}{600 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0.43 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = -\frac{450.57 * 10^3 \text{ N}}{3 * 10^6 \text{ mm}^2} = -0.15 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 25 Spenning i jetpel i hjørneramme, $\varnothing = 1.7 \text{ m}$

$$\underline{\sigma_{\text{total strekk}} = +0.28 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{\text{total trykk}} = -0.58 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: velger B25.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.8}{1.75} = 0.82 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 25}{1.75} = 11.43 \text{ Mpa}$$

På grunn av utregningen viser såpass lite strekk, kan B12 kvalitet velges. Se kapittel 10 for feilkilder.

Betong kvalitet B12:

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.1}{1.75} = 0.50 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 \cdot 12}{1.75} = 5.48 \text{ Mpa}$$

Kontroll spenning i jetpel langsgående ribbe:

Langs yttervegg med spunt; pel med diameter $d_1 = 1.5\text{m}$ med senteravstand c/c 1350mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er bredde=2500 mm og $h_{\text{eff}}=1000\text{mm}$.

Element 27 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = 0 \text{ kNm}$$

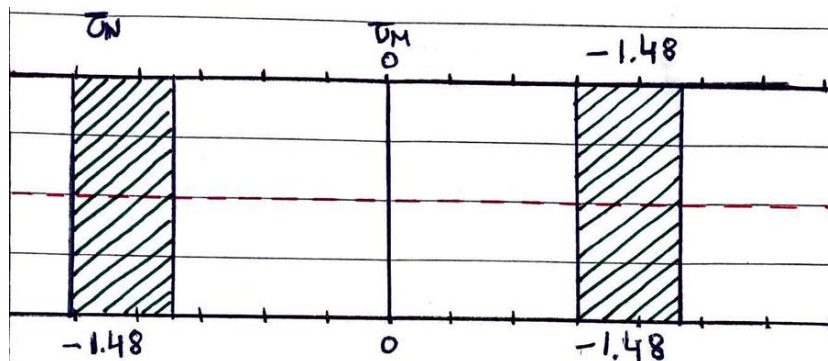
$$N = -3708.314 \text{ kN}$$

$$A = 2500 \cdot 1000 = 2.5 \cdot 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 \cdot 1000^2}{6} = 416.67 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{0 \text{ Nmm}}{416.67 \cdot 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = \frac{3708.314 \cdot 10^3 \text{ N}}{2.5 \cdot 10^6 \text{ mm}^2} = -1.48 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 26 Spenning i Jetpel langsgående ribbe $\phi = 1.7 \text{ m}$

$$\underline{\sigma_{\text{total strekk}} = +0 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{\text{total trykk}} = -1.48 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: velger B25.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 \cdot 1.8}{1.75} = 0.82 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 \cdot 25}{1.75} = 11.43 \text{ Mpa}$$

På grunn av utregningen viser ingen strekk, kan B12 kvalitet velges. Se kapittel 10 for feilkilder.
Betong kvalitet i pel: velger B12.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 \cdot 1.1}{1.75} = 0.50 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 \cdot 12}{1.75} = 5.48 \text{ Mpa}$$

Kontroll spenning i jetpel tversgående ribbe:

Pel med diameter $d_1 = 1.7\text{m}$ med senteravstand c/c 1350mm
Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er bredde=2500 mm og $h_{\text{eff}}=1200\text{mm}$.
Element 2 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = 0 \text{ kNm}$$

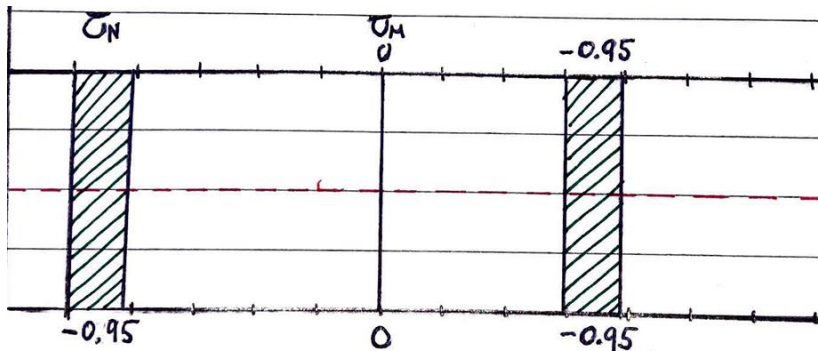
$$N = -2835.126 \text{ kN}$$

$$A = 2500 * 1200 = 3 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 1200^2}{6} = 600 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{0 \text{ Nmm}}{600 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = -\frac{2835.126 * 10^3 \text{ N}}{3 * 10^6 \text{ mm}^2} = -0.95 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 27 spenning i jetpel tversgående ribbe

$$\sigma_{\text{total strekk}} = +0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{\text{total trykk}} = -0.95 \text{ Mpa}$$

Betong kvalitet i pel: velger B25.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.8}{1.75} = 0.82 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 25}{1.75} = 11.43 \text{ Mpa}$$

På grunn av utregningen viser ingen strekk, kan B12 kvalitet velges. Se kapittel 10 for feilkilder.
Betong kvalitet B12:

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.1}{1.75} = 0.50 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 12}{1.75} = 5.48 \text{ Mpa}$$

Kontroll for diameter, $\varnothing=2.2\text{m}$

Kontroll spenning i jetpel langs spunt:

Pel med diameter $\varnothing= 2.2 \text{ m}$ med senteravstand c/c 1650mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{\text{eff}}=1460\text{mm}$ og $b=2500\text{mm}$.

Element 15 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M=-1096.034 \text{ kNm}$$

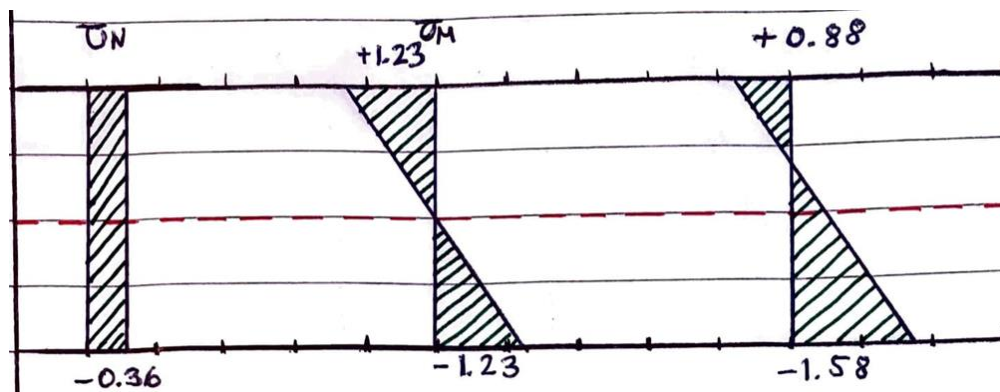
$$N= -1329.581 \text{ kN}$$

$$A=1460\text{mm}*2500\text{mm}= 3.65*10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y=\frac{2500*1460^2}{6} = 888.167 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M=\pm \frac{1096.034*10^6 \text{ Nmm}}{888.167*10^6 \text{ mm}^3} = \pm 1.23 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N= -\frac{1329.581*10^3 \text{ N}}{3.65*10^6 \text{ mm}^2} = -0.36 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 28 Spenning i jetpel langs spunt $\varnothing= 2.2\text{m}$

$$\underline{\sigma_{\text{total strekk}}=+0.88 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{\text{total trykk}}=-1.58 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: velger B30.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td}=\frac{0.8*2.0}{1.75} = 0.91 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd}=\frac{0.8*30}{1.75} = 13.71 \text{ Mpa}$$

Kontroll spenning i jetpel i rammehjørne:

Pel med diameter $\varnothing = 2.2$ m med senteravstand c/c 1650mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{eff} = 1460$ mm og $b = 2500$ mm.

Element 26 og 27 (regner med 26) har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = -432.68 \text{ kNm}$$

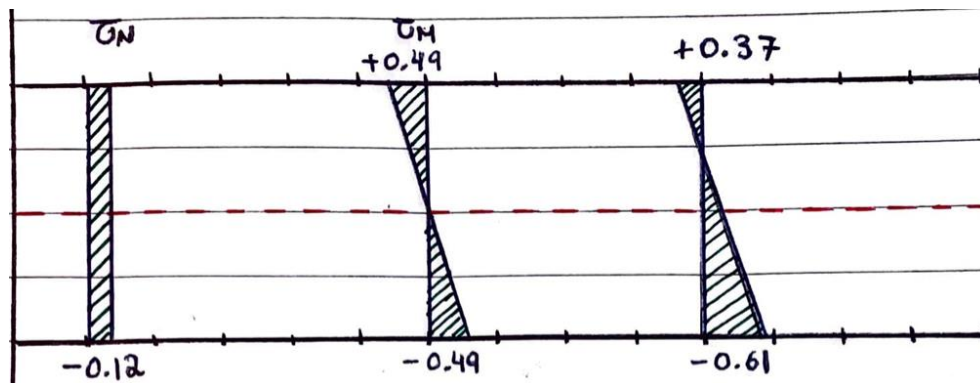
$$N = -432.17 \text{ kN}$$

$$A = 1460 \text{ mm} * 2500 \text{ mm} = 3.65 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 1460^2}{6} = 888.167 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{432.68 * 10^6 \text{ Nmm}}{888.167 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0.49 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = \frac{432.17 * 10^3 \text{ N}}{3.65 * 10^6 \text{ mm}^2} = -0.12 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 29 Spenning i jetpel i rammehjørne $\varnothing = 2.2$ m

$$\underline{\sigma_{total \text{ strekk}} = +0.37 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{total \text{ trykk}} = -0.61 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: velger B25.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.8}{1.75} = 0.82 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 25}{1.75} = 11.43 \text{ Mpa}$$

På grunn av utregningen viser lite strekk, kan B12 kvalitet velges. Se kapittel 10 for feilkilder.
Betong kvalitet B12:

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.1}{1.75} = 0.50 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 12}{1.75} = 5.48 \text{ Mpa}$$

Kontroll spenning i jetpel langsgående ribbe:

Pel med diameter $d_1 = 1.7$ m med senteravstand c/c 1650mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{eff} = 1200$ mm og $b = 2500$ mm.

Element 51 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = 0 \text{ kNm}$$

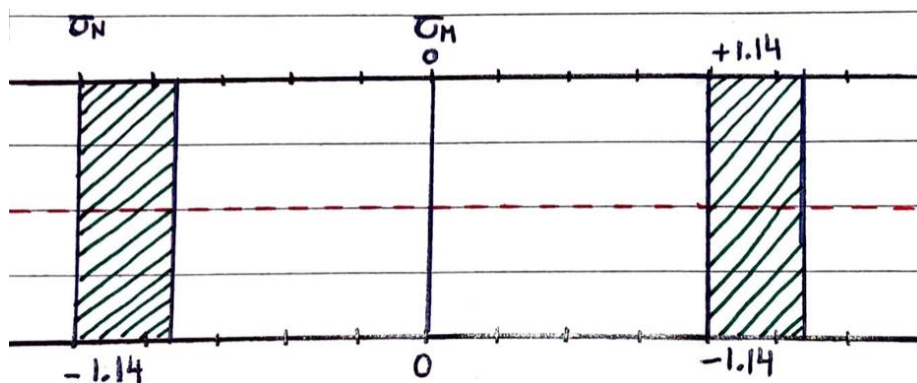
$$N = -3419.819 \text{ kN}$$

$$A = 1200 \text{ mm} * 2500 \text{ mm} = 3 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 1200^2}{6} = 600 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{0 \text{ Nmm}}{600 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = -\frac{3419.819 * 10^3 \text{ N}}{3 * 10^6 \text{ mm}^2} = -1.14 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 30 Spenning i jetpel langsgående ribbe, $\phi = 2.2$ m

$$\underline{\sigma_{total \text{ strekk}} = +0 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{total \text{ trykk}} = -1.14 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: velger B25.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.8}{1.75} = 0.82 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 25}{1.75} = 11.43 \text{ Mpa}$$

På grunn av utregningen viser ingen strekk, kan B12 kvalitet velges. Se kapittel 10 for feilkilder.
Betong kvalitet B12:

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.1}{1.75} = 0.50 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 12}{1.75} = 5.48 \text{ Mpa}$$

Kontroll spenning i jetpel tverrgående ribbe:

Pel med diameter $d_1 = 1.7$ m med senteravstand c/c 1650mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{\text{eff}} = 1200$ mm og $b = 2500$ mm.

Knutepunkt 28 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = 0 \text{ kNm}$$

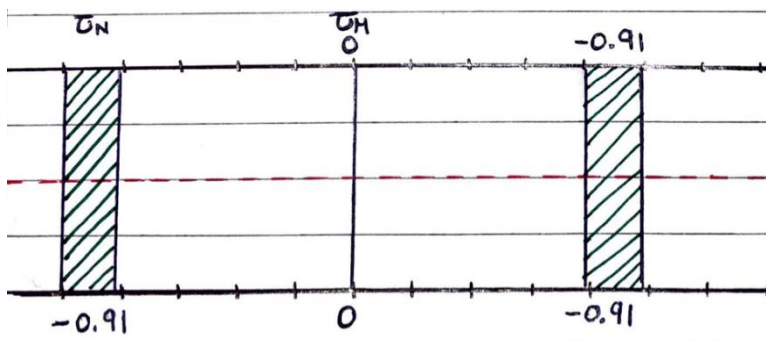
$$N = -2746.249 \text{ kN}$$

$$A = 1200\text{mm} \cdot 2500\text{mm} = 3 \cdot 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 \cdot 1200^2}{6} = 600 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{0 \text{ Nm}}{600 \cdot 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = -\frac{2746.249 \cdot 10^3 \text{ N}}{3 \cdot 10^6 \text{ mm}^2} = -0.91 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 31 Spenning i jetpel tverrgående ribbe, $\phi = 2.2$ m

$$\underline{\sigma_{\text{total strekk}} = +0 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{\text{total trykk}} = -0.91 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: velger B25.

$$\text{Dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 \cdot 1.8}{1.75} = 0.82 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 \cdot 25}{1.75} = 11.43 \text{ Mpa}$$

På grunn av utregningen viser ingen strekk, kan B12 kvalitet velges. Se kapittel 10 for feilkilder.
Betong kvalitet B12:

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 \cdot 1.1}{1.75} = 0.50 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 \cdot 12}{1.75} = 5.48 \text{ Mpa}$$

Kontroll for diameter, $\varnothing=2.5\text{m}$

Kontroll spenning i jetpel langs spunt:

Pel med diameter $\varnothing=2.5\text{ m}$ med senteravstand c/c 1875mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{\text{eff}}=1660\text{mm}$ og $b=2500\text{mm}$.

Element 24 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = -1277.244 \text{ kNm}$$

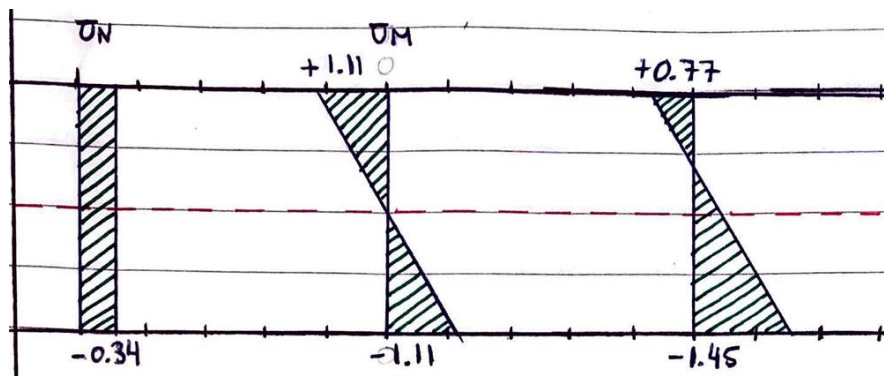
$$N = -1414.4 \text{ kN}$$

$$A = 1660\text{mm} \cdot 2500\text{mm} = 4.15 \cdot 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 \cdot 1660^2}{6} = 1148.167 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{1277.24 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{1148.167 \cdot 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 1.11 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = \frac{1414.4 \cdot 10^3 \text{ N}}{4.15 \cdot 10^6 \text{ mm}^2} = -0.34 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 32 Spenning i jetpel langs spunt $\varnothing=2.5\text{ m}$

$$\sigma_{\text{total strekk}} = +0.77 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{\text{total trykk}} = -1.45 \text{ Mpa}$$

Betong kvalitet i pel: velger B25.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 \cdot 1.8}{1.75} = 0.82 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 \cdot 25}{1.75} = 11.43 \text{ Mpa}$$

Kontroll spenning i jetpel i rammehjørne:

Pel med diameter $\varnothing = 2.5$ m med senteravstand c/c 1875mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{eff} = 1660$ mm og $b = 2500$ mm.

Element 18 og 19 (regner med 19) har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = -906.18 \text{ kNm}$$

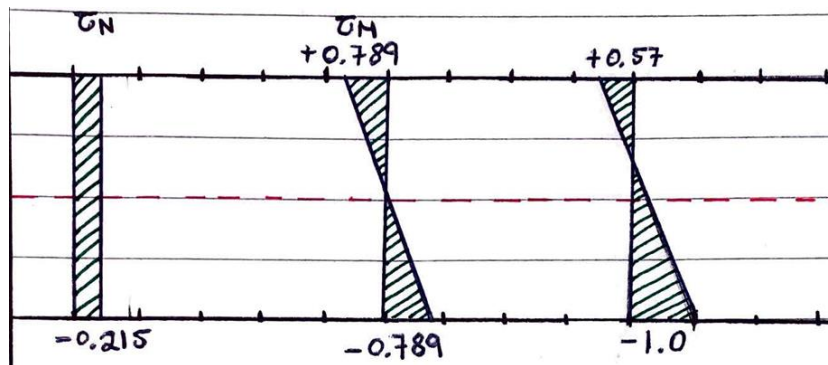
$$N = -890.85 \text{ kN}$$

$$A = 1660 \text{ mm} * 2500 \text{ mm} = 4.15 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 1660^2}{6} = 1148.167 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{906.18 * 10^6 \text{ Nmm}}{1148.167 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0.789 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = \frac{890.85 * 10^3 \text{ N}}{4.15 * 10^6 \text{ mm}^2} = -0.215 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 33 Spenning i jetpel i rammehjørne, $\varnothing = 2.5$ m

$$\underline{\sigma_{total \text{ strekk}} = +0.57 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{total \text{ trykk}} = -1.0 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: velger B20.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.5}{1.75} = 0.69 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 20}{1.75} = 9.1 \text{ Mpa}$$

Kontroll spenning i jetpel i langsgående ribbe:

Pel med diameter $d_1 = 2.2$ m med senteravstand c/c 1875mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{eff} = 1460$ mm og $b = 2500$ mm.

Element 35 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = 0 \text{ kNm}$$

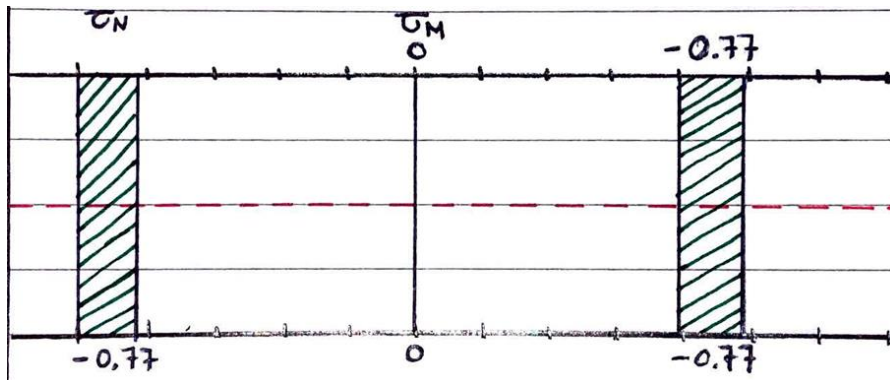
$$N = -2800.262 \text{ kN}$$

$$A = 1460 \text{ mm} * 2500 \text{ mm} = 3.65 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 1460^2}{6} = 888.167 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{0 \text{ Nmm}}{1148.167 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = -\frac{-2800.262 * 10^3 \text{ N}}{3.65 * 10^6 \text{ mm}^2} = -0.77 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 34 Spenning i jetpel i langsgående ribbe, $\varnothing = 2.5$ m

$$\underline{\sigma_{total \text{ strekk}} = +0 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{total \text{ trykk}} = -0.77 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: velger B20.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.5}{1.75} = 0.69 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 20}{1.75} = 9.1 \text{ Mpa}$$

På grunn av utregningen viser ingen strekk, kan B12 kvalitet velges. Se kapittel 10 for feilkilder.
Betong kvalitet B12:

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.1}{1.75} = 0.50 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 12}{1.75} = 5.48 \text{ Mpa}$$

Kontroll spenning i jetpel i tverrgående ribbe:

Pel med diameter $d_1 = 2.2$ m med senteravstand c/c 1875mm

Dimensjonerende tverrsnitt som benyttes er $h_{eff} = 1460$ mm og $b = 2500$ mm.

Knutepunkt 23 har størst moment fra beregnings verktøyet og gir:

$$M = 0 \text{ kNm}$$

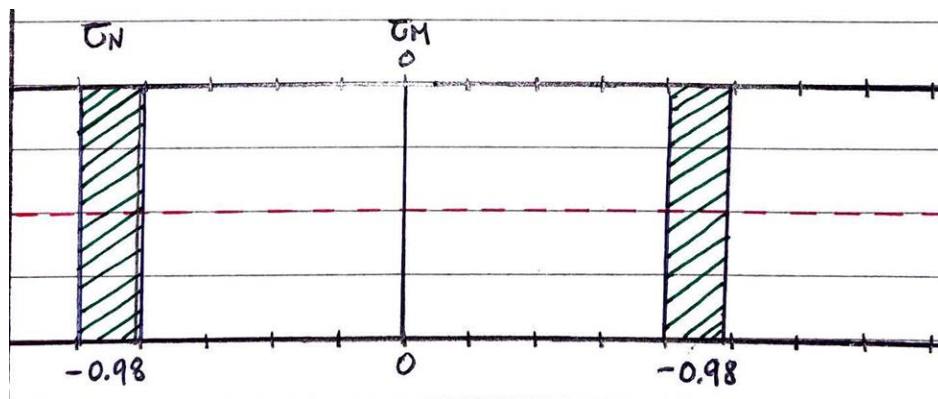
$$N = -3569.911 \text{ kN}$$

$$A = 1460 \text{ mm} * 2500 \text{ mm} = 3.65 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{2500 * 1460^2}{6} = 888.167 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_M = \pm \frac{0 \text{ Nmm}}{1148.167 * 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_N = -\frac{3569.911 * 10^3 \text{ N}}{3.65 * 10^6 \text{ mm}^2} = -0.98 \text{ Mpa}$$



Figur 5. 35 Spenning i jetpel i tverrgående ribbe, $\phi = 2.5$ m

$$\underline{\sigma_{total \text{ strekk}} = +0 \text{ Mpa}}$$

$$\underline{\sigma_{total \text{ trykk}} = -0.98 \text{ Mpa}}$$

Betong kvalitet i pel: velger B20.

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.5}{1.75} = 0.69 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensjonerende trykkfasthet: } f_{cd} = \frac{0.8 * 20}{1.75} = 9.1 \text{ Mpa}$$

På grunn av utregningen viser ingen strekk, kan B12 kvalitet velges. Se kapittel 10 for feilkilder.
Betong kvalitet B12:

$$\text{dimensjonerende strekkfasthet: } f_{td} = \frac{0.8 * 1.1}{1.75} = 0.50 \text{ Mpa}$$

Dimensjonerende trykkfasthet: $f_{cd} = \frac{0.8 \cdot 12}{1.75} = 5.48 \text{ Mpa}$

4.14 Samlende oversikt av resultat på total spenningen i jetpel

Rammestruktur med pelediameter, ϕ	Pele plassering	Total spenning, σ_{total}	Valgt betong kvalitet
Ø=1.0m	Langs spunt	$\sigma_{total \text{ strekk}} = +3.14 \text{ Mpa}$ $\sigma_{total \text{ trykk}} = -3.74 \text{ Mpa}$	Over B90
	Rammehjørne	$\sigma_{total \text{ strekk}} = +2.45 \text{ Mpa}$ $\sigma_{total \text{ trykk}} = -3.07 \text{ Mpa}$	over B90
	Langsgående ribbe	$\sigma_{total \text{ strekk}} = +0 \text{ Mpa}$ $\sigma_{total \text{ trykk}} = -2.7 \text{ Mpa}$	velge B25
	Tverrgående ribbe	$\sigma_{total \text{ strekk}} = +0 \text{ Mpa}$ $\sigma_{total \text{ trykk}} = -2.5 \text{ Mpa}$	velge B25
Ø=1.2	Langs spunt	$\sigma_{total \text{ strekk}} = +2.16 \text{ Mpa}$ $\sigma_{total \text{ trykk}} = -2.67 \text{ Mpa}$	Over B90
	Rammhjørne	$\sigma_{total \text{ strekk}} = +0.78 \text{ Mpa}$ $\sigma_{total \text{ trykk}} = -1.26 \text{ Mpa}$	velger B25
	Langsgående ribbe	$\sigma_{total \text{ strekk}} = +0 \text{ Mpa}$ $\sigma_{total \text{ trykk}} = -2.03 \text{ Mpa}$	velger B25
	Tverrgående ribbe	$\sigma_{total \text{ strekk}} = +0 \text{ Mpa}$ $\sigma_{total \text{ trykk}} = -1.03 \text{ Mpa}$	velger B25
Ø=1.5	Langs spunt	$\sigma_{total \text{ strekk}} = +0.91 \text{ Mpa}$ $\sigma_{total \text{ trykk}} = -2.19 \text{ Mpa}$	velger B35
	Rammehjørne	$\sigma_{total \text{ strekk}} = +0.45 \text{ Mpa}$ $\sigma_{total \text{ trykk}} = -0.77 \text{ Mpa}$	velger B25
	Langsgående ribbe	$\sigma_{total \text{ strekk}} = +0 \text{ Mpa}$ $\sigma_{total \text{ trykk}} = -2.02 \text{ Mpa}$	velger B25
	tverrgående ribbe	$\sigma_{total \text{ strekk}} = +0 \text{ Mpa}$ $\sigma_{total \text{ trykk}} = -1.08 \text{ Mpa}$	velger B25

Ø=1.7	Langs spunt	$\underline{\sigma_{total\ strekk}=+1.1\text{Mpa}}$ $\underline{\sigma_{total\ trykk}=-2.04\text{ Mpa}}$	velger B45
	Rammehjørne	$\underline{\sigma_{total\ strekk}=+0.28\text{ Mpa}}$ $\underline{\sigma_{total\ trykk}=-0.58\text{ Mpa}}$	velger B25
	Langsgående ribbe	$\underline{\sigma_{total\ strekk}=+0\text{ Mpa}}$ $\underline{\sigma_{total\ trykk}=-1.48\text{ Mpa}}$	velger B25
	Tverrgående ribbe	$\underline{\sigma_{total\ strekk}=+0\text{ Mpa}}$ $\underline{\sigma_{total\ trykk}=-0.95\text{ Mpa}}$	velger B25
Ø=2.2	Langs spunt	$\underline{\sigma_{total\ strekk}=+0.88\text{ Mpa}}$ $\underline{\sigma_{total\ trykk}=-1.58\text{ Mpa}}$	velger B30
	Rammehjørne	$\underline{\sigma_{total\ strekk}=+0.37\text{ Mpa}}$ $\underline{\sigma_{total\ trykk}=-0.61\text{ Mpa}}$	velger B25
	Langsgående ribbe	$\underline{\sigma_{total\ strekk}=+0\text{ Mpa}}$ $\underline{\sigma_{total\ trykk}=-1.14\text{ Mpa}}$	velger B25
	Tverrgående ribbe	$\underline{\sigma_{total\ strekk}=+0\text{ Mpa}}$ $\underline{\sigma_{total\ trykk}=-0.91\text{ Mpa}}$	velger B25
Ø=2.5m	Langs spunt	$\underline{\sigma_{total\ strekk}=+0.77\text{ Mpa}}$ $\underline{\sigma_{total\ trykk}=-1.45\text{ Mpa}}$	velger B25
	Rammehjørne	$\underline{\sigma_{total\ strekk}=+0.57\text{ Mpa}}$ $\underline{\sigma_{total\ trykk}=-1.0\text{Mpa}}$	velger B20
	Langsgående ribbe	$\underline{\sigma_{total\ strekk}=+0\text{ Mpa}}$ $\underline{\sigma_{total\ trykk}=-0.77\text{ Mpa}}$	velger B20
	Tverrgående ribbe	$\underline{\sigma_{total\ strekk}=+0\text{ Mpa}}$ $\underline{\sigma_{total\ trykk}=-0.98\text{ Mpa}}$	velger B20

Tabell 5. 34 Samlende oversikt av resultat på total spenningen i jetpel

DEL 4 LABORATORISKUNDERSØKELSE

6 LABORATORISKUNDERSØKELSE

6.1 Generelt

Dette kapittelet handler om trykkfasthetprøving til betongprøver for standardsement og kalksement. Det er oppgitt opplysning om bakgrunnsteori, hensikt, utsyr, fremgangsmåter. Dette blir blandet inn jordmaterialer som Jetgrunn AS skulle bestille og sende til oss for undersøkelse. Før selve trykktesting kan gjennomføres må en tre forundersøkelser gjøres først.

Forundersøkelser:

1. Undersøkelse av tilslagest fuktinnhold
2. Undersøkelse av humusinnhold etter NaOH-løsning
3. Siktanalyse

Etter forundersøkelsene må betongprøvene støpes i terning- og synlinderformer. Deretter må prøvestykkende herdens før trykkfasthetprøving kan begynne. Dessverre, kan vi ikke gjennomføre laboratoriskeundersøkelse på grunn NTNUs campus var steng, se avsnitt 1.3 om avvik på grunn av COVID-19.

6.2 Undersøkelser for jetpeler

Prøve 1 – Fuktinnhold(Statens Vegvesen 2014)

Teori

Formålet med dette er å finne hvor mye fukt/vann befinner seg i tilslaget (sand, grus, stein, leire, morene, osv.). Vi må vite dette for å finne v/c- tallet ved blanning av betongen. For mye fukt/vann i betongen kan ha fatale konsekvenser i endelig kvalitet av ønsket betong.

Utstyr

- Jordarter 1 kg
- Stekepanne
- Stekespade
- Oppbevaringselement
- Elektronisk vekt

Fremgangsmåte

- Først skal vi veie Jordarter i en elektronisk vekt. (skrive resultater som våtjordarter)
- Nå skal vi steke den 1 kg våt jordarten på en stekepanne på 105 grader celsius. Stekespade kan brukes for å røre den så at vannet blir fordampet fra jordarten.
- Etter vannet er fordampet skal man veie på nytt. (skrive resultater som tørt jordarter)

Formelen som skal brukes på slutten for prosentandel på vannet i jordarten vår er:

$$\text{Vanninnhold i prosent} = \frac{\text{fuktig prøve} - \text{tørket prøve}}{\text{tørket prøve}}$$

Prøve 2- Humusinnhold i jorden (Statens Vegvesen 2014)

Humus er organisk materiale som kan hindre reaksjon mellom vann og sement. Dette kan føre til dårlig kvalitet på betong. Tilslaget må være humusfri og prøven kan utføres i labben.

Utstyr

- Glass sylinder på 250 ml med diameter på 40 mm.
- Målebeger
- Glasstrakt
- Natronlut (NaOH), 3%

Fremgangsmåte

- Målebeger med NaOH 3% flyes opp til 125 mm.
- Videre fyller vi målebeger med tilslaget opp til 200mm.
- Da kan vi fylle den opp med vann fra springen.
- Etter det skal vi riste den opp-ned mer enn 10 ganger.
- La den stå for 24 timer.

Vi skal se på vannets farge etter 24 timer. Hvis den er gull farge/ er misfarget kan det bety at det er humus i tilslaget.

Prøve 3- Sikteanalyse (Statens Vegvesen 2014)

Denne prøven handler om kornfordelingsanalyse. Vi må gjøre dette for å sikre at tilslaget er i rett ratio for blanding av betong. Dette analysen forteller oss om forholdet mellom tilslagets kornstørrelse.

Utstyr

- Elektronisk vekt
- Kornfordelings apparat (med flere siktåpninger)
- Ristemaskin
- Tilslaget

Metode

- Veie tørt tilslaget: 1kg
- Helte tilslaget i kornfordelings apparat fra toppen (størst siktåpning på toppen og minst på bunnen)
- Sette den apparat med lokk på i en kontrollert riste maskin.
- Veie hvert sikte.

Prøve 4- Trykk prøven(Statens Vegvesen 2014)

Dette fortelle oss om hvor mye belastning kan den sylinder tåle. Dette gir oss informasjon om betongens kvalitet og trykfasthet.

Oppskrift for å blande betong

Sement	6,3kg
Stein (gravel)	12,6 kg
Vann	2,45liter
Sand	14,9kg
Lufttilførende stoff	28g
superplastiserende stoff	55,05g

Viscosity modifier

44,4g

Tabell 6. 1 Oppskrift for å blande betong- jetpeler

Utstyr

- Elektronisk vekt
- Betong blander
- Forskalingsformer 100*150 sylindere
- Formolje
- Kjegleform som er åpen i begge sider
- Betongspade(kakespade)
- Plate for å ha forskalingsformer
- Vibrator
- ristemasin

Fremgangsmåte

Betong blanding

- De tørre massene skal blandes først; Sement, tilslag.
- Etter det tørre massene er godt blandet, skal vi tilsette vannet i rolig tempo.
- Blanderen må stoppes etter noen minutter for å undersøke konsistensen.
- Kan tilføre luftinnførende stoff i blandingen som kan bidra til betongens motstand mot gjentatt frysing og tining i herdet tilstand vesentlig bedre.
- Tilsett Viskositetsregulerende stoff.
- Tilsett superplastiserende stoff i små dose av gangen for å gjøre betong plastisk. Vi må være forsiktighet ved tilføringen av dette stoffet fordi for stor dosering øker faren for kornseparasjon og gir lavere trykkfasthet.

Støpe

- Formene må smøres inn i forskalingsolje i forhånd.
- Betong må fylles i formene uten luftbobler, vibrator kunne brukes for å fjerne lufthuller.
- Vi kan bruke begge vibrator og ristemasin for å være sikker på at det er ingen lufthuller sylindere.
- Overskytende massene i tåpen må fjernes.
- Etter 24 timer er den hardnet, da kan vi lagre den i vannbad for 28 dager.

Måling av trykkfasthet i sylindere

- Vi tar sylindere ut ifra vannet og tørke den med klut.
- Vi må polarisere sylindere for en fin overflate på begge sider.
- Sylindere skal settes inn i trykkprøvingsmaskinen.
- Maskinens deler skal bli kontrollert og plasseringen sjekkes.
- Da kan vi slå på trykkprøvingsmaskinen og notere resultater.

Disse fire prøver kan brukes for å finne trykkfasthet på betong og betongens kvalitet.

6.3 Trykkfasthetsprøving for kalksementpeler (Statens Vegvesen 2014)

Resultatene fra statiske beregninger viser at pelene er utsatt på betydelig mye strekk. For å kunne ta opp strekk ble valget å øke betongkvalitet fra B25 til B45. I utgangspunktet er ønsket om å finne en løsning som er mest mulig økonomisk. Alternativ er å finne ut hvilken peletype egner seg best til jordtrykkbelastningen. Valget står mellom kalksementpele og jetpele. Dermed er ønsket om å finne ut hvordan kalk i sement bidrar med fasthets økning. Styrke økningen er

avhengig av disse fire faktorene ute i felt: jordartsegenskaper, innblandingsmengde, stabiliseringsmiddel og innblandingsarbeidet. Dette kan testes ut ved hjelp av en laboratorisk undersøkelse der en blander inn kalk og sement i prøver og måler trykkfastheten av forskjellige blandingsforhold og herdetid. Før et aksialt trykkforsøk kan gjennomføres, må blanding av betong og utstøping av prøvestykke utføres først.

Hensikten er å teste trykkfastheten av utstøpte prøvestykkene, og finne ut hvor mye aksiallast som må påføres før brudd oppstår.

Generell beskrivelse

Å proporsjonere betong betyr at man må ta for seg en rekke valg av delmaterialer og sette dem sammen slik at spesifiserte egenskapene av betongen oppnår en tilstrekkelig margin. I tillegg er det veldig viktig at sluttresultatet kan forsvares økonomisk, og gir tilstrekkelig sikkerhet for å lykkes selv om rammebetingelser og forutsetninger kan variere gjennom produksjonen.

I tillegg til mengdene av de ulike delmaterialene er man også interessert i masseforholdet i betongen. Det er forholdet mellom vann og bindemiddel (V/C-tallet) som styrer både betongens styrke og permeabilitetsegenskaper.

Betongresept som skal brukes med kalk innblanding:

Kalk: Brent kalk CaO, Kornstørrelse 0-0.2mm, CaO innhold > 80%, Flytbarhet >70

Sement: standard portlandsement, Kornstørrelse 0-0.2mm, Flytbarhet > 40

Sement og flygeaske (kg)	3.195 kg
Sillikastøv	0.1 kg
Brent kalk, CaO	3.195 kg
Tilsatt vann (liter)	2,46 L
Sand (kg)	14,918 kg
Stein (kg)	12,62 kg
SP, superplastiserende (kg) -tilsetningsstoff	0,0539 kg
VR, viskositet regulerende (kg) - tilsetningsstoff	0,0454 kg
L, luftinnførende (kg) -tilsetningsstoff	0,0206 kg

Tabell 6. 2 Oppskrift for å blande betong- Kalk og sement peles

Denne resepten har et masseforhold, $m=0,40$. Siden kravet for bestandighetsklassen B45 er at m skal være enn mindre eller er lik 0,45. Vil det indikere at vi får betong på fasthetsklasse mellom B35 og B45.

Mest standard innblandingsmengde for kalksement-pele er 80-130 kg/m³. I dette forsøket skal det utføres med en innblanding på 50% kalk og 50% sement. Her velges volumforhold 0.1m³, og vekten veies under lab-undersøkelsen.

Utstyr:

Utstøping av prøvestykke

- Sement/flygeaske
- Vann
- Grus
- Sand
- Superplastiserende
- Viskositet regulerende

- Luftinnførende
- Vekt
- Litermål
- Blandemaskin
- Støpeformer, 100mm³ terningsformer av stål
- Vibreringsmaskin
- Smøreolje
- Slumpmål
- Plastikk kopp for tilsetningsstoffene
- Linjal
- Maske
- Hansker
- Vernebriller

Trykktesting av prøvestykke

- Vekt
- Trykktestmaskin

Fremgangsmåte:

1. Oppmåling av tørre materialer, vann og tilsetningsstoffene.
2. Blande sammen tørrmaterialene med oppmålt vannmengde i blandemaskinen og la maskinen kjøre i noen minutter slik at delmaterialene blandes helt sammen.
3. Tilsett superplastiserende, viskositetregulerende og luftinnførende, og la blandemaskinen få kjøre i ca. 5 minutter. Gjerne stoppe maskinen og sjekk om materialene er godt blandet, samtidig observer hvordan tilsetningsstoffene har påvirket betong blandingen.
4. Når betongblandingen er ferdig blandet, skal man utføre en synkemålttest, for å finne konsistensen. Da skal man spade ut ferdig blandet betong og fyller det i et slumpmål. Deretter skal man vibrere betongen med en vibratorstav. Til slutt fjern slumpmålen og mål den synkende høyden i full fart.
5. Begynn med å smøre støpeformene med olje, også skal man helle betongblandingen over i støpeformene. Deretter plasser ferdig støpt betong oppå en vibreringsmaskin slik at tilslaget i blandingen blir jevnt fordelt.
6. Plasser støpeformene som er fylt opp med tilslag på en benk og dekk over med plastfolie, og la det stå å tørke i 24 timer (ett døgn).
7. Etter ett døgn skal støpeformene fjernes og betong kubene og sylindrerne markeres med tusj 7 døgn, 14 døgn, 21 døgn og 28 døgn. Også skal de plasseres i vannbad, men en på benk og en i fryser.
8. Vask, spyl og skrap av utstyrene som var brukt til forsøket.

9. Før trykktesting skal densiteten måles på prøvestykkene som har vært oppbevart i vannbad, fryser og på benk.
10. Plasser prøvestykke i trykktestmaskinen og innstill maskinen til 6kN/s.
11. Observer og noter trykket som gir prøvestykke sammenbrudd.

7 DRØFTING

7.1 Drøfting av resultatene fra statiske beregninger

Total trykk- og strekkspenning for pelene i rammestrukturen ble bestemt ved hjelp av maksimal moment- og normalkraft verdiene fra EUROCODEexpress. Resultat for pelene langs spunten viser et tydelig mønster på hvordan strekkspenning påvirker pelekonstruksjonen. Peler med minste diameter har høyest strekkspenning, og peler med størst diameter har lavest strekkspenning. Det viser at verdiene på strekkspenning avtar når pelediameter øker. Eksempelvis når $\phi=1.0\text{m}$ får vi total strekkspenning på $+3.14\text{Mpa}$, og strekk verdien avtar helt til $+0.77\text{Mpa}$ når $\phi=2.5\text{m}$, se tabell 5.34. Når diameteren reduseres øker strekk påkjenning til pelene, og betong kvaliteten må økes. Totalstrekkspenning til peler med 1.0m og 1.2m i diameter er større enn dimensjonerende strekkfasthet for B90.

Total strekkspenning på rammehjørner avtar på tilsvarende måte når diameter for pelene øker fra $\phi=1.0\text{m}$ til $\phi=1.7\text{m}$, men for peler med diameter større enn $\phi=1.7$ meter så øker strekkspenning med noe. Eksempelvis når $\phi=1.7\text{m}$, er totalstrekkspenningen på $+0.28\text{Mpa}$, men når $\phi=2.5\text{m}$ er strekkspenningen på $+0.57\text{Mpa}$.

For langsgående og tverrgående ribber har beregningsprogrammet kommet fram til absolutt null på bøyemoment. Dette medfører en videre beregning med ingen strekk påkjenning. Det er logisk at ribbene ikke skal bli utsatt for betydelig mye strekkspenning, men absolutt ingen strekkspenning er lite realistisk. Hvis man følger denne beregningen når strekkspenning er null, så velges betong kvaliteten ut ifra trykkspenningen. Tilfeller som i avsnitt 4.2.1 og 4.2.2 for tverrgående og langsgående ribbe kan betongkvalitet B12 velges fordi den totale trykkspenningen er lavere enn dimensjonerende trykkfasthet for B12.

Mulig årsak på feilkilder

Det er svært mange faktorer som kan påvirke resultatene til beregningene på avsnitt 4.1 og 4.2. For er det første er det bestemt om å se bort ifra nyttelast som snø- og trafikklaster i beregningen av horisontale krefter fra jordtrykket. Det andre er mangel på konkrete informasjon om spunt og forankring om avstivningsprosjektet, eksempelvis er avstanden mellom hver stagforankring en antagelse.

Tekniske ulemper i beregnings programmet EUROCODEexpress kan være en annen feilkilde i resultatene. Programmet er svært begrenset på antall verdier som kan føres inn samtidig, noe som har hindret muligheten til å lage en fullstendig rammemodell. Dermed må resultatene baseres på halvrammer. Dette kan være en av årsakene at feil i beregningen oppstår. Flere mulige årsaker som feilkilde i beregningene kan være mistolking av forprosjektrapporten til Jetgrunn. (*Refereres til forprosjekt rapport Breigata 10B-18*)

7.2 Arbeidsmengde og arbeidstid med økonomi perspektiv.

Planlagt designer vil dekke byggegropa for et areal på ca. 24 meter gange 58 meter. Det er seks forskjellige alternativer som skal analyseres for å finne den best løsning, både teknisk og økonomisk. Vi antar at ved økning av diameter trenger vi mindre boring/erodering. Vi kan se på kapital 4 ved statiske beregninger at konstruksjonen med større diameter tåler større belastningen. Videre har vi forklart hvorfor er det optimalt å ha større diameter med peler.

Design 1- vedlegg 3

Teknisk tegning på pelekonstruksjon ved den første design er med peler på 1,0 meter diameter langs yttervegg mot spunt, peler på tvers av byggegrop, ribbe på langs av byggegrop og peler som ligger skråt. For å differensere primærepeler og sekundære, primære peler er merket i blå farge og sekundære peler er merket i svart farge. Den første jetpel er primærpel som er basis for de andre peler som overlapper med den. Hver tredje pel er primærpel og er merket blå.

Plassering	Antal Primærepeler	Antall Sekundærepeler
Langs yttervegg mot spunt	26 + 25	51+ 52
Tvers peler langs spunt	(10*2)	(20*2)
Tvers av byggegrop	10*10	20*10
Langs av byggegrop	22	26
Skråpeler(ribber)	(22*2)+(8*2)	(48*2)+(24*2)
Totalt	231	513

Tabell 7. 1 Antall primære og sekundære peler på design 1

En enkel ribbe med fem peler på senteravstand 0,75 meter og 1 meter i diameter dekker 3,75 meter. Dette gir radius 0,5 meter og vi har høyde på 2,5 meter. Som gir volumn = $\pi * r^2 * h = 3,14 * (0,5 \text{ meter})^2 * 2,5 \text{ meter} = 1,9 \text{ m}^3$

Det vil si, vi trenger 77,33 peler for å dekke 58 meter og 32 peler for å dekke 24 meter. På den måten trenger vi tjueseks primærepeler på øverst linje langs spunt. Fra den første pel tvers spunt trenger vi ti primære peler. Plassering på primære peler og sekundære peler kan ser på vedlegget. Antall primærepeler og sekundærepeler er gitt ved tabellen ovenfor. Vi kan se på tabellen 8.1. at vi trenger totalsett 744 peler, dvs, at vi må bore 744 ganger. Dette kan være tids krevende og kan føre til uønskede deformasjon i nabobygninger på grunn av vibrasjoner.

Design 2- vedlegg 7

På vedlegg 7 kan vi se teknisk tegning på pelekonstruksjon med 1,2 meter diameter. For å beskrive forskjellen mellom primærepeler og sekundære peler har vi brukt blå farge som primære peler og svart på sekundære peler. Den første jetpel er primærpel som er basis for de andre peler som overlapper i den.

Plassering	Antal Primærepeler	Antall Sekundærepeler
Langs yttervegg mot spunt	22+22	42+42
Tvers peler langs spunt	(8*2)	(17*2)
Tvers av byggegrop	(9*10)	(16*10)
Langs ab byggegrop	12	41
Skråpeler(ribber)	(22*2)+(6*2)	(47*2)+(18*2)
Totalt	218	449

Tabell 7. 2 Antall primære og sekundære peler på design 2

Lengde på enkeltribbe med 1,2 meter diameter

En enkel ribbe med fem peler på senteravstand 0.9 meter og 1,2 meter i diameter dekker 4,5 meter. Dette gir radius 0,6 meter og vi har høyde 2,5 meter som gir volumn= $\pi \times r^2 \times h = 3,14 \times (0,6 \text{ meter})^2 \times 2,5 \text{ meter} = 2,8 \text{ m}^3$. Pelene går tverrs og langs i spunten. På den måten trenger vi tjueto primærepeler på øverst linje langs spunten. Fra den første pel tvers spunten trenger vi ni primære peler. Plassering på primære peler og sekundære peler kan ser på vedlegget. Antall primærepeler og sekundærepeler er gitt ved tabellen ovenfor. Vi kan se på tabellen 8.2. at vi trenger totalsett 667 perler For å dekke arealet på 58 m x 24 m. og det er antall 77 ganger mindre boring. Hvis vi bruker design 2 på vår prosjekt sparer vi på arbeidstid. Det vil si at design 2 er optimalt per løpemeter sammenlignet med design 1.

Design 3- vedlegg 11

På vedlegg 11 kan vi se teknisk tegning på pelekonstruksjon med 1,5 meter i diameter på yttervegg mot spunt og 1,2 meter i diameter på indrevegger mot byggegrop. For å beskrive forskjellen mellom primærepeler og sekundære peler har vi brukt blå farge som primære peler og svart på sekundære peler. Den første jetpel er primærpel som er basis for de andre peler som overlapper i den. Pelene går tverrs og langs i spunten. Hver tredje pel er primærpel og er merket blå. På den måten trenger vi atten primærepeler på øverst linje langs spunten. Fra den første pel tvers spunten trenger vi sjue primærepeler. Plassering på primære peler og sekundære peler kan ser på vedlegget. Antall primærepeler og sekundærepeler er gitt ved tabellen nedenfor.

Plassering	Antal Primærepeler	Antall Sekundærepeler
Langs yttervegg mot spunt diameter 1,5 meter	18*2	34*2
Tvers peler langs spunten diameter 1,5 meter	7*2	12*2
Tvers av byggegrop diameter 1,2 meter	8*10	16*10
Langs ab byggegrop diameter 1,2 meter	12	44
Skråpeler(ribber) diameter 1,2 meter	(22*2)+(6*2)	(46*2)+(20*2)
Totalt	186	428

Tabell 7. 3 Antall primære og sekundære peler på design 3

Lengde på enkeltribbe med 1,5 meter diameter

En enkel ribbe med fem peler på senteravstand 1,13 meter og 1,5 meter i diameter dekker 5,65 meter. Dette gir radius 0,75 meter og vi har høyde 2,5 meter som gir volumn= $\pi \times r^2 \times h = 3,14 \times (0,75 \text{ meter})^2 \times 2,5 \text{ meter} = 4,42 \text{ m}^3$. Det vil si, vi trenger 51,3 peler for å dekke 58 meter og 21,2 peler for å dekke 24 meter. Vi kan se på tabellen 8.3. at vi trenger totalsett 614 peler for å dekke arealet på 58 m * 24 m. og det er antall 53 ganger mindre boring. Hvis vi bruker design 3 på vår prosjekt sparer vi på arbeidstid enda mer enn på design 2. Det vil si at design 3 er optimalt per løpemeter sammenlignet med design 1.

Design 4- vedlegg 15

På vedlegg 15 kan vi se teknisk tegning på pelekonstruksjon med 1,7 meter i diameter på yttervegg mot spunt og 1,5 meter i diameter på indrevegger mot byggegrop. For å beskrive forskjellen mellom primærepeler og sekundære peler har vi brukt blå farge som primære peler og svart på sekundære peler. Den første jetpel er primærpel som er basis for de andre peler som overlapper i den.

Plassering	Antal Primæreperler	Antall Sekundæreperler
Langs yttervegg mot spunt diameter 1,7 meter	(16*2)	(29*2)
Tvers perler langs spunt diameter 1,7 meter	(5*2)	(12*2)
Tvers av byggegrop diameter 1,5 meter	(6*8)	(12*8)
Langs ab byggegrop diameter 1,5 meter	16	33
Skråperler(ribber) diameter 1,5 meter	(6*2)+4	(12)+(36*2)+14
Totalt	122	309

Tabell 7. 4 Antall primære og sekundære perler på design 4

Pelene går tverrs og langs i spunt. Hver tredje pel er primærpel og er merket blå. På den måten trenger vi seksten primæreperler på øverst linje langs spunt. Fra den første pel tvers spunt trenger vi bare fem primære perler. Plassering på primære perler og sekundære perler kan ser på vedlegge 15. Antall primæreperler og sekundæreperler er gitt ved tabellen ovenfor. En enkelt ribbe med fem perler på senteravstand 1,3 meter og 1,7 meter i diameter dekker 6,5 meter. Det vil si, vi trenger 44,6 perler for å dekke 58 meter og 18,5 perler for å dekke 24 meter. Enkeltpel med diameter 1,7 meter, radius 0,85 meter og høyde 2,5 meter gir volumn= $\pi * r^2 * h = 3,14 * (0,85 \text{ meter})^2 * 2,5 \text{ meter} = 5,67 \text{ m}^3$. Tabellen 8.4 viser at vi trenger totalsett 431 perler for å dekke arealet på 58 m * 24 m. Det er antall 183 perler mindre enn design 3. Det vil si at vi borrar antall 183 ganger mindre på design 3.

Design 5- vedlegg 18

På vedlegg 18 kan vi se teknisk tegning på pelekonstruksjon med 2,2 meter i diameter på yttervegg mot spunt og 1,7 meter i diameter på indrevegger mot byggegrop. For å beskrive forskjellen mellom primæreperler og sekundære perler har vi brukt blå farge som primære perler og svart på sekundære perler. Den første jetpel er primærpel som er basis for de andre perler som overlapper i den.

Plassering	Antal Primæreperler	Antall Sekundæreperler
Langs yttervegg mot spunt Diameter 2,2 meter	12*2	23*2
Tvers perler langs spunt diameter 2,2 meter	4*2	8*2
Tvers av byggegrop diameter 1,7 meter	4*7	12
Langs ab byggegrop Diameter 1,7 meter	15	28
Skråperler(ribber) Diameter 1,7 meter	4	(34*2)+(12*2)
Totalt	79	194

Tabell 7. 5 Antall primære og sekundære perler på design 5

Pelene går tverrs og langs i spunt. Hver tredje pel er primærpel og er merket blå. På den måten trenger vi tolv primæreperler på øverst linje langs spunt. Fra den første pel tvers spunt trenger vi fire primære perler. Plassering på primære perler og sekundære perler kan ser på vedlegg 18. Antall primæreperler og sekundæreperler er gitt ved tabellen ovenfor. En enkelt ribbe med fem perler på senteravstand 1,7 meter og 2,2 meter i diameter dekker 8,5 meter. Det vil si, vi

trenger 34,1 peler for å dekke 58 meter og 14,1 peler for å dekke 24 meter. En enkeltpel med diameter 2,2 meter, radius 1,1 meter og høyde 2,5 meter som gir volumn= $\pi * r^2 * h = 3,14 * (1,1 \text{ meter})^2 * 2,5 \text{ meter} = 9,5 \text{ m}^3$. Vi kan se på tabellen 8.5 at hvis vi bruker design 8.5 trenger vi totalsett 273 peler for å dekke et areal på 58 m x 24 m. det vil si at vi borer antall 158 ganger mindre enn design 4.

Design 6

På vedlegg 23 kan vi se teknisk tegning på pelekonstruksjon med 2,5 meter i diameter på yttervegg mot spunt og 2,2 i diameter på indre vegger mot byggegrop. For å beskrive forskjellen mellom primærepeler og sekundære peler har vi brukt blå farge som primære peler og svart på sekundære peler. Den første jetpel er primærpel som er basis for de andre peler som overlapper i den.

Plassering	Antal Primærepeler	Antall Sekundærepeler
Langs yttervegg mot spunt Diameter 2,5 meter	(11*2)	(20*2)
Tvers peler langs spunt Diameter 2,5 meter	(3*2)	(8*2)
Tvers av byggegrop Diameter 2,2 meter	(4*5)	(8*5)
Langs av byggegrop Diameter 2,2 meter	11	22
Skråpeler(ribber) Diameter 2,2 meter	(12*2)+4	(24*2)+(6*2)
Totalt	87	138

Tabell 7. 6 Antall primære og sekundære peler på design 6

Pelene går tvers og langs i spunt. Hver tredje pel er primærpel og er merket blå. På den måten trenger vi elve peler på øverst linje langs spunt. Fra den første pel tvers spunt trenger vi tre primære peler. Plassering på primære peler og sekundære peler kan ser på vedlegget 23. Antall primærepeler og sekundærepeler er gitt ved tabellen ovenfor. En enkelt ribbe med fem peler på senteravstand 1,9 meter og 2,5 meter i diameter dekker 9,5 meter. Det vil si, vi trenger 30,5 peler for å dekke 58 meter og 12,6 peler for å dekke 24 meter. Enkeltpel med diameter 2,5 meter, radius 1,25 meter og høyde 2,5 meter. Volumn= $\pi * r^2 * h = 3,14 * (1,25 \text{ meter})^2 * 2,5 \text{ meter} = 12,27 \text{ m}^3$. Vi kan se på tabellen 8.6 , vi trenger totalsett 225 peler for å dekke et areal på 58 m * 24 m. Det vil si at vi borer antall 48 ganger mindre enn på design 5.

7.3 Økonomisk forskjellen ved bruk av «in-situ» og geobetong

Ved jetpelekonstruksjon har vi to forskjellige teknikker som man kan velge for å injisere grouten i jorden. På kapital 2.2 har vi lest om «in.situ» og geobetong. Ved insitu må vi erstatte jordmaterialet før vi injiserer grouten som kan bli kostbar fordi da må vi bruke budsjett for tilsalget men ved geobetong injiserer vi direkte på jorden der vi bruker opprinnelig jorden fra før. Derfor er det billigere å bruke geobetong teknikken istedenfor In-situ teknikken.

7.4 Drøfting av material valg fra et økonomisk perspektiv

Det er alltid ønskelig å søke etter de mest lønnsomme løsningene fordi en faktisk kostnadsverdi (FV) til et byggeprosjekt kan fort overstige den planlagte verdien (PV). Formålet i dette

avsnittet er å drøfte om valg av den peletypen som gir minst mulig omkostning for de lastene de blir utsatt for. Det vurderes ut ifra horisontallast påkjenning av jordtrykket, og hvor mye er pelene utsatt for strekkspenning avhengig av diameter og bindemiddel.

Peler med $\varnothing=1.0\text{m}$ og $\varnothing=1.2\text{m}$

Resultatet for kapasitet kontroll for pelene viser det at jo større diameter desto mindre strekkfasthet. For peler langs spunten for 1.0m og 1.2m i diameter må betongkvaliteten øke opp til B90 og over for å tåle påkjenning av strekkfasthet. For trykkfasthet er B90 et lite økonomisk fornuftig valg fordi den totale trykkspenningen er -3.74Mpa og -2.67Mpa i forhold til den dimensjonerende strekkfastheten som ligger på 43.7Mpa , se avsnitt 4.2.2.

Peler med $\varnothing=1.5\text{m}$ og $\varnothing=1.7\text{m}$

Ved å øke pelediameteren fra 1.5m til 1.7m for peler langs spunten øker den totale strekkspenningen fra $+0.91\text{Mpa}$ til $+1.1\text{Mpa}$. Dermed må betongkvaliteten økes fra B35 til B45. Dette kan bety å øke pelediameterer ikke er den eneste løsningen for å få minst mulig strekkspenning. Det vil si at diameter for pelene må tilpasse enhver rammestruktur. I denne oppgaven er pelene satt i en bestemt rammestruktur for seks ulike pelediameter. Det kan være mulig at mindre diameter per pel kunne ha vært en lønnsom løsning med en helt annet design for rammestrukturen.

Peler med $\varnothing=2.2\text{m}$ og $\varnothing=2.5\text{m}$

Ved å øke diameteren fra 2.2m til 2.5m for pelene langs spunten viser at strekkspenningen reduseres fra $+0.88\text{Mpa}$ til $+0.77\text{Mpa}$, og betongkvalitet kan settes fra B30 til B25. Det viser at peler med større diameter kan gi mindre omkostning av å ha lavere betongkvalitet, men volumet per pel vil øke. Større volum per pel vil kreve økt mengde av bindemiddel som medføre økning på omkostningen.

Valg av bindemiddel

Det er ulike blanding forhold og mengde av bindingsmidler mellom kalksementpeler og for jetpeler. For jetpeler er det vanlig å bruke standardportlandsement og standardsement FA, se avsnitt 2.6.1. I motsetning til jetpeler, er det blitt mere vanlig å bruke blandingssement med substituttmaterialer til kalksementpeler, se avsnitt 3.7. For kalksementpeler er det blitt vanlig siden tidlig 2000-tallet å bruke multicem i en 50 % andel med sement som nevnt i tidligere på avsnitt 3.7. Multicem er et gjenbruksmaterial som igjen bidrar til en bedre bærekraftig utvikling med lavere CO_2 -utslipp per tonn. Ulempe med multicem er redusert evne for fasthetsutvikling sammenliknet med standard Portland sement som er en råvare produkt, se figur 3.1 for fasthetsutvikling under avsitt 3.7.6.

Jetpeler langs spunten med større diameter enn 1.7m blir et bedre valg fordi det blir mindre utsatt for strekk påkjenning, og man kan velge lavere betongkvalitet. For kalksementpeler er det normalt med største pelediameter på 1,0m, og av beregningene på avsnitt 4.13.1 viser det at rammestrukturen med $\varnothing=1.0\text{m}$ er mest utsatt for strekkspenning. I denne oppgavens tilfelle kan kalksementpeler vært et mindre lønnsomt løsning, med tanke på diameter og bindemiddel, selv om man kan multicem eller andre blandingssement med substituttmaterialer som bindemiddel gir svært god miljøprofil.

8 KOSTNADOVERSLAG

8.1 Generelt

I dette kapitlet blir det utarbeidet et kostnadsoverslag for de ulike elementene basert på kalksementpeler og jetpeler. Kostnadene er basert på grove overslag over enhetspris per meter, inkludert årskostnad og CO₂-equivalent. (CO₂-equivalent står for utslipp per enhet). Kostnadsoverslag for spunting er også tatt med. Kostnadsoverlaget dekker ikke selve grunnarbeid, graving og bortkjøring av masser og avfall. Dimensjonene på skisseløsninger framstilt i bacheloroppgaven er en eksperimentell studie som kan gi uspesifiserte pris overlag sammenlignet med faktisk gjennomføring i byggefasen.

8.2 Spunting

Tabell 8.1 viser kostnad for enhets pris for spunting per kvadratmeter inkludert årskostnad og CO₂-eq. Arealet for spunt veggene er beregnet av byggegropens dybde multiplisert med byggegropens lengde. Det betyr 15.5m * 58m*2=1798m² det multipliseres med 2 er fordi to vegger med samme areal. Og to andre veggene blir 15.5m * 24m * 2= 744m².

Enhetspris	3,588
Enhet	M ²
Årskostnad	198
Kg CO ₂ -eq	197

Tabell 8. 1 Generelt kostnadsoverslag fra norskprisbok for Spunting («Norsk prisbok»)

8.3 Jetpeler

Tabellene 8.2, 8.3, 8.4,8.5, 8.6, 8.7 opplyser kostnad for enhetsprisene for betongpeler med enhets pris per meter med årskostnad og CO₂-equivalent. Alle ribbene i rammestrukturen tegnet på AutoCad er inkludert. Det betyr total enhets pris er inkluderer ribbene langs spuntveggen, langsgående, tverrgående og skråribbene. Det er laget en oversikt om kostnadsoverslag for alle rammestrukturene ø=1.0m, ø=1,2m, ø=1,5m, ø=2,2m og ø=2,5m.

Enhetspris	1063
Enhet	m
Årskostnad	58.72
Kg CO ₂ -eq	71.08

Tabell 8. 2 Kostnadsoverslag for design 1 med ø1,0-jetpel- vedlegg 3 («Norsk prisbok».)

Enhetspris til ø=1,2	1275,6
Enhet	m
Årskostnad	70,5
Kg CO ₂ -eq	85,3

Tabell 8. 3 Kostnadsoverslag for design 2 med ø1,2 –jetpel- vedlegg 7

Enhetspris til $\varnothing=1,5$	1594,5
Enhet	m
Årskostnad	88,1
Kg CO2-eq	106,62

Tabell 8. 4 Kostnadoverslag for design 3 med $\varnothing1,5$ -jetpel- vedlegg 11

Enhetspris til $\varnothing=1,7$	1807,1
Enhet	m
Årskostnad	99,82
Kg CO2-eq	120,8

Tabell 8. 5 Kostnadoverslag for design 4 med $\varnothing1,7$ -jetpel- vedlegg 15

Enhetspris $\varnothing=2,2$	2338,6
Enhet	m
Årskostnad	129,2
Kg CO2-eq	156,4

Tabell 8. 6 Kostnadoverslag for design 5 med $\varnothing2,2$ -jetpel- vedlegg 18

Enhetspris $\varnothing=2,5$	2657,5
Enhet	m
Årskostnad	146,8
Kg CO2-eq	177,7

Tabell 8. 7Kostnadoverslag for design 6 med $\varnothing2,5$ – jetpel- vedlegg 23

8.4 Kalksementpeler

Tabell 8.8 angir opplysning for enhetspris for kalksementpeler. Det blir også inkludert årskostnad og CO₂-eq for per meter for alle ribbene i rammestrukturane. Det vil si for alle ribber langs spuntene, inkludert langsgående, tverrgående og skråribbene. Det er laget en oversikt for rammestrukturen med $\varnothing=1,0$ m.

Enhetspris $\varnothing=1,0$	114
Enhet	m
Årskostnad	6,29
Kg CO2-eq	518

Tabell 8. 8 Kostnadoverslag for design 1 med $\varnothing1$ m - Kalk-sementpel- vedlegg 3 («Norsk prisbok»)

9 KONKLUSJON OG ANBEFALINGER

Gjennom hovedoppgaven var hensikten å komme fram til den mest lønnsomme løsningen til å stabilisere en byggegrop som skal bli til en parkeringskjeller på Breigata 10B i Oslo. Valget var om kalksementpeler eller jetpeler var en bedre løsning.

Jetpeler er en permanent konstruksjon med høy trykkfasthet som kan brukes til stabilisering av jord for bygg- og anlegg konstruksjoner. Og KC-peler fungerer ofte som en permanent fundamenteringskonstruksjon, men det er tilfeller det brukes som midlertidig grunnforsterkning. Slike peler brukes vanligvis som grunnforsterkning ved jernbane- og vegbygning, sikring av byggegrop, anleggsveier og sikring av skråninger. Det kan også brukes til å dempe vibrasjoner fra veier og jernbane. Det er flere likheter og forskjellen mellom disse to jordstabiliserings metoder. Ved konstruksjon for jetpeler, injiserer man jetgrouten (blanding av vann og sement) direkte på bakken, derimot KC-peler injiserer man blanding av vann og bindemiddel (50% kalk, 50% sement).

Det er forskjellige måter å injisere/plassere jetpeler og KC-peler. Vi kan se på kapital 2,5 og kapital 3,5 at installasjonsmønster på jetpeler og KC-peler er like. Det kan brukes samme mønster og overlapp ut ifra prosjektets behov. Ved installasjon av KC-peler krever sement større innblandingsarbeid enn kalk. Derfor er det vispens dimensjon som bestemmer pelens dimensjon. Det vanligste dimensjon som brukes på vispene i Norge i dag er 500mm, 600mm, 700mm og 1000 mm, hvor 600 mm er mest brukt. Det er vanlig at nye visp er litt større i diameter enn fastsatt pelediameter. På grunn av vispen er det lettere å få til det ønsket diameter. Derimot, jetpeler er det vanskelig å få det ønsket diameter. Jetinjisering er uten behov for visp, Ved installasjon av jetpeler er det vanlig å bruke roterende høytrykksstråler hvor justering av strømningshastighet på groutrykket, vanntrykk og lufttrykk og løftehastigheten til riggstengene under utsprøytingsprosess. Aktuelle pelediameter ved jetpelekonstruksjon kan være 500mm til 2500mm. Standard for størrelser på peler er det avgrenset for KC-peler enn jetpeler.

Etter en teoretisk studie på jetpeler og kc-peler har vi kommet på en konklusjon at KC-peler kan lages opp til 1000mm i diameter, derimot, jetpeler kan lages opp til 2500mm som er mer enn dobbel så stort. KC-peler er begrenset på pelestørrelse. Fra tabellen 8.1.(design 1, 1m diameter)kan vi se at vi trenger totalsett 744 peler. For å bli ferdig med design 1 (se vedlegg 3) må man bruke tid og ressurse for å bore 744 ganger. Dette kan være tids krevende og kan føre til uønskede deformasjon i nabobygninger på grunn av vibrasjoner. Imot KC-peler er det jetpeler som kan gå opp til 2500mm. Fra tabellen 8,3 (design 3, 1,5m) kan vi se at vi trenger totalsett 614 peler for å dekke arealet på 58 m x 24 m. Når diameter på pelekonstruksjon ble økt til 2,5m (tabellen 8.6) , vi trenger totalsett 225 peler for å dekke et areal på 58 m x 24 m. det vil si at vi borer antall 389 ganger mindre boring enn design 3. Bare ved å øke 0.5m i diameter fra første design trenger vi antall 130 ganger mindre boring. Hvis vi bruker design 3 på vår prosjekt sparer vi på arbeidstid, og kan unngå deformasjoner på nabobygget på grunn av vibrasjoner. Og når diameter ble økt til 1m fra design 3 trenger vi antall 389 ganger mindre boring. Derfor kom vi på en konklusjon at jo større diameter desto bedre valg.

Ved hjelp av statiske beregninger har det vist seg når pelediameteren øker blir betongen mindre utsatt for strekkspenning av den horisontale jordtrykket. Når pelediameteren øker så kan man redusere betongkvaliteten. Vi kan se at verdien på strekkspenning øker med noe når pelediameteren øker fra $\phi=1.5\text{m}$ til $\phi=1.7\text{m}$. Dette kan tyde på å øke diameteren på pelene er ikke den eneste løsningen for å unngå store strekkpåkjenning på betongen. Hvis vi kanskje

hadde en annen form, mønster og struktur på rammemodellen så kunne betongen ha tatt opp mere strekk med kortere pelediameter, men i denne oppgaven har ikke fokusert dette.

Når vi øker pelediameteren fra $\phi=1.7\text{m}$ til $\phi=2.2\text{m}$ og $\phi=2.5\text{m}$ så vil verdien på strekkspenning redusere enda mer, spesielt med $\phi=2.5\text{m}$ hvor verdien på strekkspenning er den laveste. Dette betyr at pelediameteren på $\phi=2.5\text{m}$ er det beste valget fordi det har lavest strekkpåkjenning og man kan betongkvalitet B25 for ribbene langs spunten og B20 for langsgående og tverrgående ribbene.

Det er vanlig at kalksementpeler er installert med største diameter på $\phi=1.0\text{m}$ og ikke større. Det er fordi for kalksementpeler er det vispens dimensjon som bestemmer pelens dimensjon. Pelediameteren for $\phi=1.0\text{m}$ har også høyest verdi på strekkspenning. Det vil bety i vårt prosjekt må totalt 774 kalksementpeler installeres, og fra kapittel 8 kan man se at kalksementpeler er høyest på enhetspris sammenlignet med enhetsprisene for betongpelene. På tabell 8.8 kan vi også se at kalksementpeler har høyest verdi på CO_2 -equalen. Over tid har det blitt mere vanlig å bruke blandingssement med substituttmaterialer som industriavfall, restprodukter kullfraktverk eller sementproduksjon, flygeaske, silikastøv, og andre naturlige pozzolaner som erstatter sementklinker. Det har også blitt mere vanlig å bruke multicem som består av CKD-støv, se avsnitt 3.7.4 på hva CKD-støv er. Men ulempen med multicem har redusert evne for fasthetsutvikling sammenliknet med standard sement og standard FA-sement. Noe som betyr de tradisjonelle blandingsforholdene mellom ulesket kalk og sementklinker til å støpe kalksementpeler skaper et dårligere miljøprofil på grunn av høy CO_2 -utslipp. Gjennomsnitt CO_2 -utslippet på av ulesket kalk produksjon slipper ut alene 1000kg per tonn kalk i året, og hvis man skal legge sammen utslipps tallet av CO_2 774 kg per tonn sement, blir CO_2 -utslippet nesten doblet så høyt, se avsnitt 3.7.7 om CO_2 -utslipp.

Selv om jetpler kan anses som en mere lønnsom løsning både til byggeprosjektet, kvalitetsmessig og miljø, kan det blir enda bedre hvis man kan bruke bindemiddelen som gir endra mindre CO_2 -utslipp og har like høy evne på fasthetsutvikling. Eksempelvis bruke en blanding sement som standard FA sement som består av 20% flygeaske.

10 FEILKILDE

Diameter

I realiteten skal vi finne pelediameter basert på jordmaterialets egenskaper og kapasitet men vår oppgave er basert på antagelse. Vi har valgt seks alternativer med seks forskjellige diameter som er brukt for teknisk og økonomisk vurderinger. En reale prosjekt trenger mangel forskning om jordens struktur, jordmaterialets egenskaper, grunnvannstand og belastningskapasitet før vi kan bestemme diameter på pelekonstruksjoner.

Autocad tegninger

Alle alternativer er tegnet på AutoCAD og vi traff en del utfordringer ved tegning processen. Vi kan se på design tegning vedlegg at det er større overlapp på noen av peler så at peler dekker 58m x 24 m arealet.

Labundersøkelser

Vi hadde tenkt å utføre lab undersøkelsen for å teste trykkfast på jetpeler og kc-peler. På grunn av COVID-19 fikk vi ikke gå til betong laboret for å utføre undersøkelsen. Vi har skrevet om fremgangsmåten vi hadde tenkt å utføre labben, men det blir ingen resultater for å sammenligne trykfasthet på jetpeler og kcpeler.

Statiske beregninger

Resultat av bøyemoment på tverrgående og langsgående ribbe for alle seks rammemodellene gir absolutt null. Det er prøvd svært mange ganger å konstruere rammemodellen på EUROCODEexpress for å unngå denne feilen, men allikevel blir resultatet for bøyemomentene bare null for disse ribbene. Når vi får null for bøyemomentene til tverr- og langsgående ribbene, vil total strekkspenningene også bli null. Dermed blir valg av betongkvalitet bare basert på trykkspenning. For $\phi=1.0\text{m}$ og $\phi=1.2\text{m}$ blir totale trykkspenning, $\sigma_{\text{total trykk}}$ for tverr- og langsgående ribbene så lave at man kan velge B12, se avsnitt 4.2.1 og 4.2.2. Det er mere logisk at vi heller velger B25, fordi det bedre å overdimensjonere enn underdimensjonering for å bevare god sikkerhet mot sammenbrudd, selv om det vil gå på bekostning av det økonomiske.

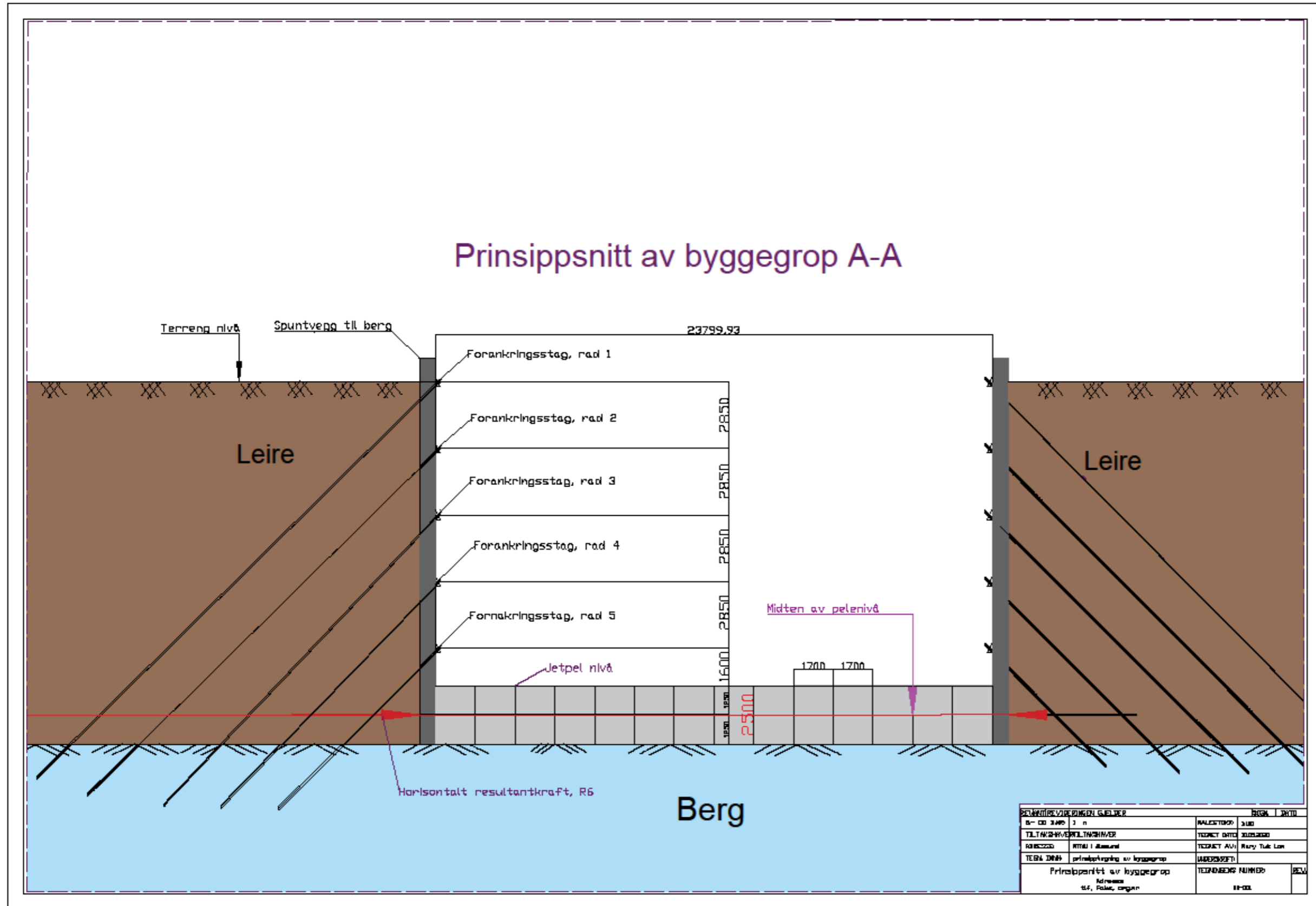
REFERANSER

- Astri Eggen, NGI, Tor Georg Jensen, NGI og Stein Christensen, SINTEF, og Norges Geotekniske Institutt. 2011. «VEILEDNING FOR GRUNNFORSTERKNINGER MED KALKSEMENTPELER», Høringsutkast til sponsorer og NGF medlemmer, , september, 119.
- Covil, C. S., og A. E. Skinner. 1994. «Jet grouting? a review of some of the operating parameters that form the basis of the jet grouting process». I *Grouting in the ground*, 605–29. Thomas Telford Publishing.
<https://doi.org/10.1680/gitg.19287.0041>.
- «Egenskaper». Åpnet 17.02.2020.
http://www.jetgrunn.no/index.php?option=com_content&view=article&id=26&Itemid=109.
- Eidsmo, Sivert. 2019. «Sammenligning av ulike bindemidler for dypstabilisering av kvikkleire». <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2624279>.
- EUROPEAN STANDARD, 2004. 2004. «The European Union, EN1992-1-1 (2004)».
- Hoksrud, Lars. 2020. Møte med jetgrunn ASTeams.
- Høie, Truls Holm, og Andreas Vermedal. 2012a. «Vurdering av basalt- og stålfibres effekt og mekaniske egenskaper i jetpeler». 138. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/236986>.
- . 2012b. «Vurdering av basalt- og stålfibres effekt og mekaniske egenskaper i jetpeler». 138. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/236986>.
- Jetgrunn AS. 2008. «Breigata 10-18, Oslo». 2008.
https://www.jetgrunn.no/index.php?option=com_content&view=article&id=68&Itemid=192.
- «Jetpeler veiledning».
- Kimpritis, Thomas. 2013. «'The Control of Column Diameter and Strength in Jet Grouting Processes and the Influence of Ground Conditions.'», 145.
- Lars, Resen Adm.dir, Norges Geotekniske InstituttKarin Cosgriff fagansvarlig for vibrasjoner, og Norges Geotekniske Institutt. 2018. «Store deler av Oslo ligger på bløt leire. Vi må leve med at våre bygg rister.» Aftenposten. 16. september 2018.
<https://www.aftenposten.no/article/ap-MgrEXB.html>.
- Maage, Magne. 2015a. *Betong: regelverk, teknologi og utførelse*. Oslo: Byggenæringens forl.
- . 2015b. *Betong: regelverk, teknologi og utførelse*. Oslo: Byggenæringens forl.
- Ni, James, og Jason Wen-chieh Cheng. 2014. «Quality control of double fluid jet grouting below groundwater table: Case history». *Soils and Foundations* 54 (desember).
<https://doi.org/10.1016/j.sandf.2014.11.001>.
- NORCEM AS. . «Kalksement KC». Åpnet 14. 03. 2020.
<https://www.norcem.no/no/kalksement>.
- Normann, Kristian. 2019. «Oppgaveeksempel, støttemur med løsning, IB208912 Prosjekterings konstruksjon».

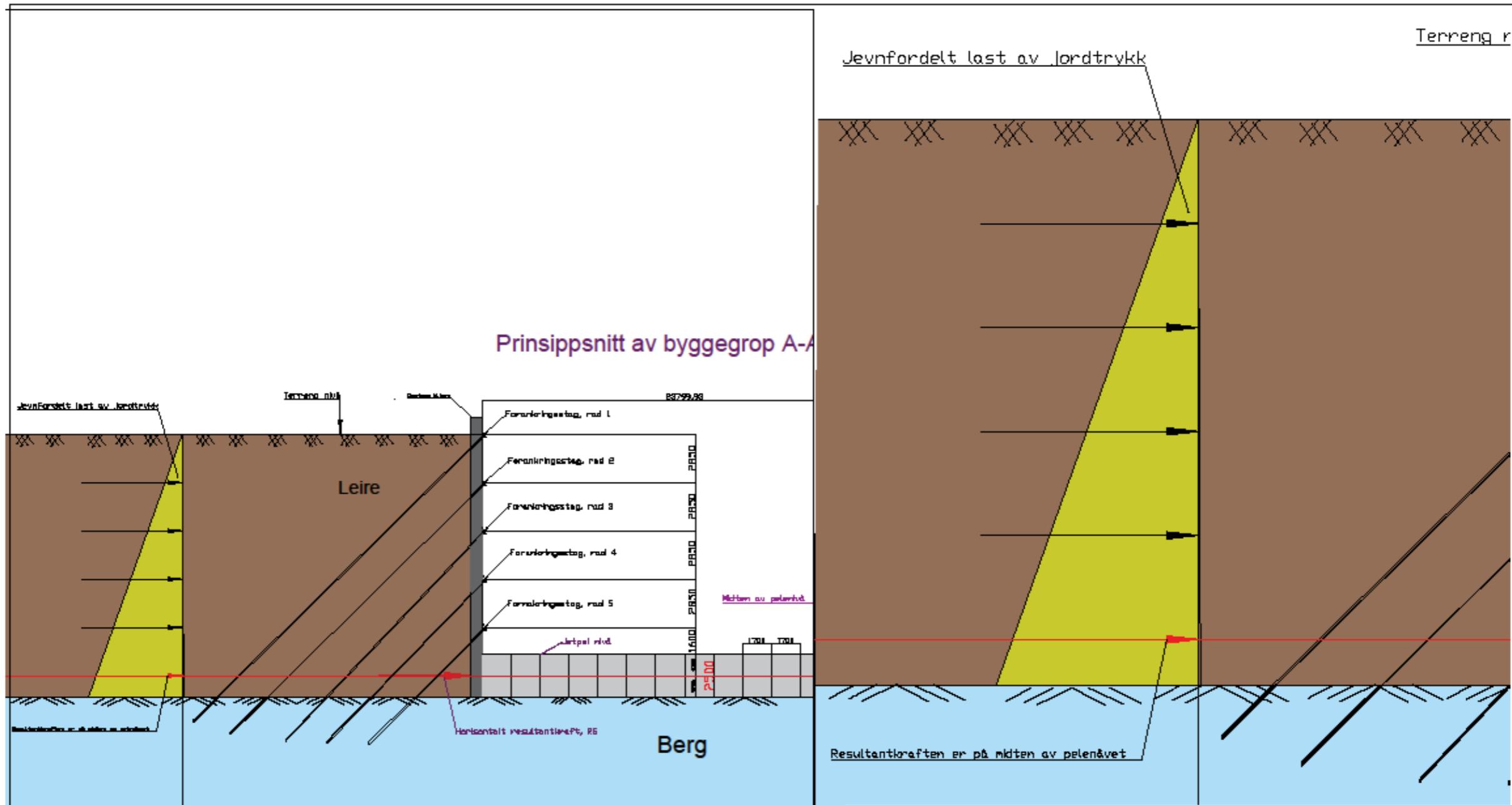
- «Norsk prisbok». u.å. Åpnet 24.04 2020.
<https://www.norskprisbok.no/login.aspx?ReturnUrl=%2f>.
- «NS-EN 934-2:1997». u.å. Åpnet 13.04. 2020.
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=188995>.
- «NS-EN 1992-1-1:2004+A1:2014+NA:2018». u.å. Åpnet 10.05. 2020.
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=997269>.
- «NS-EN 12620:2002+A1:2008+NA:2016». u.å. Åpnet 18.04. 2020.
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=866016>.
- NTNU i Ålesund. 2015. «IB205014 konstruksjonslære og statikk, eksamen 2015».
- «Sementproduksjon og CO2». u.å. Åpnet 04.03. 2020.
<https://www.norcem.no/no/sementproduksjon-co2>.
- Statens Vegvesen. 2014. «Laboratorieundersøkelser, Håndbok 210, Statens Vegvesen».
- Statens vegvesen, og Norge Vegdirektoratet. 2012a. *Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger : [håndbok 274]*. 2. opplag med rettelser 2014. Bd. 274. Håndbok (Statens vegvesen : online). Oslo: Statens vegvesen.
- . 2012b. *Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger: [håndbok 274]*. 2. opplag med rettelser 2014. Bd. 274. Håndbok (Statens vegvesen : online). Oslo: Statens vegvesen. <http://hdl.handle.net/11250/196373>.
- Svein I. Sørensen. 2017. *Betongkonstruksjoner: beregning og dimensjonering etter Eurocode 2*. 2. utg., 3. oppl. Bergen: Fagbokforl.
- Tarald Rørvik, førsteamanuensis. 2003. «Konstruksjonssikkerhet og belastning, kompendium i lastberegning». 3. utgave desember 2010.
- «Utstyr». u.å. Åpnet 20. mai 2020.
http://jetgrunn.no/index.php?option=com_content&view=article&id=27&Itemid=110.
- Vollen, Øistein. 2010. *Mekanikk for ingeniører: statikk og fasthetslære*. 2. utg. Bekkestua: NKI forl.
- Wang, Zhifeng, Shui-Long Shen, Chu-Eu Ho, og Kim YH. 2013. «Jet Grouting Practice: an Overview». *Geotechnical Engineering* 44 (desember): 88–96.

VEDLEGG

Prinsippsnitt av byggegrop A-A

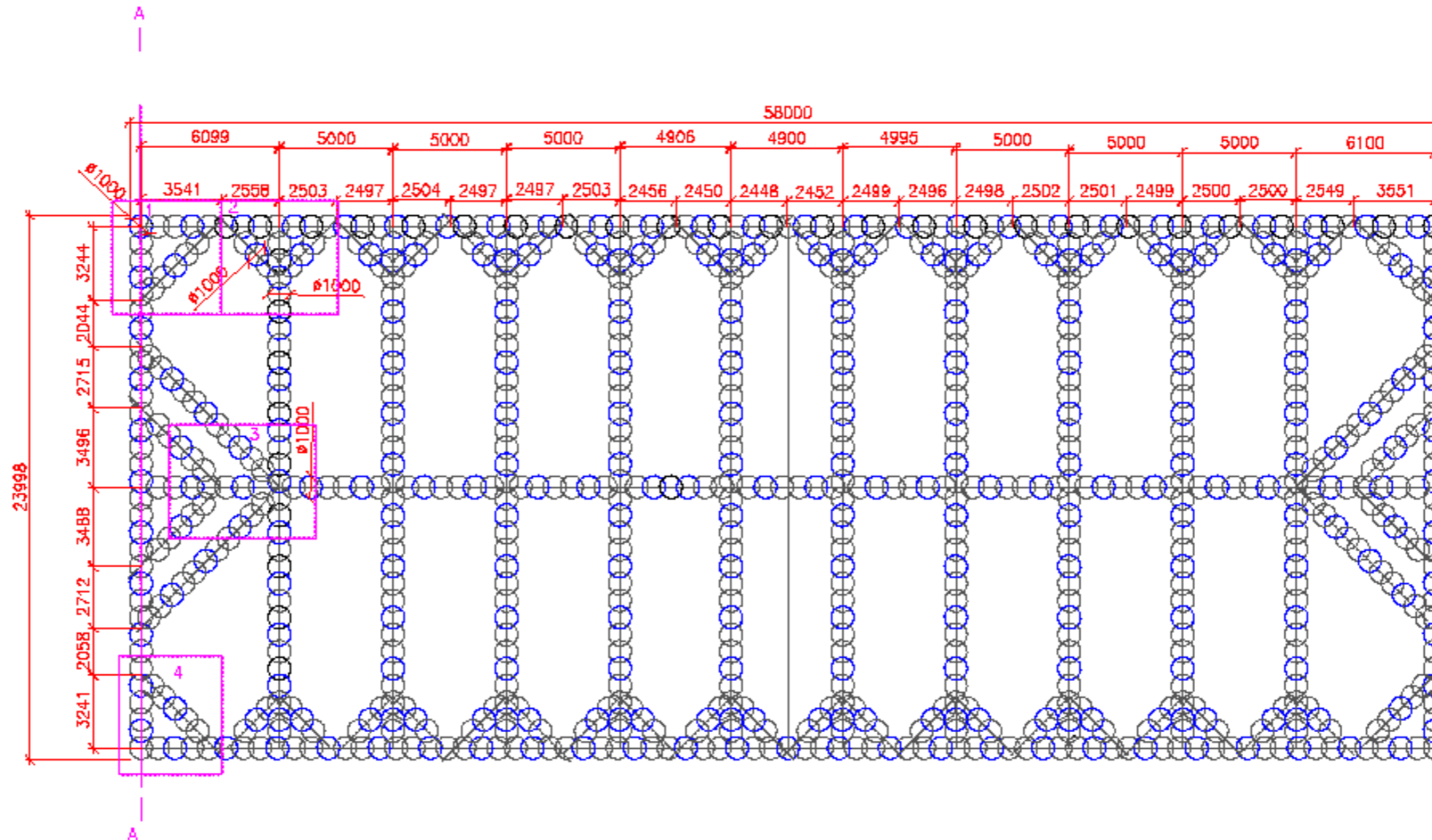


Vedlegg 2



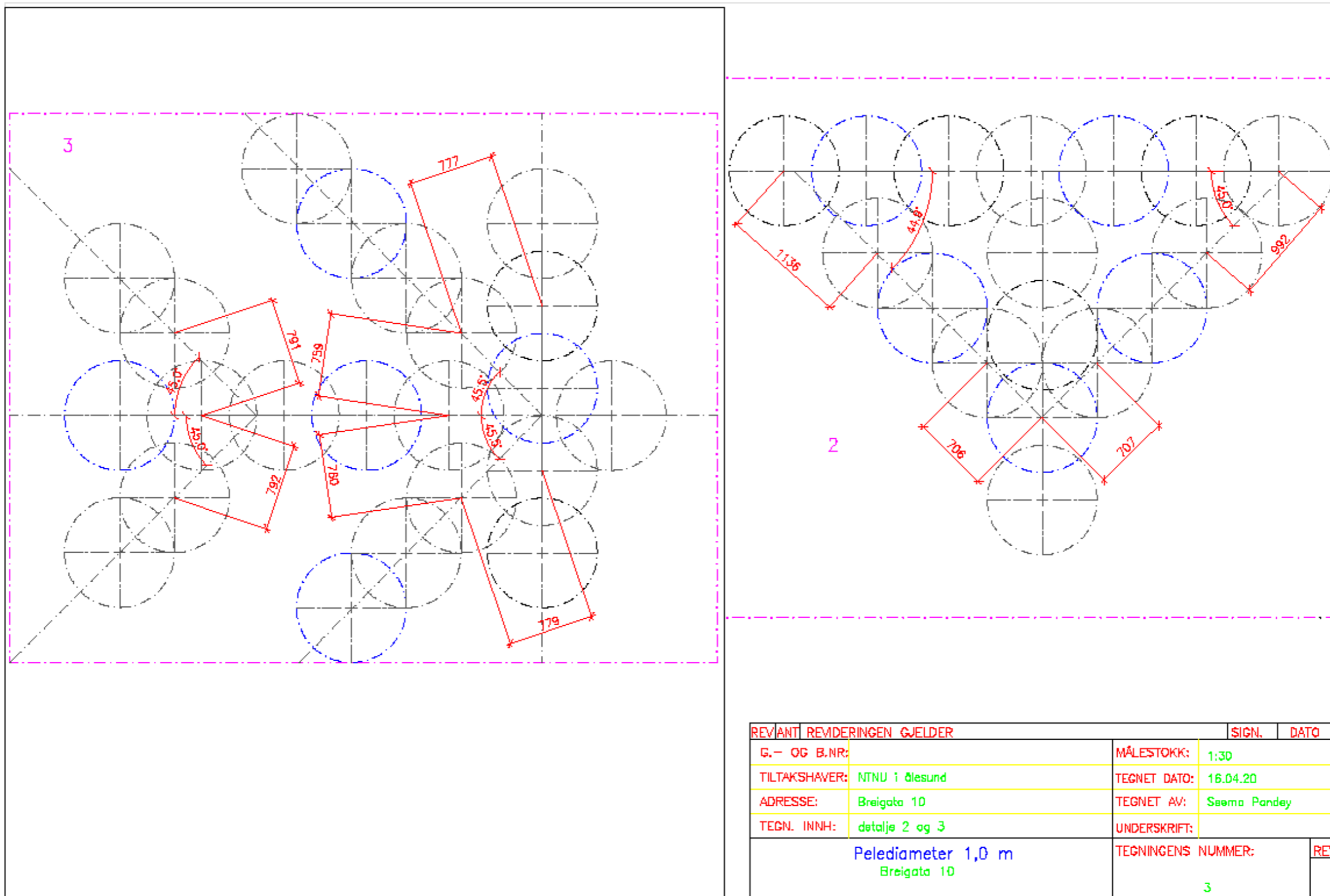
REV. ANT		REVIDERINGEN GJELDER		SIGN.	DATO
G.- OG B.NR:	1 n	MÅLESTOKK:	1:50		
TILTAKSHAVER:	TILTAKSHAVER	TEGNET DATO:	10.05.2020		
ADRESSE:	NTNU i Ålesund	TEGNET AV:	Mary Yuk Lam		
TEGN. INNH:	Prinsipp for jordtrykk	UNDERSKRIFT:			
Prinsipp-tegning av Jordtrykket		TEGNINGENS NUMMER:		REV.	
Adresse tlf, faks, org.nr		00-002			

Vedlegg 3

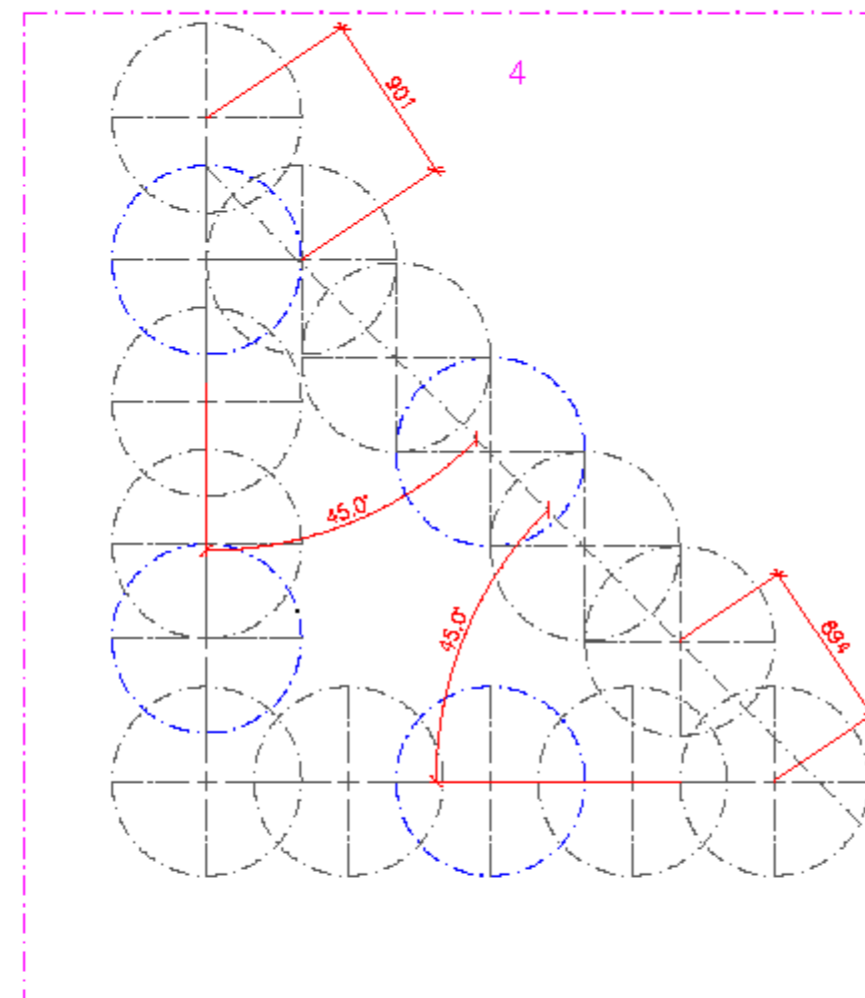
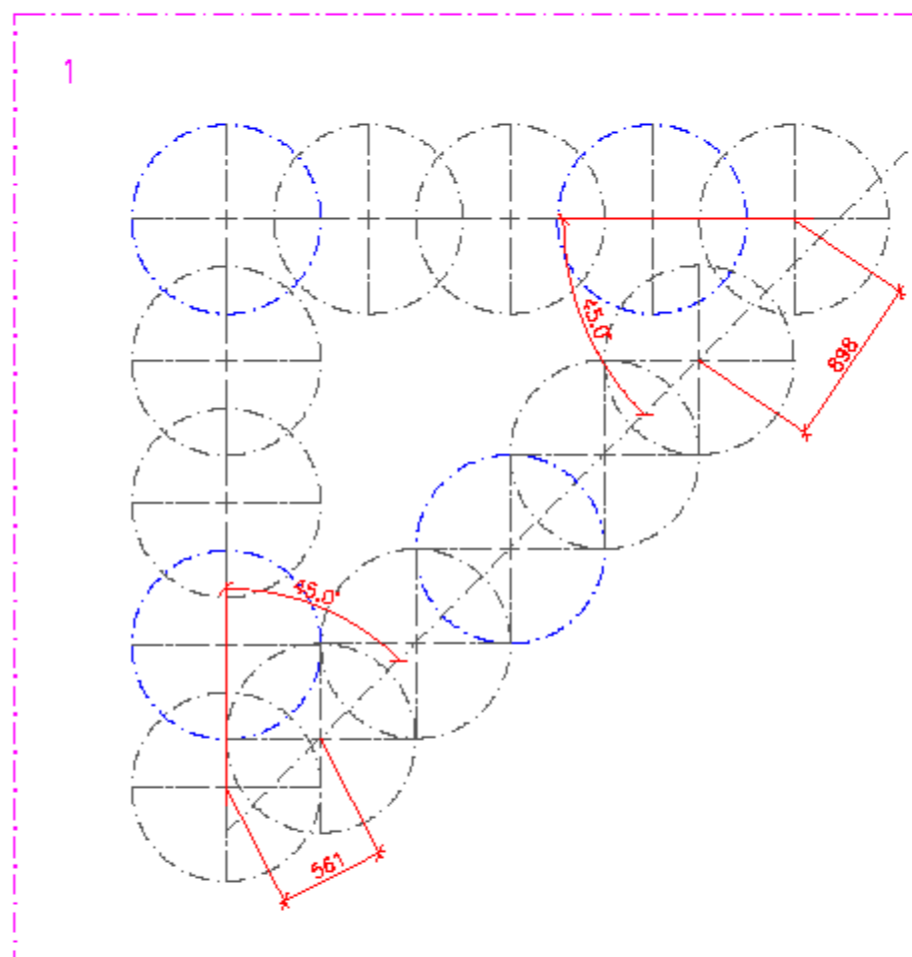


REV	ANT	REVIDERINGEN GJELDER	SIGN.	DATO
		G.- OG B.NR:	MÅLESTOKK:	1:200
		TILTAKSHAVER: NTNU i Ålesund	TEGNET DATO:	15.04.20
		ADRESSE: Breigata 10	TEGNET AV:	Seema Pandey
		TEGN. INNH: statisk tegning	UNDERSKRIFT:	
		Pelediameter 1,0 m Breigata 10 tlf, faks, org.nr	TEGNINGENS NUMMER:	REV.
			1	

Vedlegg 4



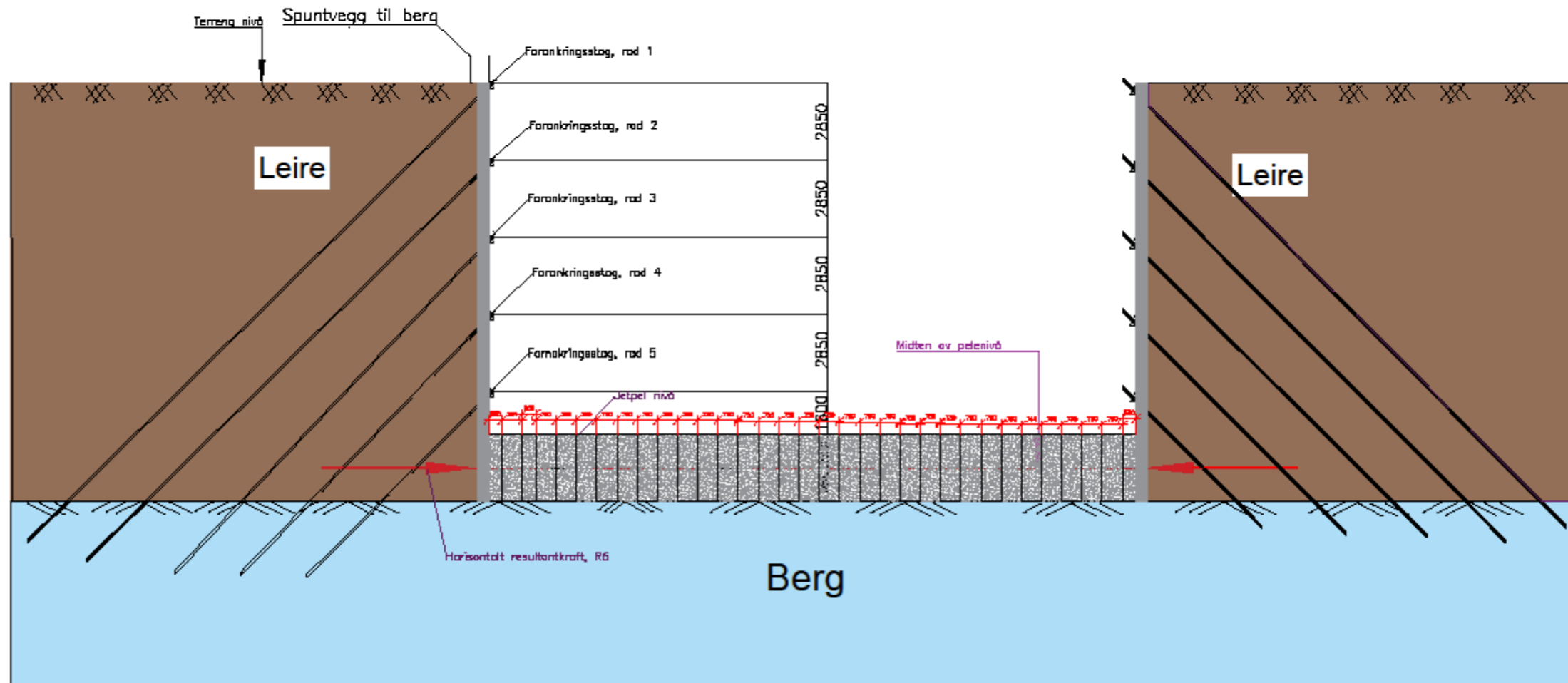
Vedlegg 5



REV. ANT.	REVIDERINGEN GJELDER	SIGN.	DATO
G.- OG B.NR:		MÅLESTOKK:	1:30
TILTAKSHAVER:	NTNU i Ålesund	TEGNET DATO:	16.04.20
ADRESSE:	Breigata 10	TEGNET AV:	Seema Pandey
TEGN. INNH:	detalje 1 og 4	UNDERSKRIFT:	
	Pelediameter 1,0 m Breigata 10	TEGNINGENS NUMMER:	REV.
		2	

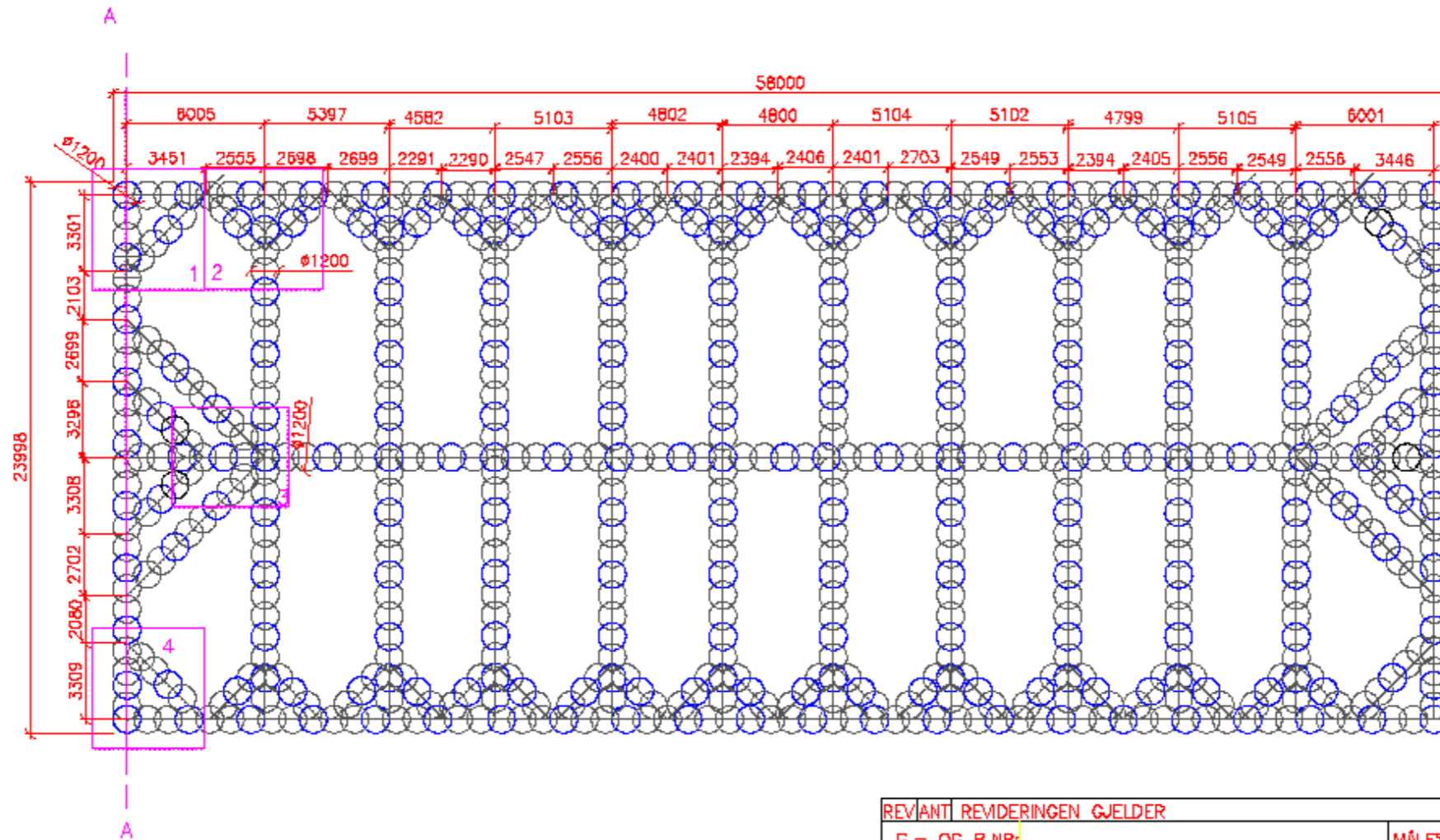
Vedlegg 6

Prinsippsnitt av byggegrop A-A



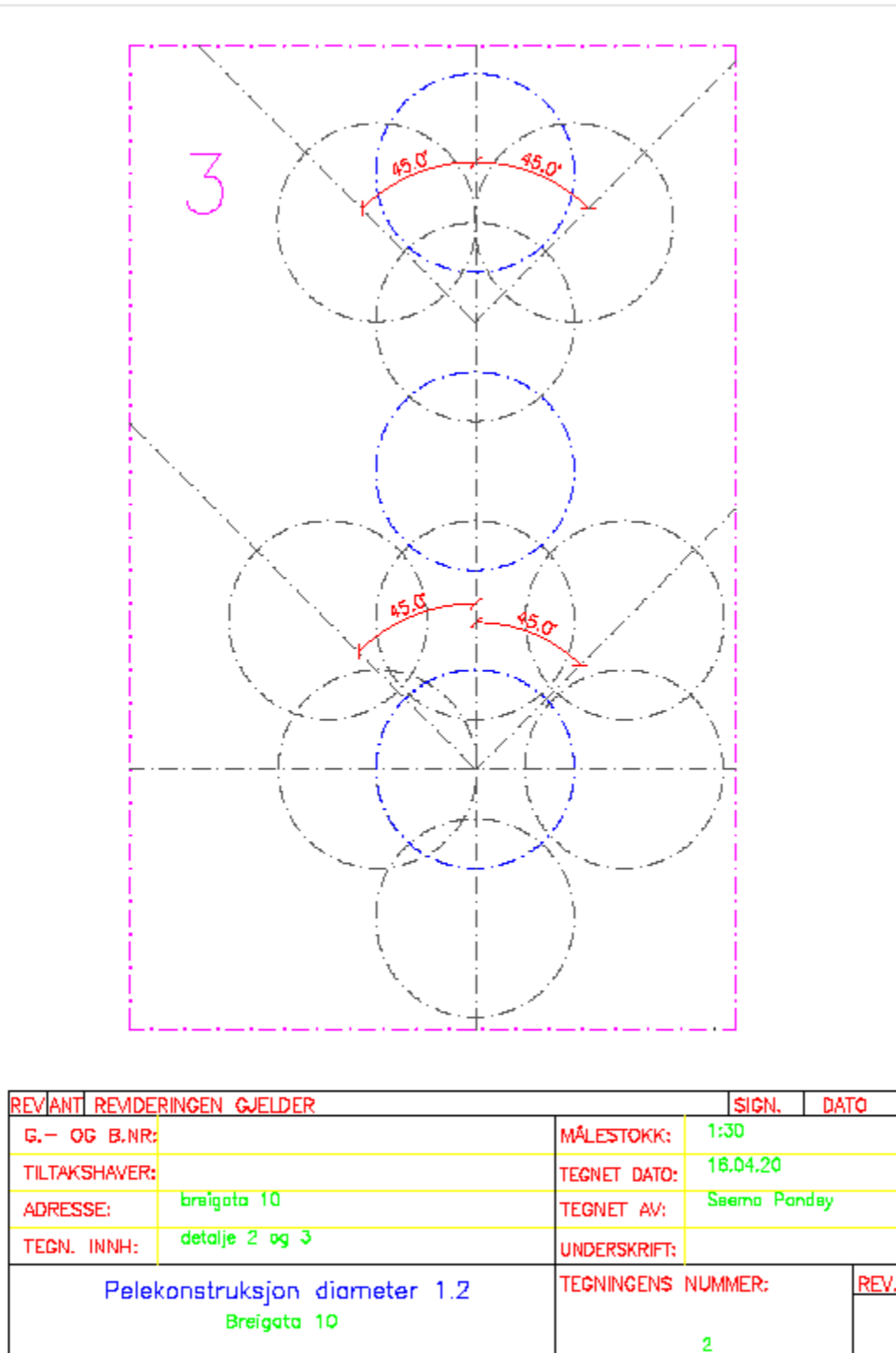
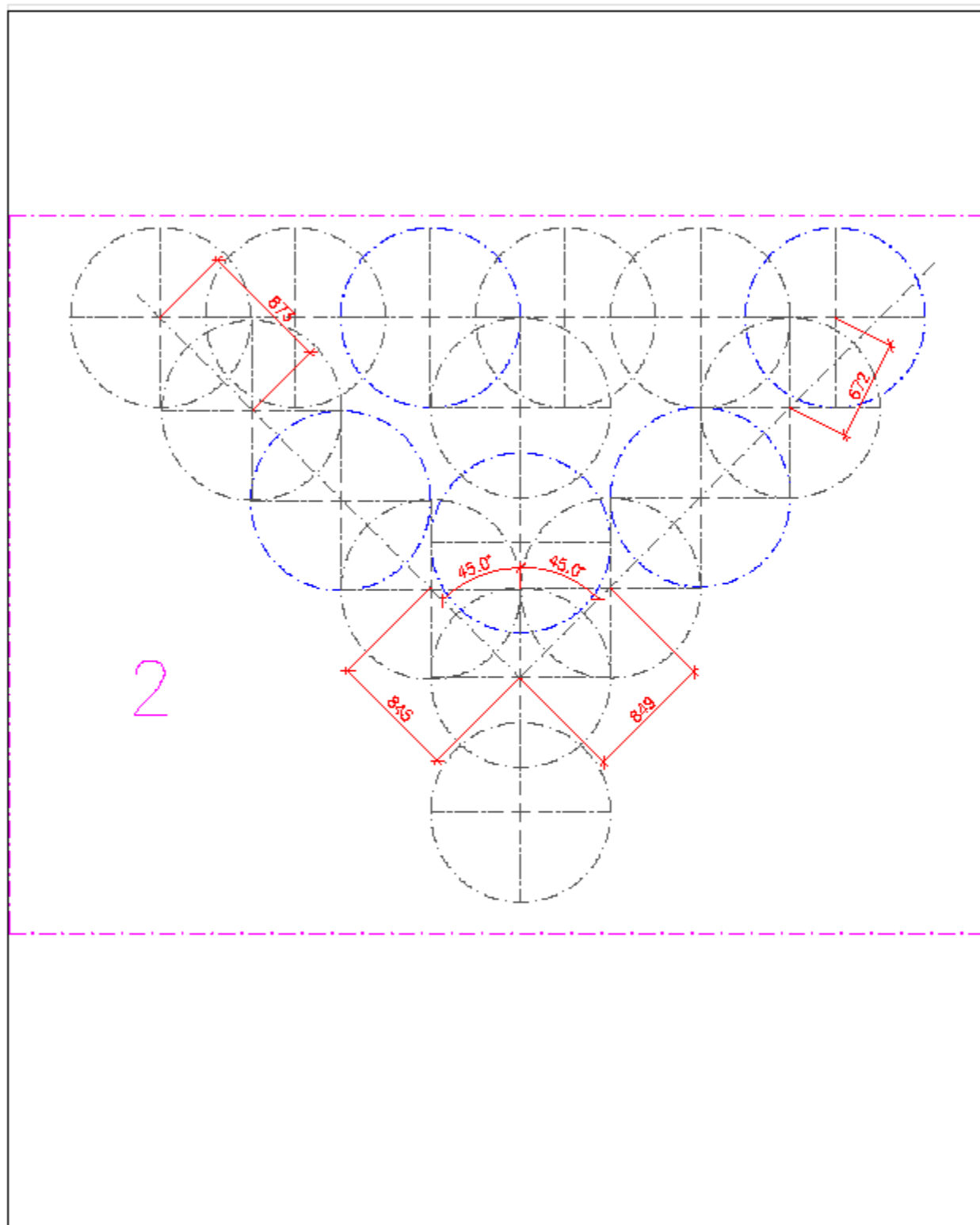
REV. ANT.	REVIDERINGEN GJELDER	SIGN.	DATO
G.- OG B.NR:		MÅLESTOKK:	1:150
TILTAKSHAVER:	NTNU i Ålesund	TEGNET DATO:	17.05.20
ADRESSE:	breigata 10	TEGNET AV:	seema pandey
TEGN. INNH:	snitt A-A	UNDERSKRIFT:	
	Pele konstruksjon	TEGNINGENS NUMMER:	REV.
		4	

Vedlegg 7



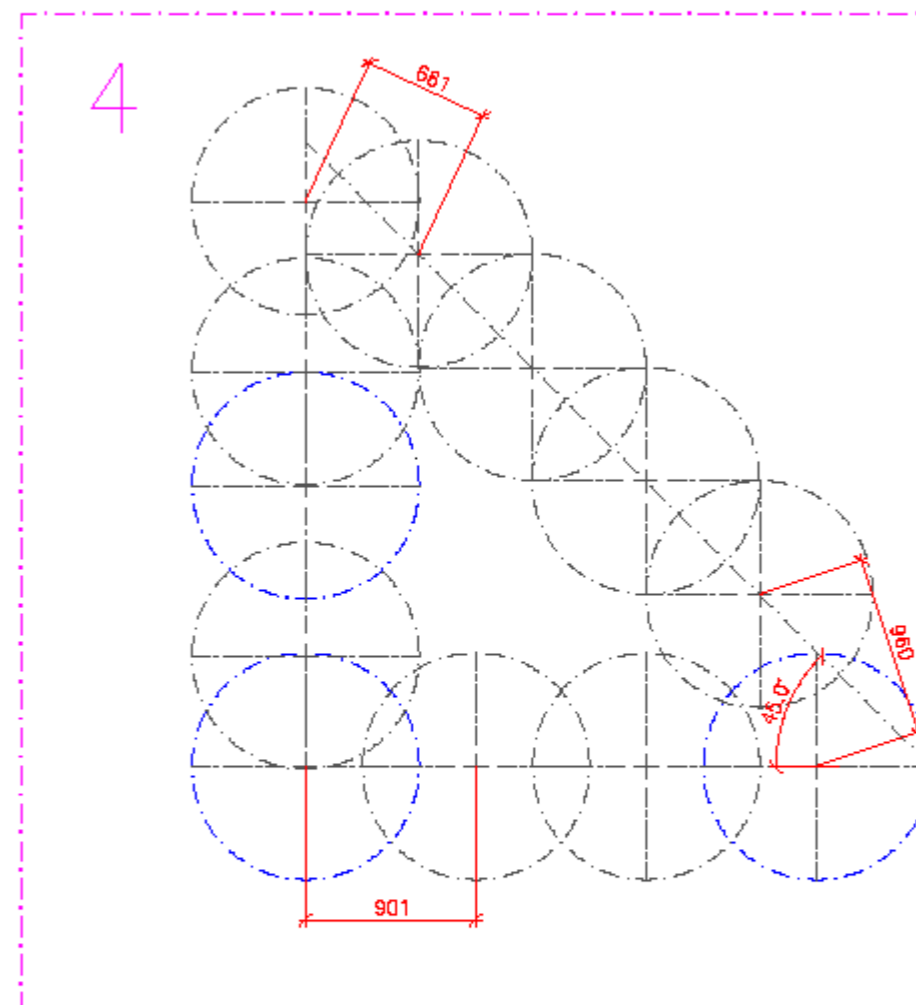
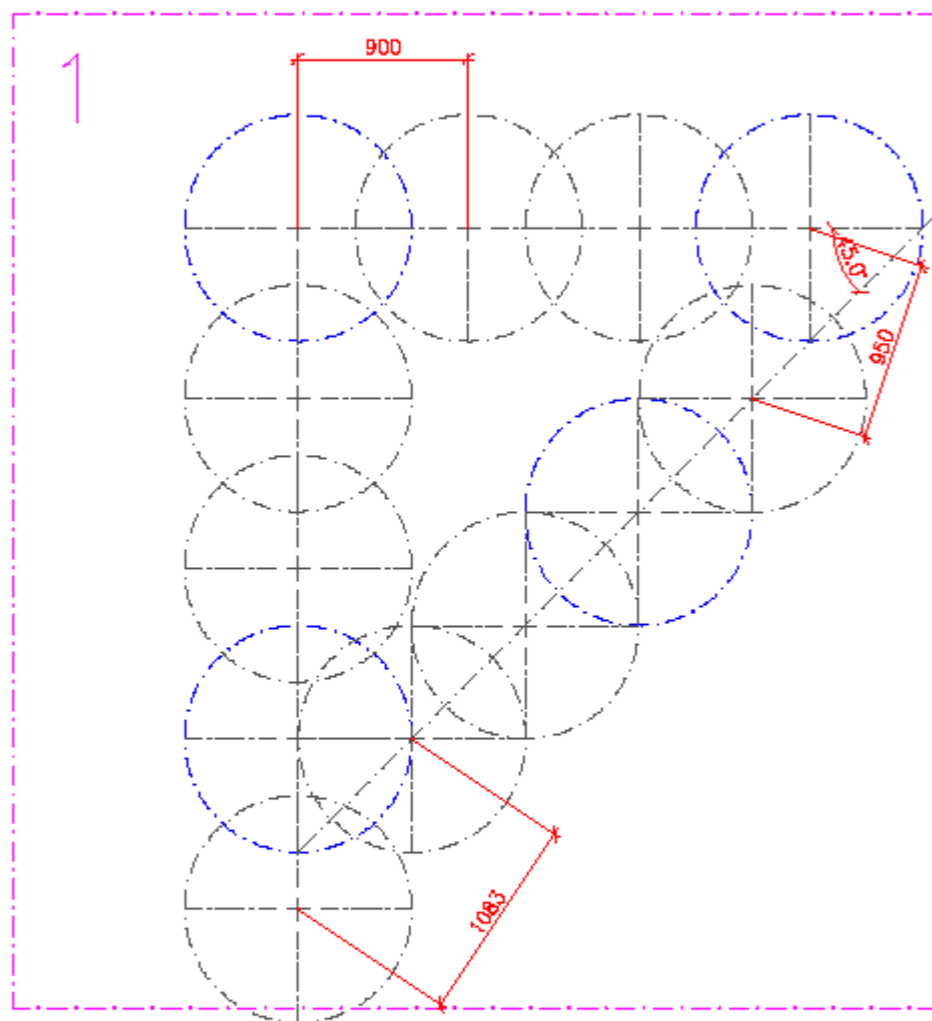
REV	ANT	REMDERINGEN GJELDER	SIGN.	DATE
		G.- OG B.NR:	MÅLESTOKK:	1:200
		TILTAKSHAVER:	TEGNET DATE:	16.04.20
		ADRESSE: breigata 10	TEGNET AV: Seema Pandey	
		TEGN. INNH: statisk tegning	UNDERSKRIFT:	
		Pelekonstruksjon diameter 1.2 Breigata 10 tif, faks, org.nr	TEGNINGENS NUMMER:	REV.
			1	

Vedlegg 8



REV/ANT	REVMØDNINGEN GJELDER	SIGN.	DATE
G.- OG B.NR:		MÅLESTOKK:	1:30
TILTAKSHAVER:		TEGNET DATE:	18.04.20
ADRESSE:	Breigata 10	TEGNET AV:	Saema Pandey
TEGN. INNH:	detalje 2 og 3	UNDERSKRIFT:	
Pelekonstruksjon diameter 1.2 Breigata 10		TEGNINGENS NUMMER:	REV.
		2	

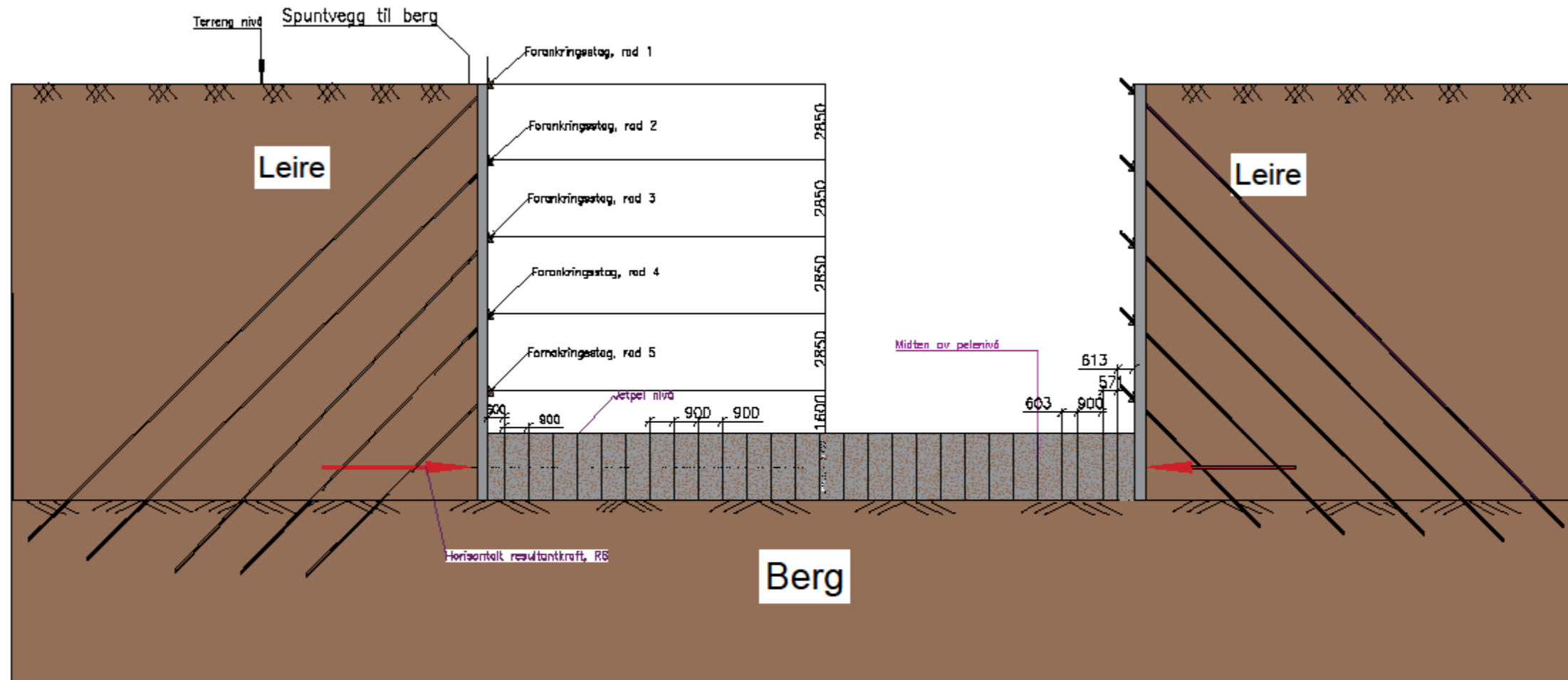
Vedlegg 9



REV. ANT.	REVM. DERINGEN GJELDER	SIGN.	DATO
	G.- OG B.NR:	MÅLESTOKK:	1:30
	TILTAKSHAVER:	TEGNET DATO:	16.04.20
	ADRESSE: breigata 10	TEGNET AV:	Seema Pandey
	TEGN. INNH: detalje 1 og 4	UNDERSKRIFT:	
Pelekonstruksjon diameter 1.2 Breigata 10		TEGNINGENS NUMMER:	REV.
		3	

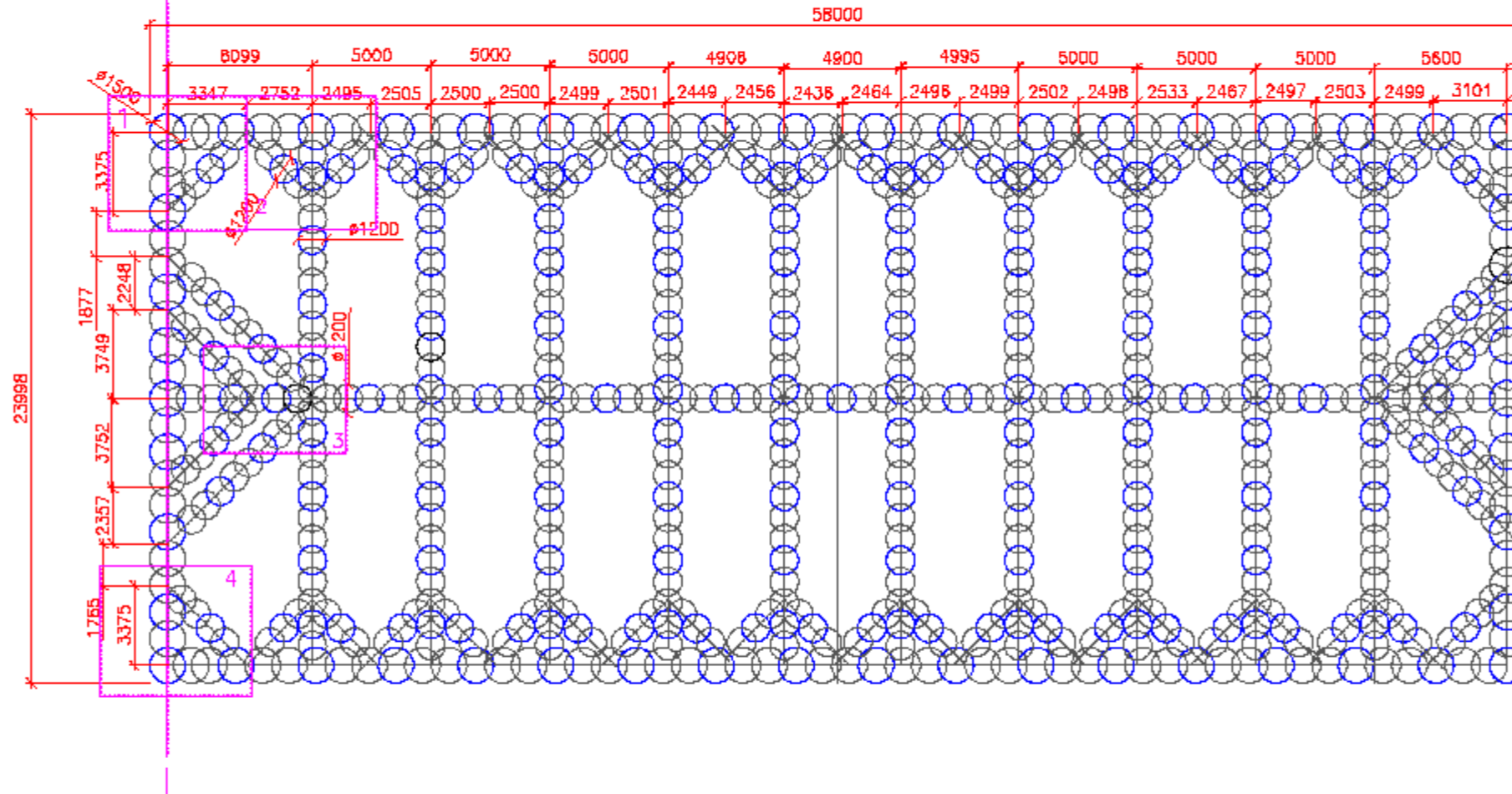
Vedlegg 10

Prinsippsnitt av byggegrop A-A



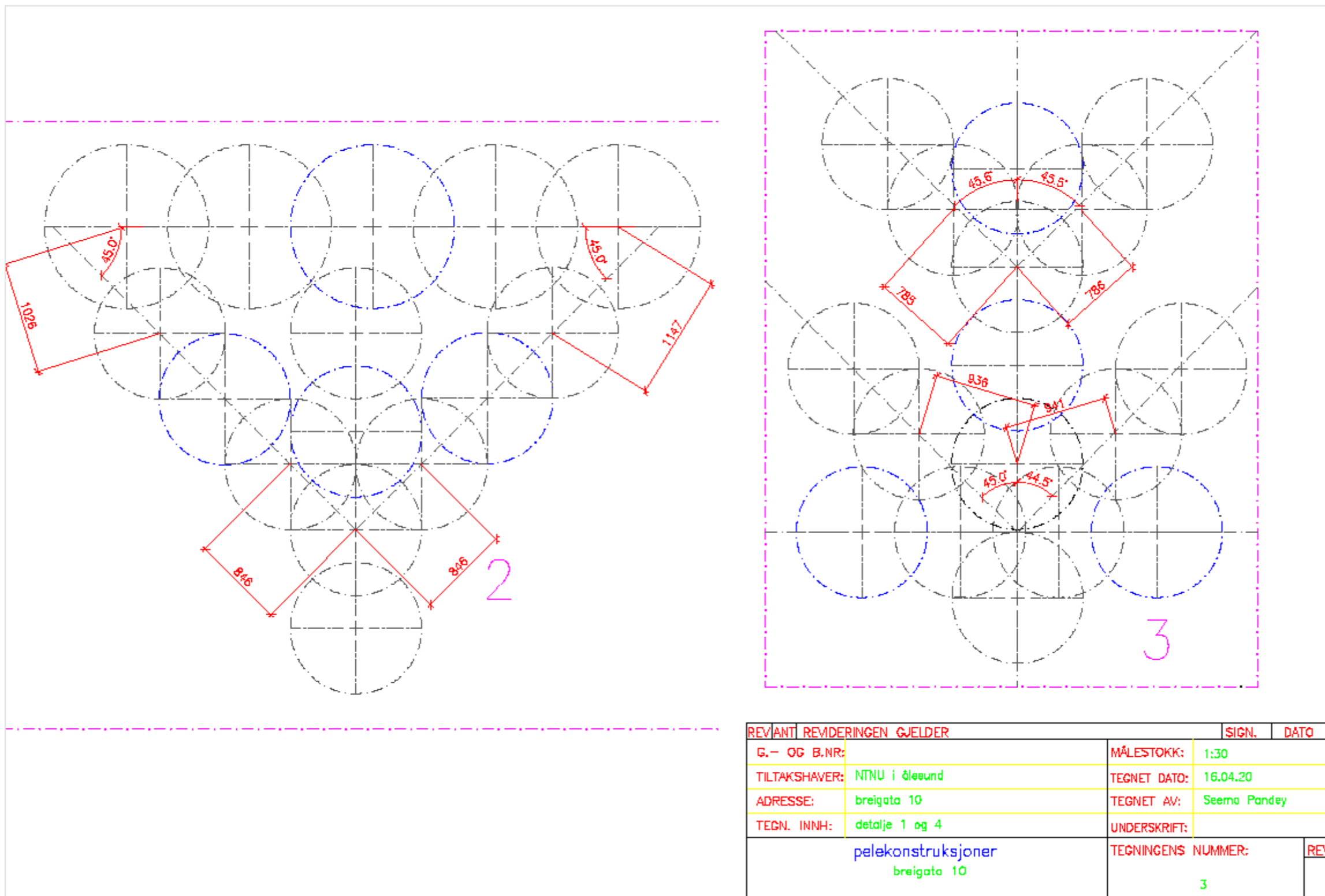
REV/ANT		REVIDERENGEN GJELDER	SIGN.	DATO
G.- OG B.NR:		MÅLESTOKK:	1:150	
TILTAKSHAVER:		TEGNET DATO:	16.04.20	
ADRESSE:	breigata 10	TEGNET AV:	Seema Pandey	
TEGN. INNH:	snitt A-A	UNDERSKRIFT:		
Pelekonstruksjon diameter 1.2 Breigata 10		TEGNINGENS NUMMER:	4	REV.

Vedlegg 11



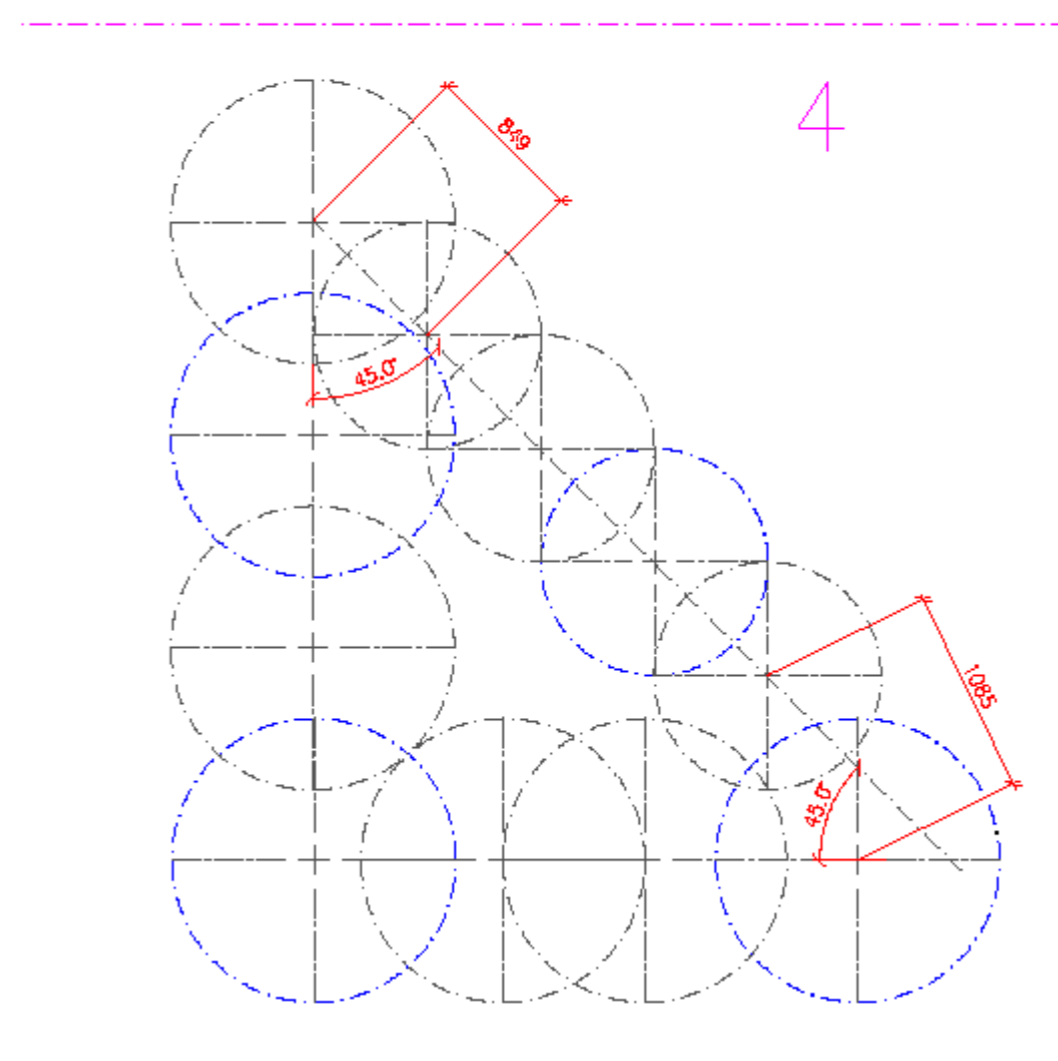
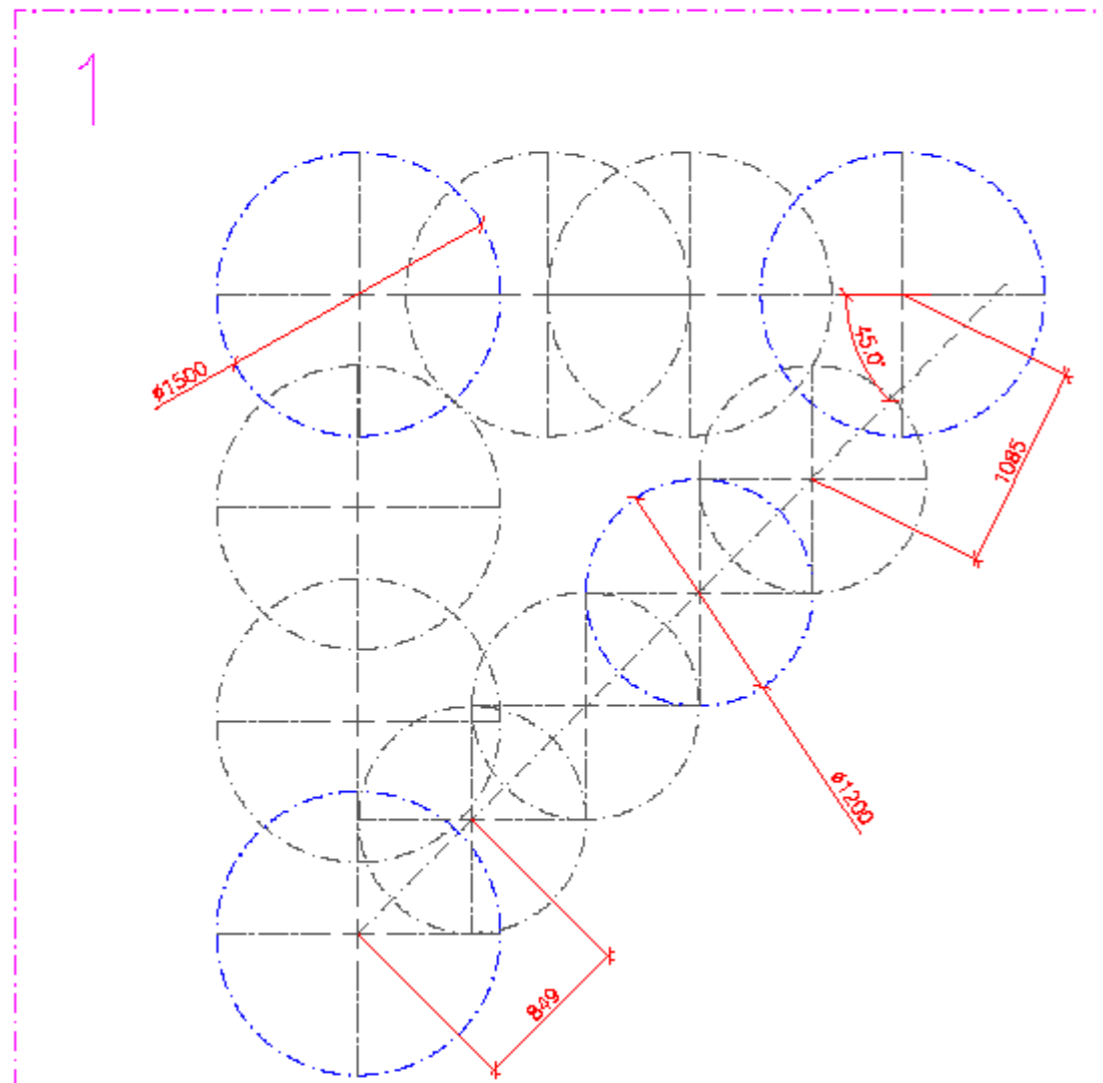
REV/ANT	REVIDERINGEN GJELDER	SIGN.	DATO
G.- OG B.NR:		MÅLESTOKK:	1:200
TILTAKSHAVER:		TEGNET DATO:	16.04.20
ADRESSE:	breigata 10	TEGNET AV:	Saema Pandey
TEGN. INNH:	diameter 1,5 m	UNDERSKRIFT:	
	Pelediameter 1,5 Breigata 10 tlf, faks, org.nr	TEGNINGENS NUMMER:	REV.
		1	

Vedlegg 12



REV/ANT	REVIDERINGEN GJELDER	SIGN.	DATE
G.- OG B.NR:		MÅLESTOKK:	1:30
TILTAKSHAVER:	NTNU i Ålesund	TEGNET DATE:	16.04.20
ADRESSE:	breigata 10	TEGNET AV:	Seema Pandey
TEGN. INNH:	detalje 1 og 4	UNDERSKRIFT:	
	pelekonstruksjoner breigata 10	TEGNINGENS NUMMER:	REV.
		3	

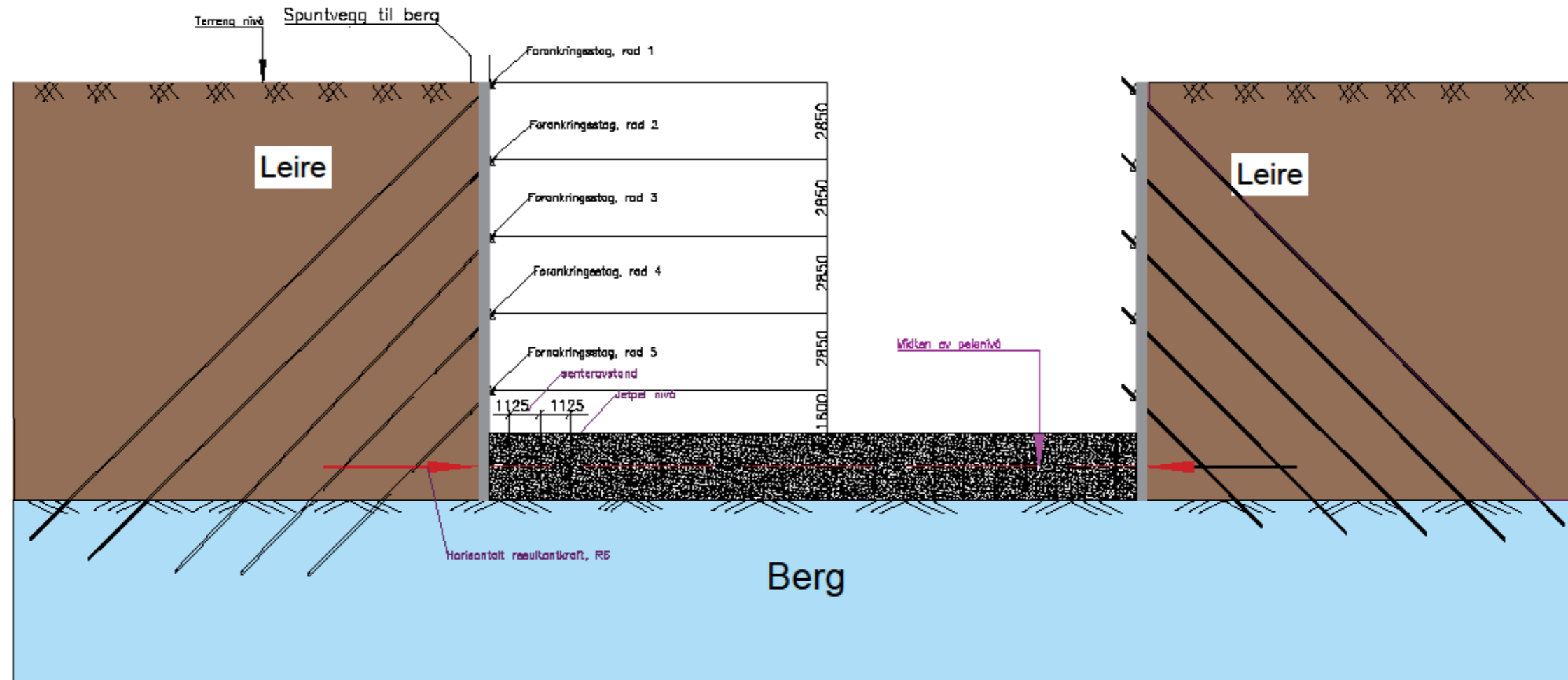
Vedlegg 13



REV/ANT	REMDERINGEN GJELDER	SIGN.	DATO
G.- OG B.NR:		MÅLESTOKK:	1:30
TILTAKSHAVER:	NTNU i Ålesund	TEGNET DATO:	16.04.20
ADRESSE:	breigata 10	TEGNET AV:	Seema Pandey
TEGN. INNH:	detalje 1 og 4	UNDERSKRIFT:	
	pelekonstruksjoner breigata 10	TEGNINGENS NUMMER:	REV.
		2	

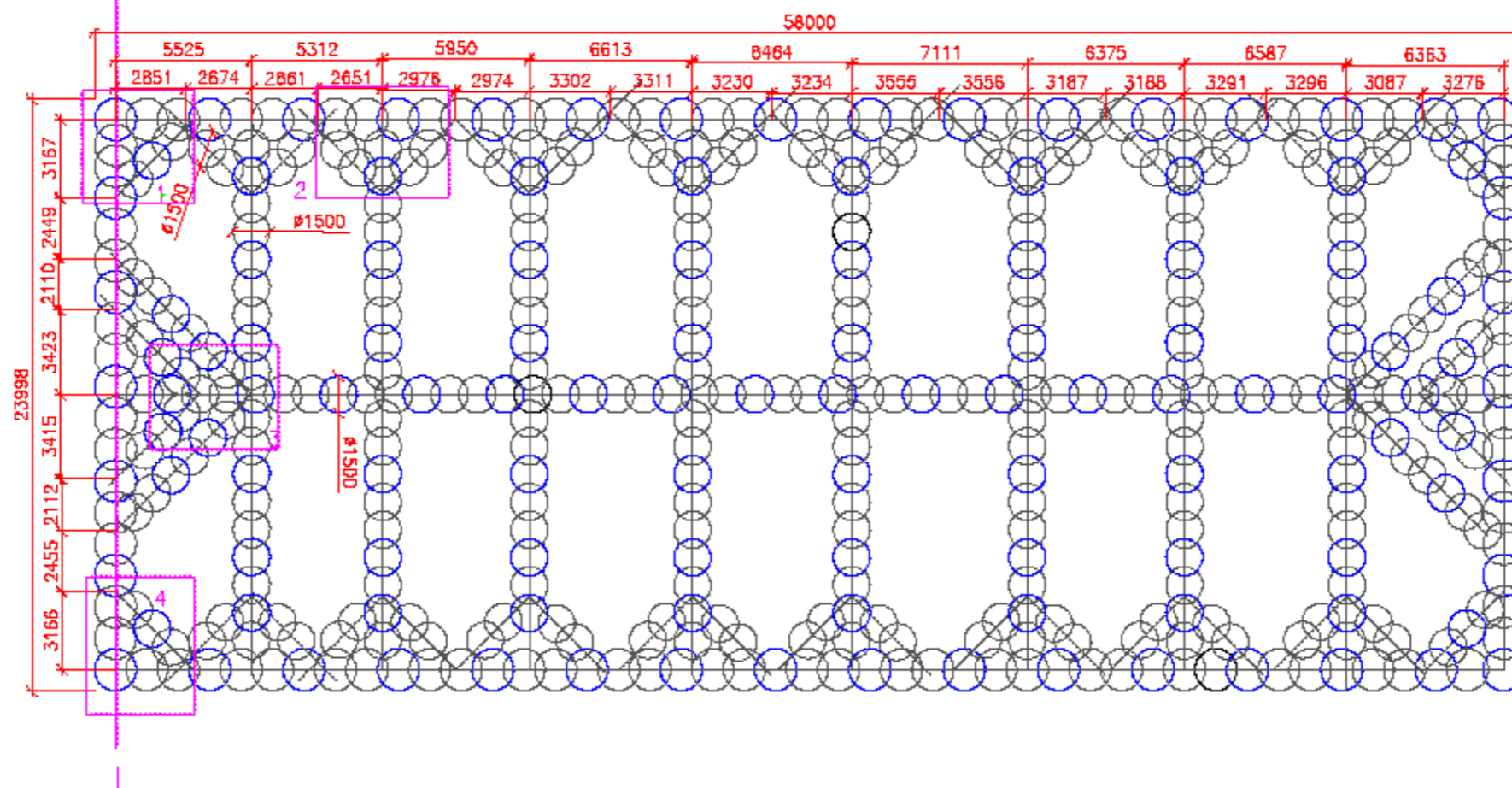
Vedlegg 14

Prinsippsnitt av byggegrop A-A



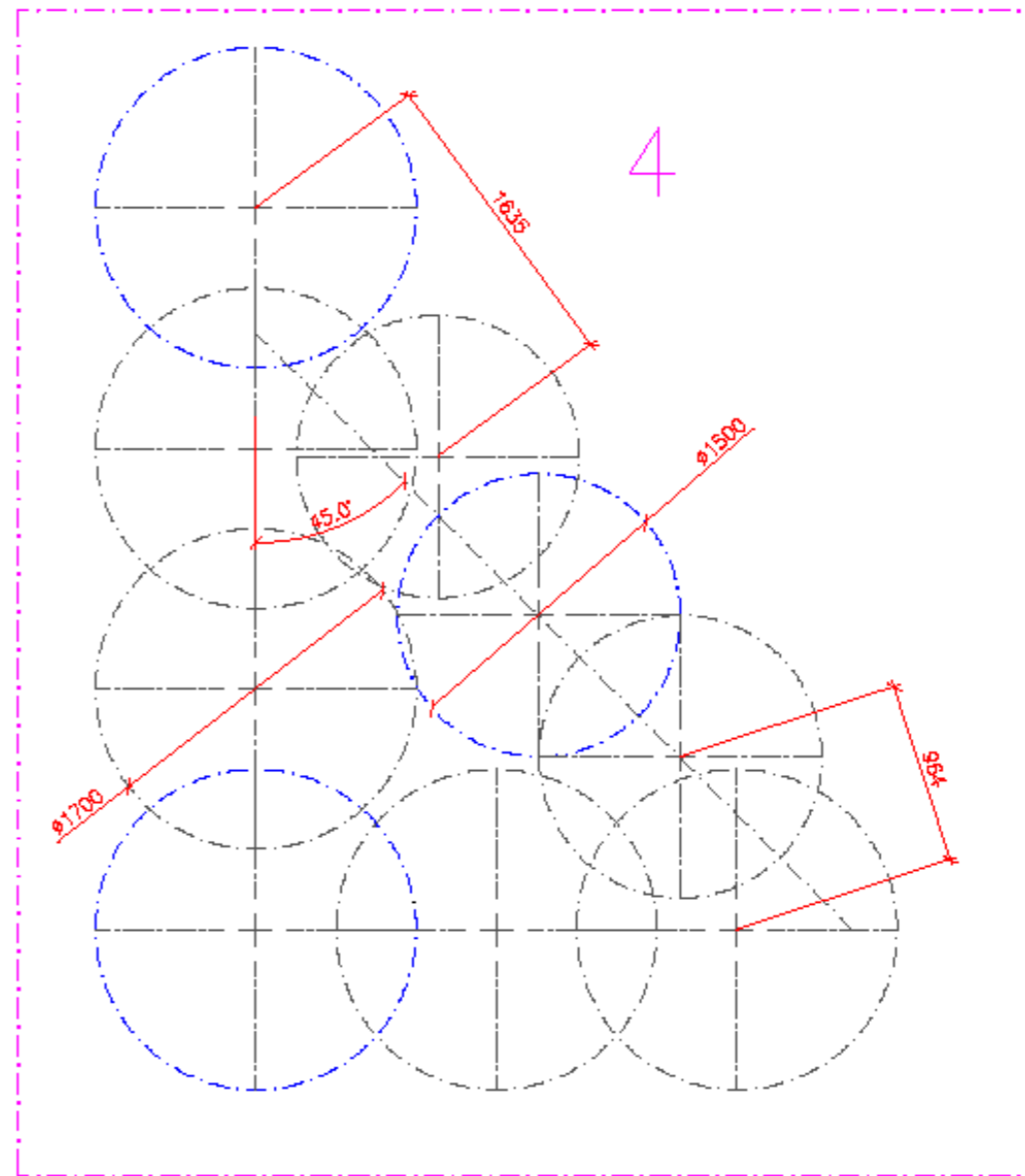
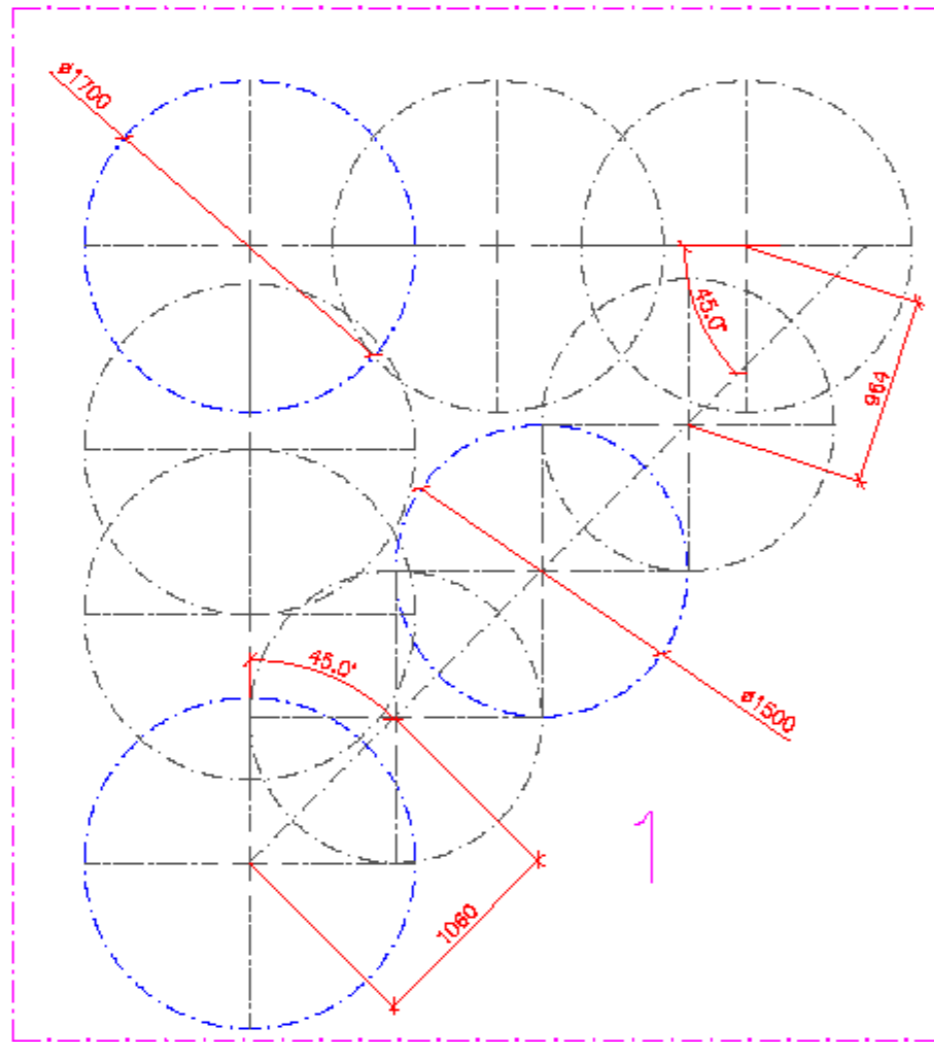
REV/ANT		REVIDERINGEN GJELDER		SIGN.	DATE
G.- OG B.NR:		MÅLESTOKK:	1:150		
TILTAKSHAVER:	NTNU i Ålesund	TEGNET DATE:	16.04.20		
ADRESSE:	breigata 10	TEGNET AV:	Seema Pandey		
TEGN. INNH:	detalje 1 og 4	UNDERSKRIFT:			
		pelekonstruksjoner breigata 10	TEGNINGENS NUMMER:		REV.

Vedlegg 15



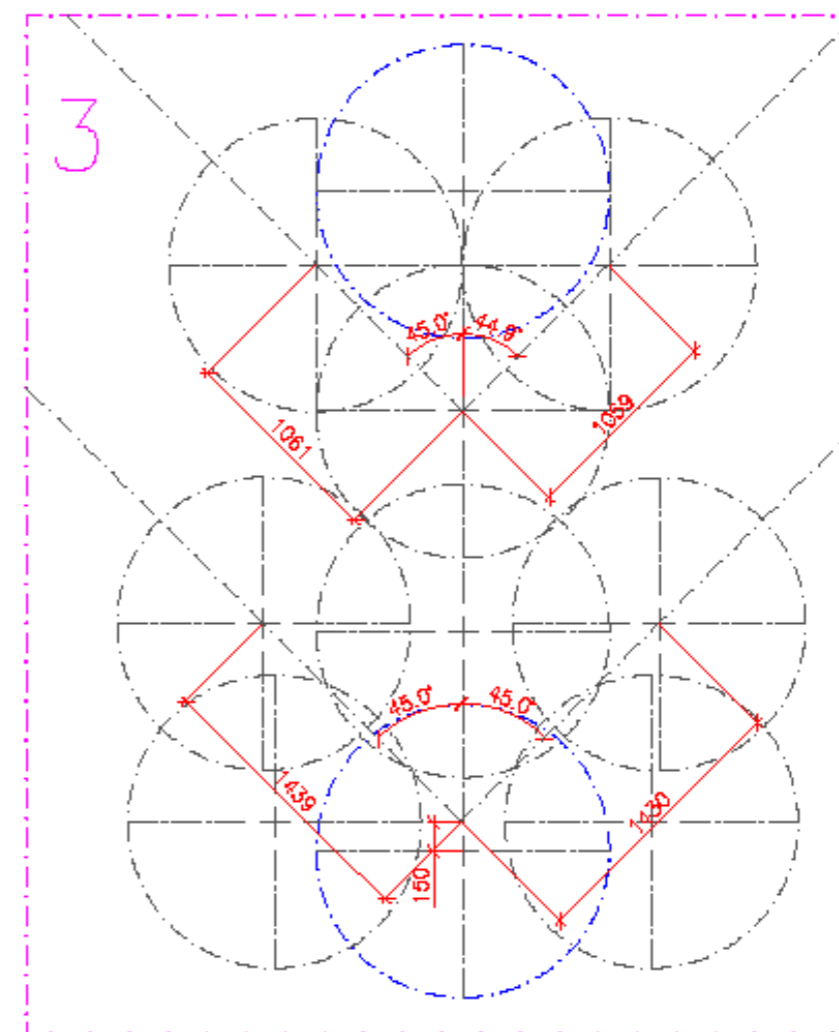
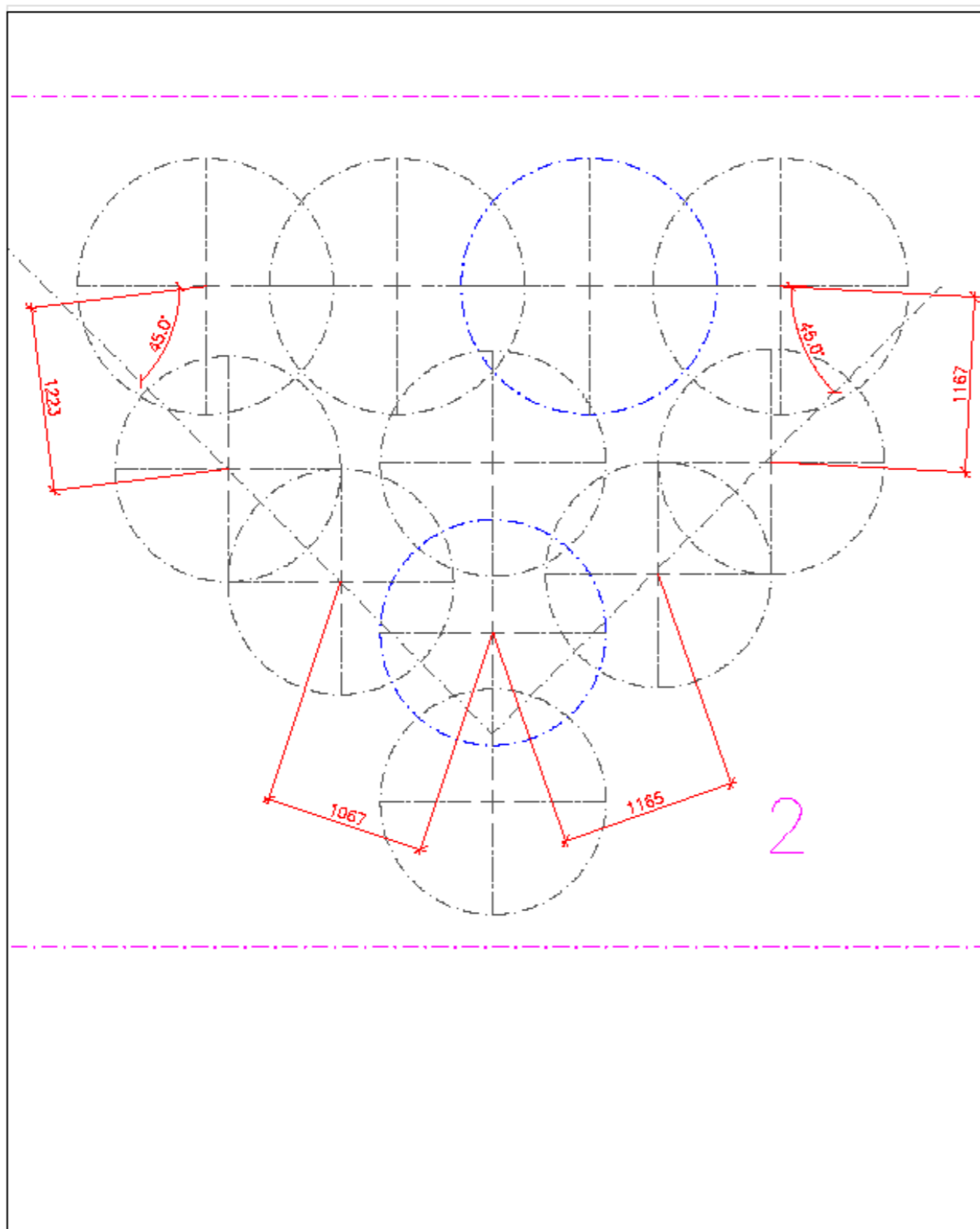
REV	ANT	REMDERINGEN GJELDER	SIGN.	DATO
		G.- OG B.NR:	MÅLESTOKK:	1:200
		TILTAKSHAVER: NTNU i Ålesund	TEGNET DATO:	16.04.20
		ADRESSE: Breigata 10	TEGNET AV:	Seema Pandey
		TEGN. INNH: Diameter 1,7	UNDERSKRIFT:	
		pelediameter 1,7m Breigata 10 tlf, faks, org.nr	TEGNINGENS NUMMER:	REV.
			1	

Vedlegg 16



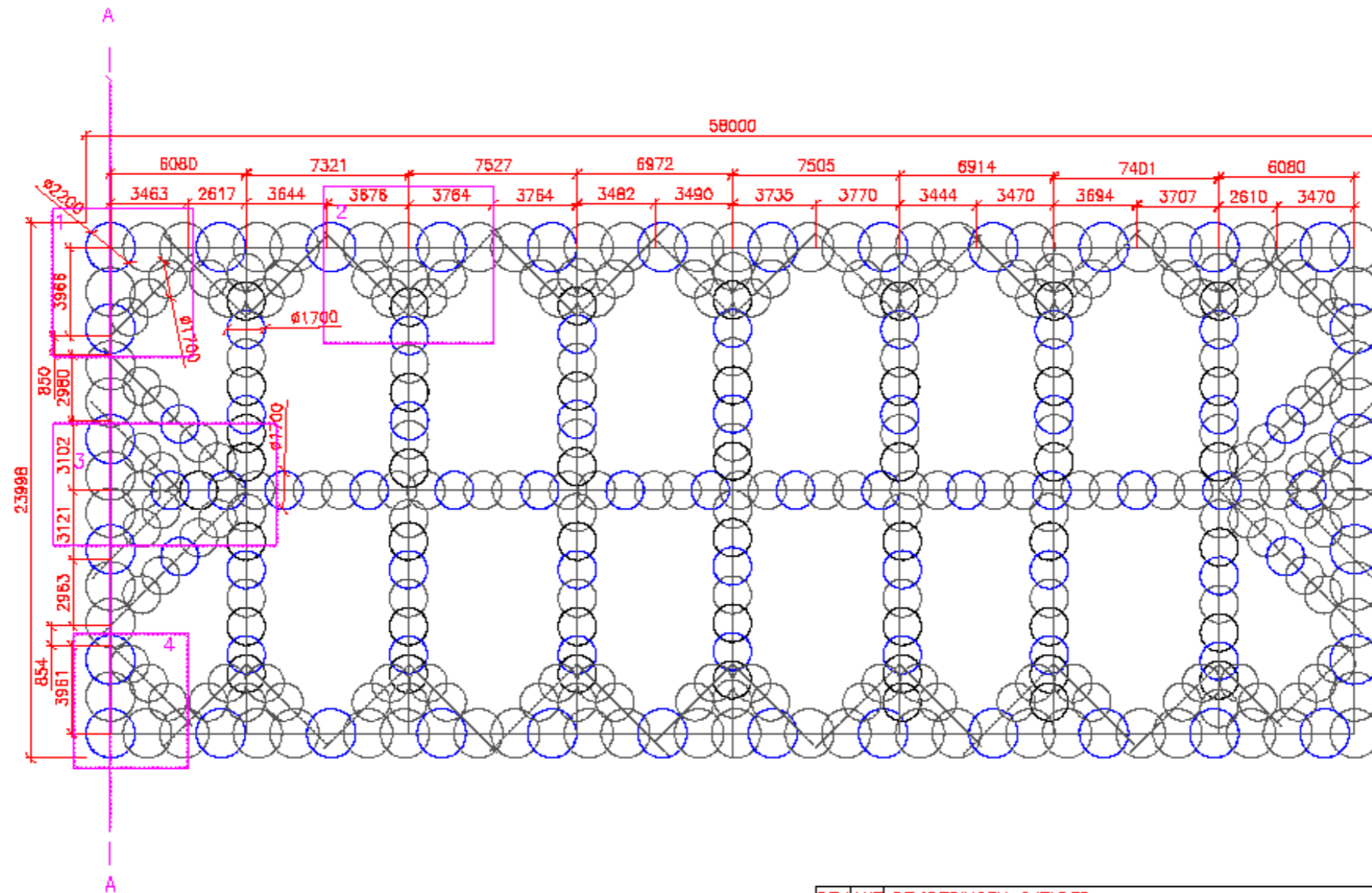
REV./ANT		RENDERINGEN GJELDER		SIGN.	DATO
G.- OG B.NR:		MÅLESTOKK:	1:30		
TILTAKSHAVER:	NTNU i Ålesund	TEGNET DATO:	18.04.20		
ADRESSE:	Breigata 10	TEGNET AV:	Seema Pandey		
TEGN. INNH:	detalje 1 og 4	UNDERSKRIFT:			
	pelediameter 1,7m Breigata 10	TEGNINGENS NUMMER:	2	REV.	

Vedlegg 17



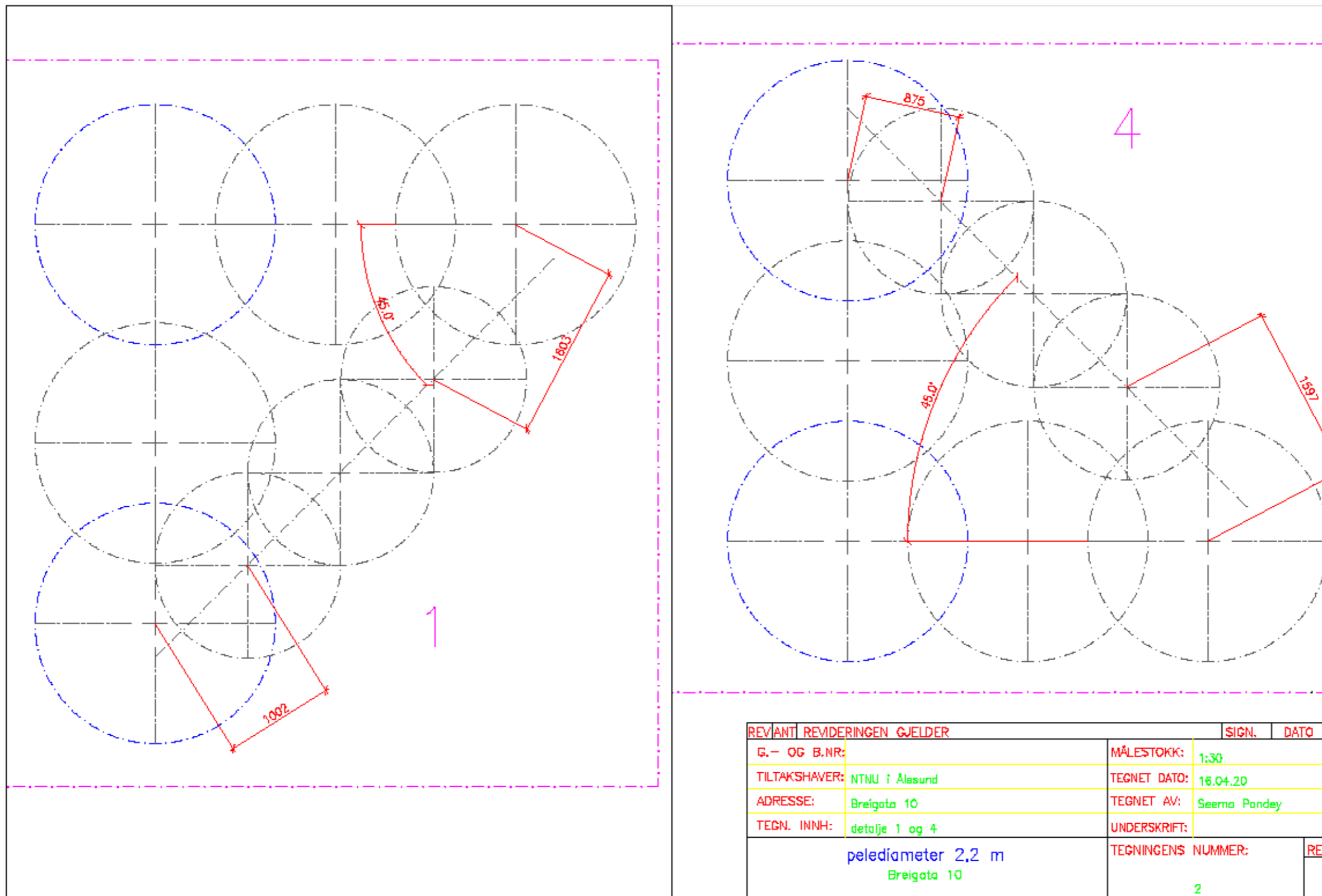
REV/ANT	REMDERINGEN GJELDER	SIGN.	DATE
G.- OG B.NR:		MÅLESTOKK:	1:30
TILTAKSHAVER:	NTNU i Ålesund	TEGNET DATO:	16.04.20
ADRESSE:	Breigata 10	TEGNET AV:	Seema Pandey
TEGN. INNH:	detalje 2 og 3	UNDERSKRIFT:	
	pelediameter 1,7m Breigata 10	TEGNINGENS NUMMER:	REV.
		3	

Vedlegg 18

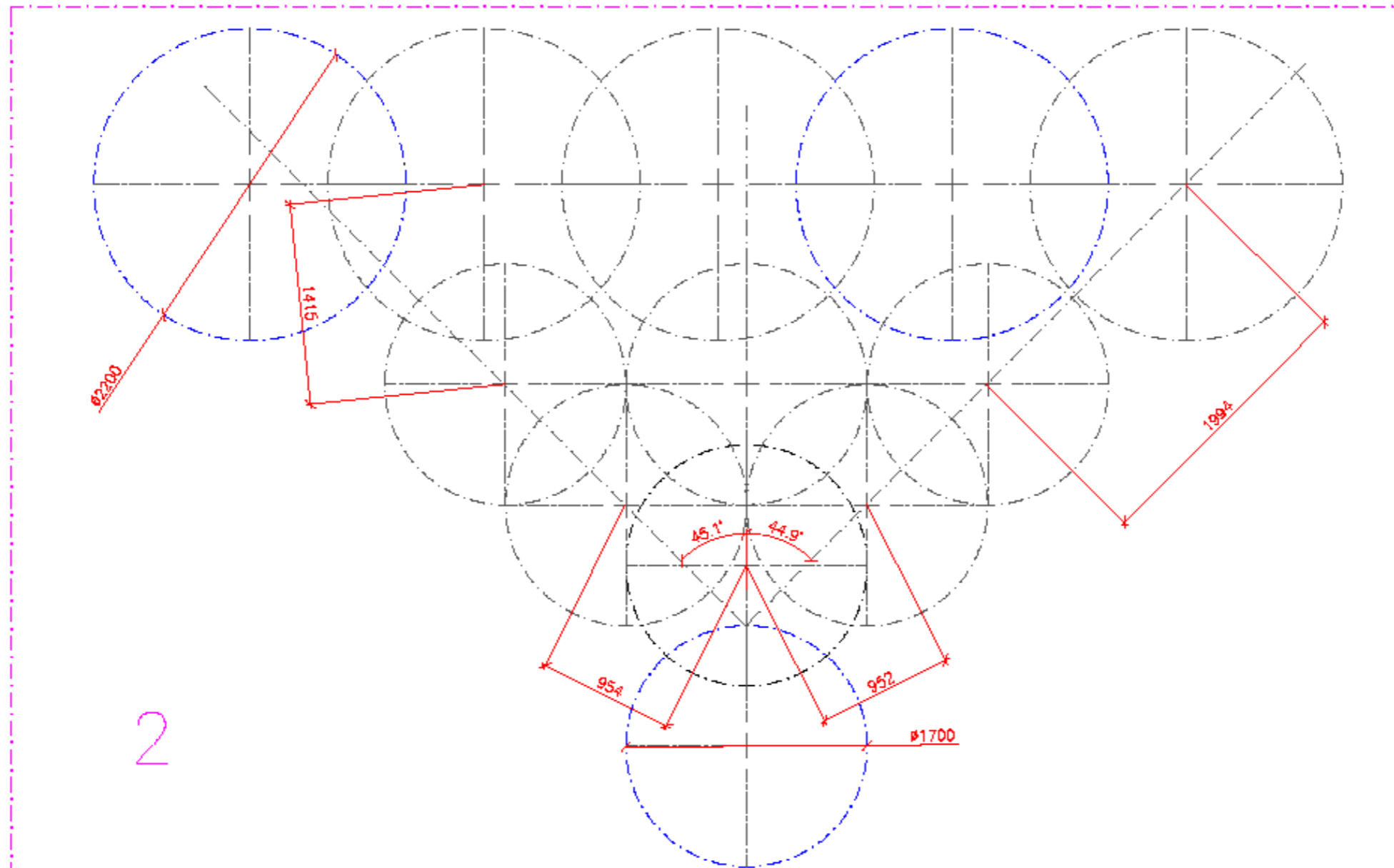


REV/ANT	REMDERINGEN GJELDER	SIGN.	DATA
G.- OG B.NR.:		MÅLESTOKK:	1:200
TILTAKSHAVER:	NTNU i Ålesund	TEGNET DATO:	16.04.20
ADRESSE:	Breigata 10	TEGNET AV:	Seema Pandey
TEGN. INNH:	diameter 2,2 m	UNDERSKRIFT:	
	pelediameter 2,2 m Breigata 10 tlf, faks, org.nr	TEGNINGENS NUMMER:	REV.
		1	

Vedlegg 19



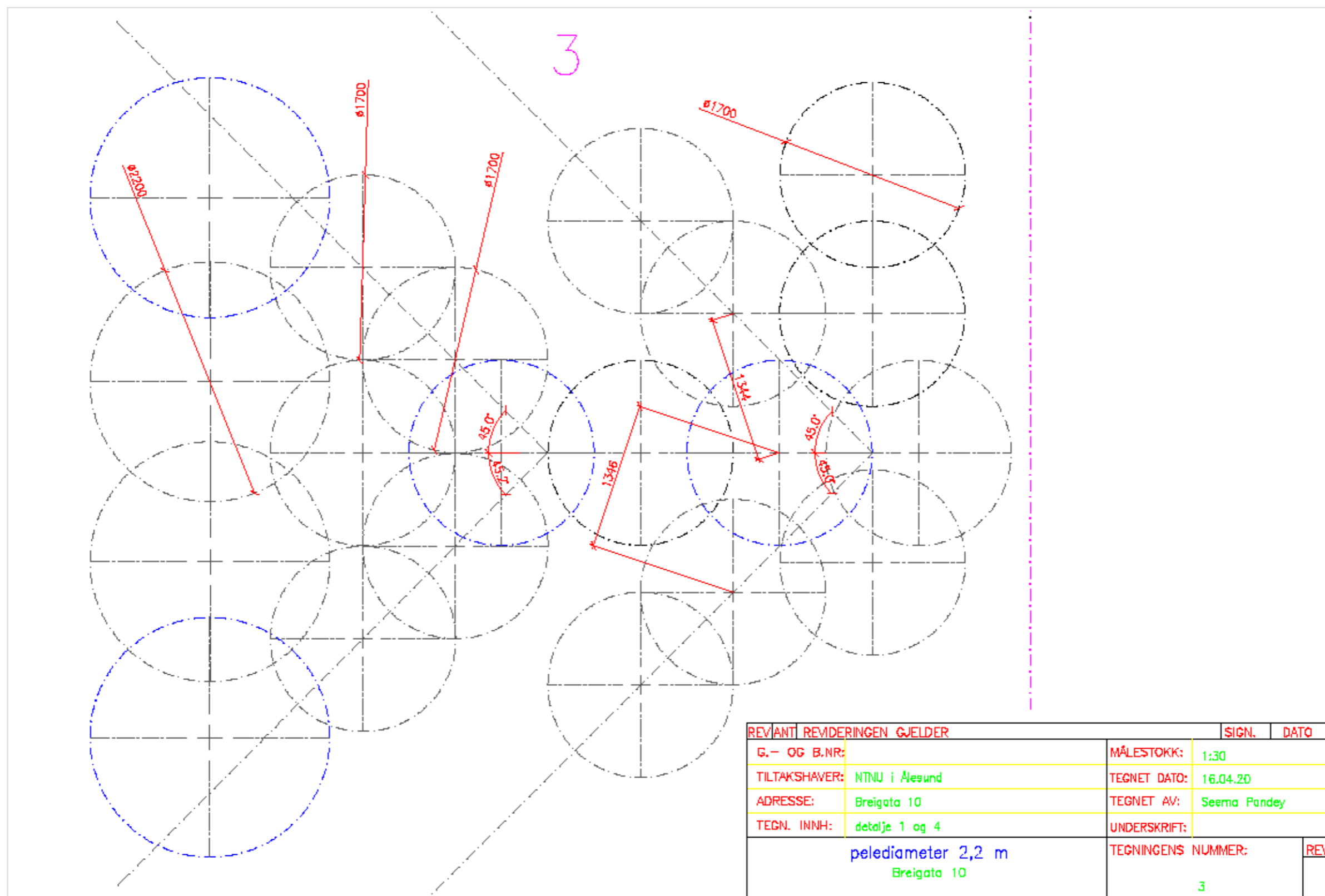
Vedlegg 20



2

REV	ANT	REVIDERINGEN GJELDER	SIGN.	DATO
G.- OG B.NR:		MÅLESTOKK:	1:30	
TILTAKSHAVER:		TEGNET DATO:	16.04.20	
ADRESSE:		TEGNET AV:	Seema Pandey	
TEGN. INNH:		UNDERSKRIFT:		
		pelediameter 2,2 m Breigata 10	TEGNINGENS NUMMER:	REV.
			4	

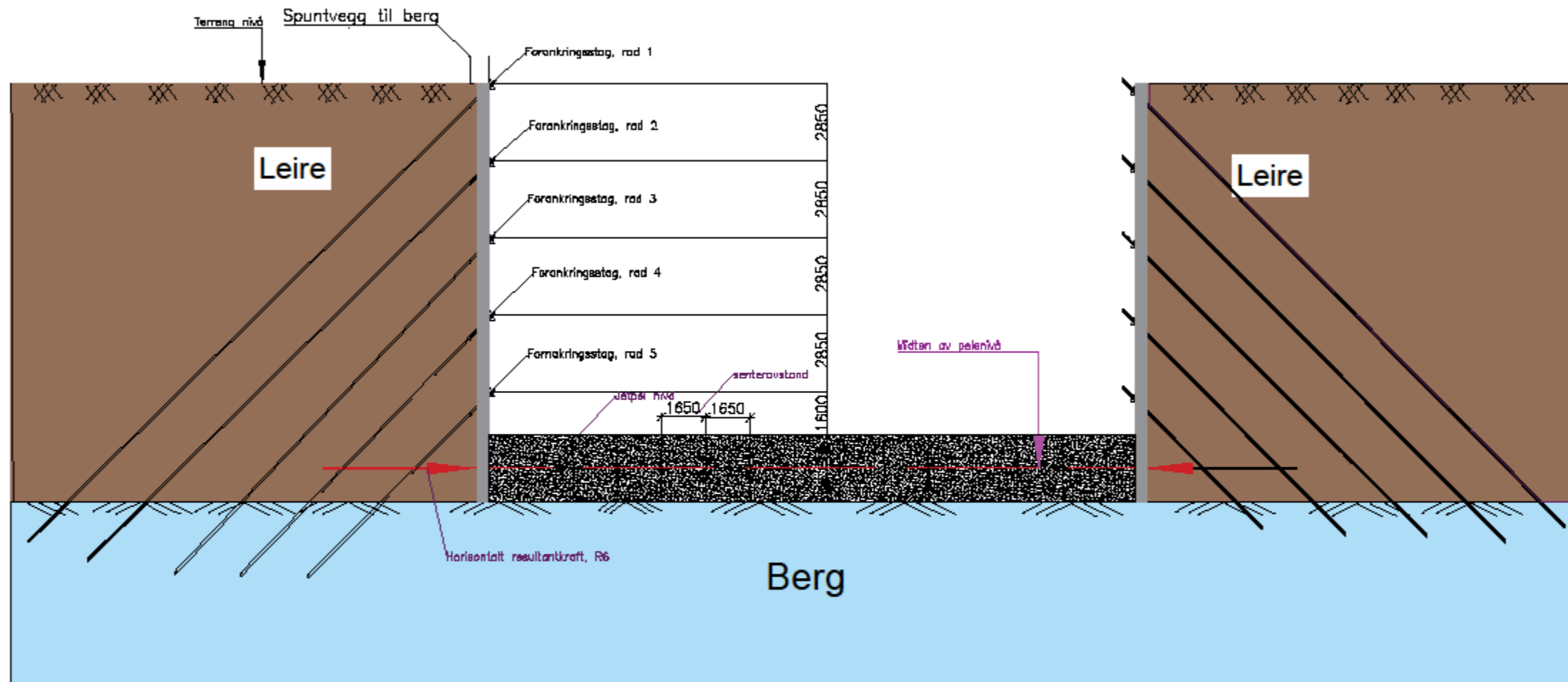
Vedlegg 21



REV. ANT. REVD. RINGEN GJELDER		SIGN.	DATO
G.- OG B.NR:		MÅLESTOKK:	1:30
TILTAKSHAVER:	NTNU i Ålesund	TEGNET DATO:	16.04.20
ADRESSE:	Breigata 10	TEGNET AV:	Seema Pandey
TEGN. INNH:	detalje 1 og 4	UNDERSKRIFT:	
pelediameter 2,2 m Breigata 10		TEGNINGENS NUMMER:	REV.
		3	

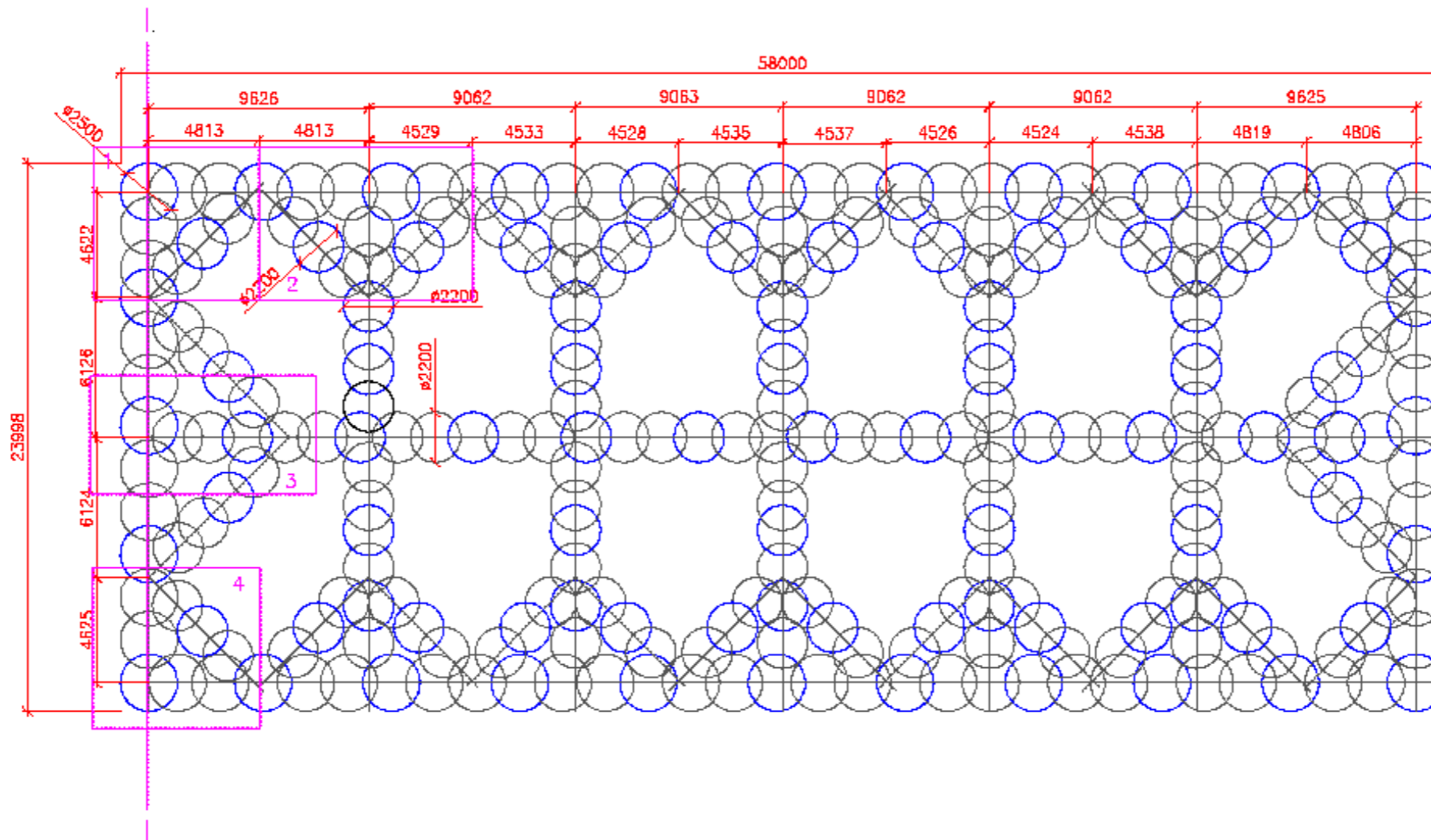
Vedlegg 22

Prinsippsnitt av byggegrop A-A



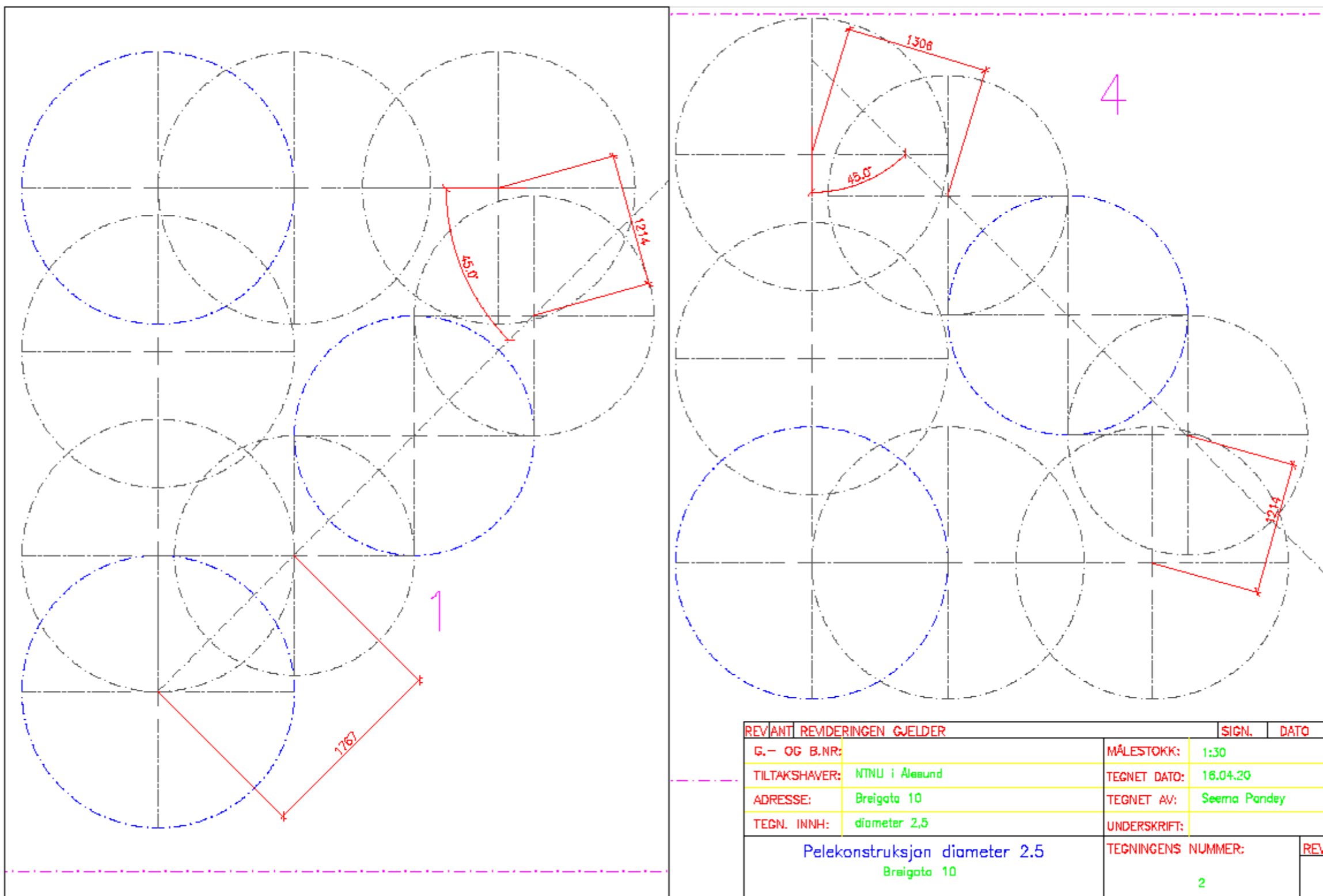
REV/ANT		REVIDERINGEN GJELDER		SIGN.	DATO
G. - OG B.NR:		MÅLESTOKK:	1:150		
TILTAKSHAVER:	NTNU i Ålesund	TEGNET DATO:	16.04.20		
ADRESSE:	Braigata 10	TEGNET AV:	Seema Pandey		
TEGN. INNH:	snitt A-A	UNDERSKRIFT:			
Pelediameter 1,0 m Braigata 10		TEGNINGENS NUMMER:	5		REV.

Vedlegg 23

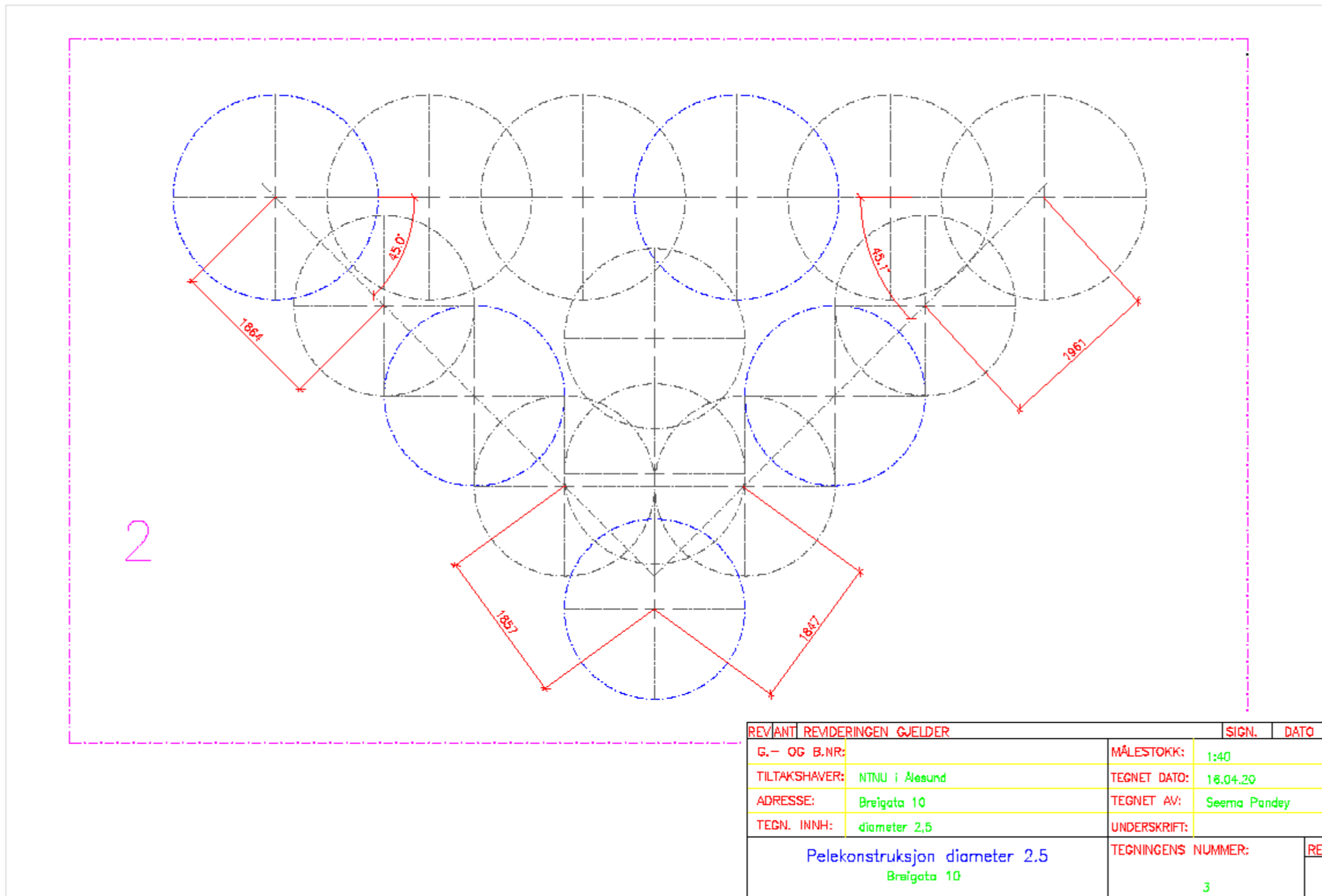


REV	ANT	REMDERINGEN GJELDER	SIGN.	DATO
G.- OG B.NR:			MÅLESTOKK:	1:200
TILTAKSHAVER:		NTNU i Ålesund	TEGNET DATO:	18.04.20
ADRESSE:		Breigata 10	TEGNET AV:	Seema Pandey
TEGN. INNH:		diameter 2,5	UNDERSKRIFT:	
		Pelekonstruksjon diameter 2.5 Breigata 10	TEGNINGENS NUMMER:	REV.
			1	

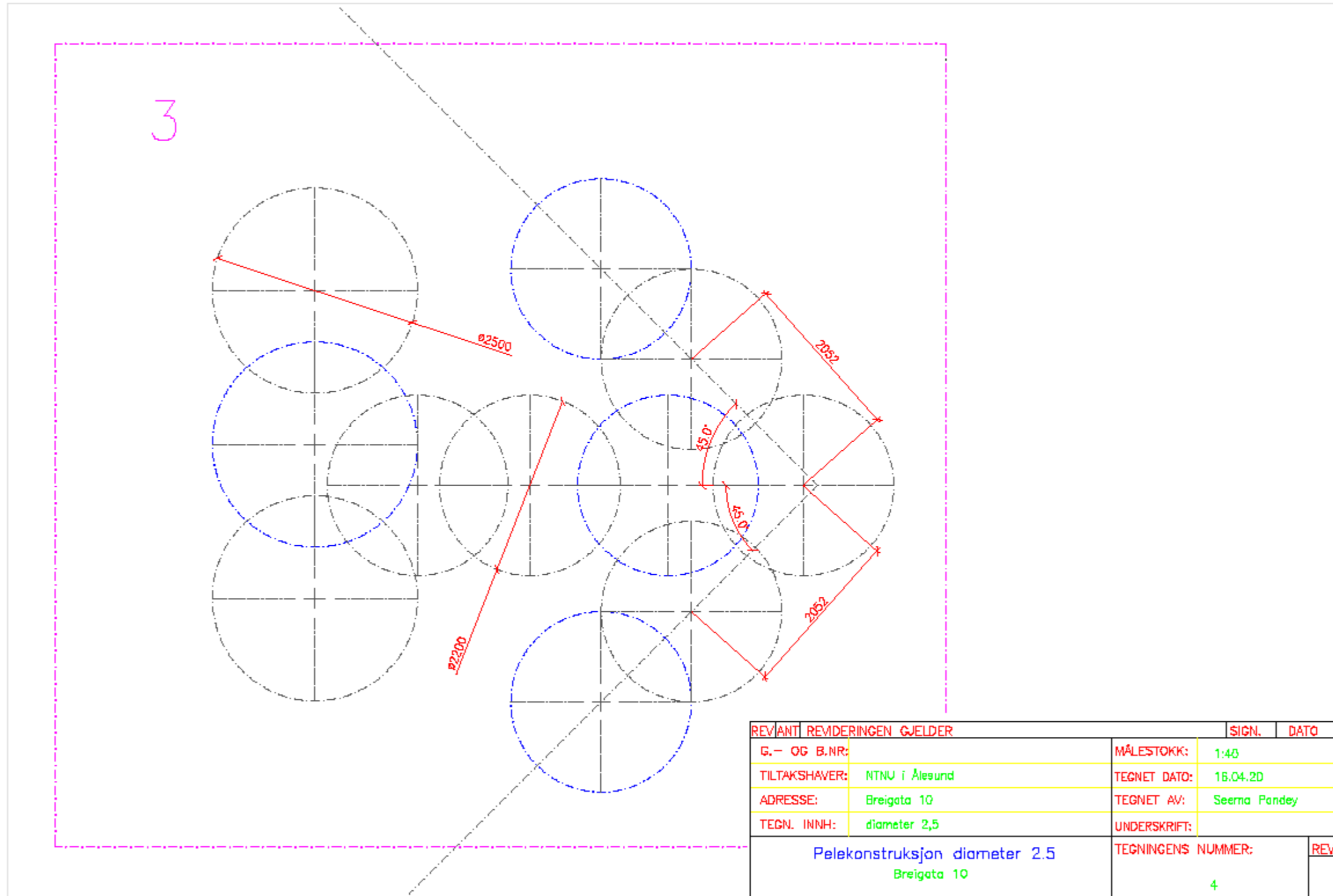
Vedlegg 24



Vedlegg 25

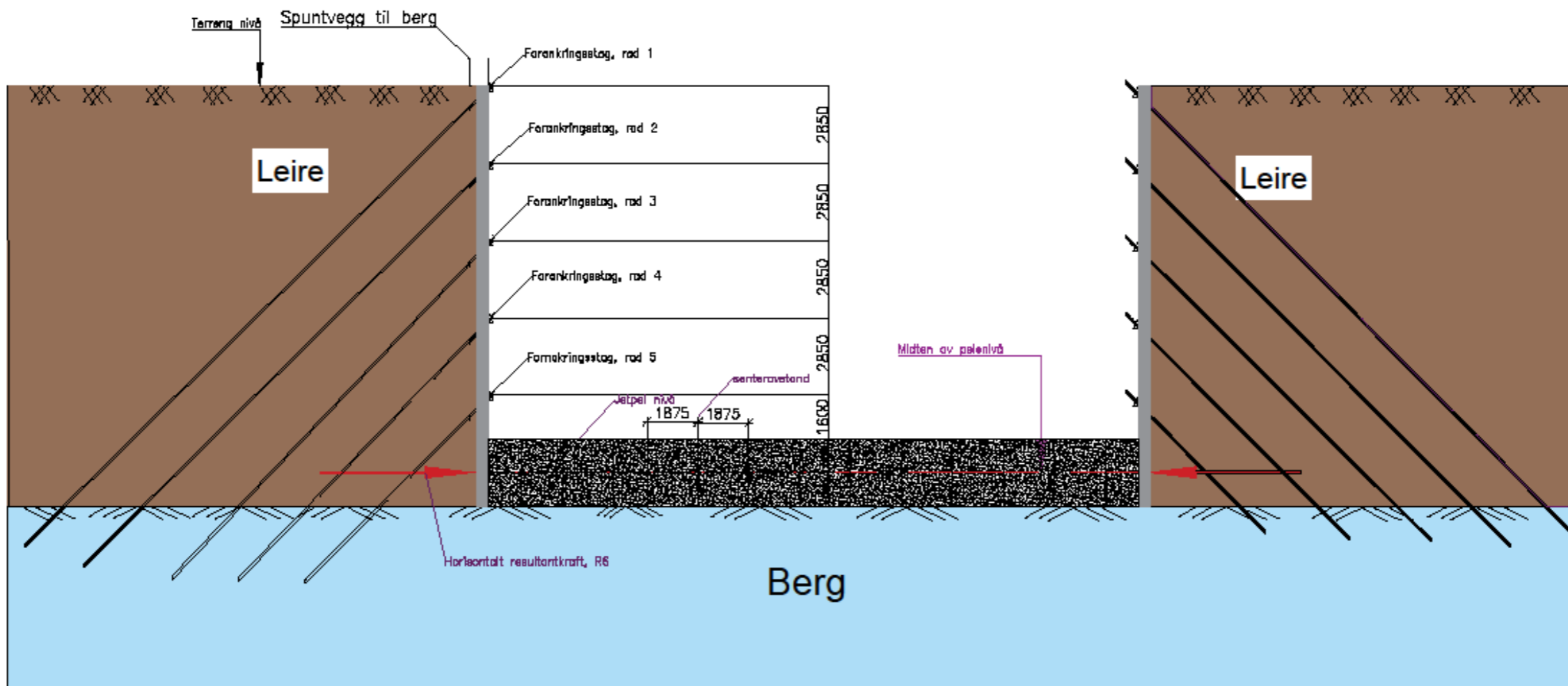


Vedlegg 26



Vedlegg 27

Prinsippsnitt av byggegrop A-A



REV/ANT		REVIDERINGEN GJELDER		SIGN.	DATO
G.- OG B.NR:		MÅLESTOKK:	1:150		
TILTAKSHAVER:	NTNU i Ålesund	TEGNET DATO:	16.04.20		
ADRESSE:	Breigata 10	TEGNET AV:	Seema Pandey		
TEGN. INNH:	snitt A-A	UNDERSKRIFT:			
		Pelediameter 1,0 m Breigata 10	TEGNINGENS NUMMER:		REV.
			5		

FORPROSJEKT RAPPORT

Forprosjekt - rapport

For bacheloroppgave

Tittel:

“Teknisk og økonomisk analyse om jordforsterkning av peler”

Teknisk økonomisk analyse for stabilisering av et område med kc peler sammenligne med jetpeler.

Kandidatnummer(e):

10037 og 10017

Dato:	emnekode: *	emne:	Dokument tilgang:
20.05.2020	IB303312	Bacheloroppgave (Bygg)	- Åpen
Revisjon			
Studium:		Ant sider/Vedlegg: 2	Bibl. nr:

Bygg - konstruksjon	15/2	- Ikke i bruk -
---------------------	------	-----------------

Oppdragsgiver(e)

Jetgrunn AS

Kontakt person 1: Hassan Ali

Kontakt person 2: Lars Ø. Hoksrud

Veileder(e) NTNU i Ålesund

Kristian Normann

INNHOOLD

1 INNLEDNING.....	4
2 BEGREPER.....	4-5
3 PROSJEKTORGANISASJON.....	5-6
3.1 Prosjektgruppe.....	5
3.2 Styringsgruppe (veileder og kontaktperson oppdragsgiver)	5-6
4 AVTALER.....	6-7
4.1 Avtale med oppdragsgiver.....	6
4.2 Arbeidssted og ressurser.....	6
4.3 Gruppenormer – samarbeidsregler – holdninger.....	7
5 PROSJEKTBEKRIVELSE.....	7-10
5.1 Problemstilling - målsetting - hensikt.....	7
5.2 Krav til løsning eller prosjekresultat – spesifikasjon.....	7
5.3 Planlagt framgangsmåte(r) for utviklingsarbeidet – metode(r).....	7-8
5.4 Informasjonsinnsamling – utført og planlagt.....	8
5.5 Vurdering – analyse av risiko.....	8
5.6 Begrensning arbeidsomfang	8
5.7 Hovedaktiviteter i videre arbeid	9
5.8 Tidsfrister til framdriftsrapport	10
5.7 Framdriftsplan – styring av prosjektet.....	10
5.7.1 Intern kontroll – evaluering	10
6 DOKUMENTASJON.....	11
6.1 Rapporter og tekniske dokumenter.....	11
7 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER.....	11
7.1 Møter.....	11
8 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING.....	11

9 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING.....	11-12
10 REFERANSER.....	12
VEDLEGG.....	13-15

1 INNLEDNING – SAMMENDRAG

Gjennom vår avsluttende oppgave som bachelorstudenter skal vi fordype oss innenfor fundamentering. I dette fagområdet har vi valgt å sammenligne to ulike typer pelar. Formålet er å komme fram med en teknisk økonomisk analyse for stabilisering av et byggegrep med jetpeler sammenlignet med KC-peler (kalksementpeler). Hensikten er for å komme fram med en best mulig prissammenligning mellom disse to peletypene. Det går ut på at vi må undersøke på ulike pelelengder i diameter, trykkfasthet til jetpeler og KC-peler. Deretter finne ut hva som er gunstig i henhold til prisen per løpemeter.

Denne oppgaven skal skrives i samarbeid med Jetgrunn AS med Hassan Ali og Lars Hoksrud som faglig kontaktpersoner. Oppgaven skal være en teoretisk og eksperimentell studie som handler om jordforsterkning ved hjelp av peler. Vi skal ta for oss et prosjekt som går ut på jordforsterkning av en byggegrep som skal bli til en parkeringskjeller på Breigata i Oslo. Den planlagte byggegropa vil dekke et areal på 24m * 58m, og har en dybde på ca.14m. Rundt byggegropen skal det rammes med spunt til fjell som blir stagforankret. Undergraving av gulv og fundamenter medfører at løsmassene raser ut og over tid slakes ned. Dette gir setninger på terreng og deformasjoner på konstruksjonen. Det er ønskelig med en løsning som reduserer setningene på nabobyggene, og samtidig gir muligheten for mest mulig utnyttelse av tomten, er jetpeler vurdert til å være en aktuell løsning.

Jetinjisering er teknikk som er veletablert rundt om i verden i dag. Teknikkene brukes stort sett til forbedring av jordmaterialenes mekaniske egenskaper. Avhengig av jordart og jordmaterialer, kan man oppnå nokså høye trykkfastheter i det ferdige produktet. En jetpel er en betongpel støpt under bakken uten noe behov for tradisjonell utgraving. Jetpeler lages med en teknikk kalt jetinjisering eller jetgrouting. Teknikken går ut på at ved hjelp av et roterende høytrykk stråle bryter ned jordas struktur. Dette gjøres ved å føre ned en monitor under bakken i ønsket nivå. Monitoren består av en borekrone og flere dyser for å bryte ned jordas struktur, samtidig som man enten erstatter løsmassene eller blander oppløst jordmaterialer med sementbasert bindemidler. Det finnes to metoder å lage jetpel på. Den ene betegnes som "in-situ" og den andre som "geobetong".

Kalksementpeler brukes også til å forbedre bæreevne og stabilitet i bløt og sensitive jordmaterialer, men kun inntil dybden 25-30 meter. Jordmaterialene får mye større skjærfasthet og stivhet enn opprinnelig av at kalk og sement reagerer kjemisk med jordpartiklene. Disse pelene lages av en beltegående rigg med boreutstyr. Rigger som er utstyrt med blandevertøy og roterende vips bores ned til ønsket dybde under jorda. Deretter blåses kalksement ut i jordmassen gjennom en dyse ved hjelp av en trykkluft samtidig som vispen roterer og trekkes opp. Vi skal drøfte mer om metodene for å lage jetpel og kalksementpel senere i hovedrapporten.

2 BEGREPER

- Jetpel er en sylindrisk pel som er støpt ut direkte i bakken uten behov for utgraving.
- KC-pel også er en sylindrisk pel som er støpt ut direkte i bakken uten behov for utgraving. KC-peler brukes til å få bedre stabilitet og bæreevne. Det er et setningsreducerende tiltak som forsterker fundamentet i byggegropa. KC-pel kan gå 25-30 meter dyb.
- Fasthet i jorda: Jordstabilisering er en metode som øker fasthet undergrunnen slik at bæreevne til en konstruksjon blir bedre. En stabilt byggegropa kan bidra til en stabil konstruksjon. Mengde bindingsmiddel og jordartens egenskaper har stor betydning på fastheten i det stabiliserte jordlaget.
- Fundamentering: Vi trenger å overføre vekten av bygget og andre belastninger til jorda for en stabil konstruksjon. Jordets egenskaper hvor vi skal bygget har veldig mye å si om stabilitet. For å unngå deformasjon på grunn av ustabil jord bruker vi jetpeler/KC-peler.
- Jordmaterialer: Jordmaterialer handler om hva slags jordarten det er på grunnen. Det kan være, sand, grus, leire, morene, steinfylling etc.
- Jetinjisering: Jetinjisering er en effektiv metode hvor ved hjelp av høyhastighets væske stråler konstruerer vi jetpeler for å tette jord mellom fjell og underkant spunt
- Langsiktig og kortsiktig kostnader: vedlikeholdskostnad for å pele konstruksjon og vedlikehold den trenger i framtida.
- Returmasser: Returmasse består av overskuddsmassene for eksempel jord, vann, noe sement og kalk. Returmasse som er blandet med sement og jord må håndteres slik at det er ikke skade til mennesker, dyr

eller planter, den må transporteres over i containere, trommelbiler og til godkjent deponi. Den som er ikke blandet med sement eller kalk kan transporteres, men er ikke krav om å levere disse massene til godkjent deponi.

3 PROSJEKTORGANISASJON

3.1 Prosjektgruppe

Navn	Adresse	Tlf/mobil	e-post
Mary Yuk Lam	Kirkegata 1b, 6004 Ålesund	92 42 75 53	maryyl@stud.ntnu.no
Seema Pandey	Øvre strandgata 17A, 6005 Ålesund	+47- 91761759	seemap@stud.ntnu.no

Styringsgruppe (veiledere, kontaktpersoner og oppdragsgiver)

Veileder: Kristian Normann, NTNU i Ålesund
Kontaktperson av oppdragsgiver: Hassan Ali
Ansvarlig oppdragsgiver: Lars Ø. Hoksrud

Navn	Adresse	Tlf/mobil	e-post
Kristian Normann	NTNU i Ålesund	94 49 94 45	kristian.normann@ntnu.no
Hassan Ali	Jetgrunn AS	96 68 21 08	ha@jetgrunn.no
Lars Ø. Hoksrud	Jetgrunn AS	91 33 98 36	lhoksrud@jetgrunn.no

3.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen - organisering

- Teorigrunnlag
- Dimensjonering basert på teorigrunnlaget
- Økonomisk teknisk analyse
- Sammenligne jetpel og kalksementpel
- Bruk av digitale verktøy som geogebra, AutoCAD, og EUROCODEExpress

3.1.2 Oppgaver for prosjektgruppen

- Bestem milepæl
- Passe på å oppnå bestemte milepæl
- Være tydelig på hva som er et beløtningspunkt
- Levere regelmessig framdriftsrapport, hver 14. dag, regnes f.o.m 15.januar 2020
- Formulere oppgave for å oppnå best til problemstillingen.

3.1.4 Oppgaver for øvrige medlem(mer)

Kommunikasjon

- Avtale tidspunkt for å kunne jobbe i lag.
- Gi beskjed når man er forhindret for å møte opp.
- Være produktive og fleksibel med tid og arbeidsomfang.
- Ha oversikt over hva hverandre jobber med.
- Les gjennom hverandres arbeid og konstant gi hverandre tilbakemelding

4 AVTALER

4.1 Avtale med oppdragsgiver

Avtale mellom oppdragsgiver (Jetgrunn AS), studenter og NTNU i Ålesund.

4.2 Arbeidssted og ressurser

Jetgrunn AS har hovedkontor i Skien og på grunn av avstand vi har ikke fått tilgang til kontoret, men vi har fått tilgang til arbeidsplass for å se på prosessen. Som veileder har Hassan Ali ansvar for å svare på våre spørsmål og hjelpe oss å forstå oppgaven. Vi har avtalte med å bruke teams, og epost som kommunikasjons plattform. For å ha god kontroll over prosjektet har vi avtale med å skrive fremdriftsrapport hver 14. dager.

4.3 Gruppenormer – samarbeidsregler – holdninger

- Kommunikasjon mellom gruppemedlemmer er veldig viktig for å komme fram til et bra resultat og alle medlemmer har kommet til en avtale å møte opp hver dag fra kl 9:00- 16:00 for å jobbe i lag.
- Prate rolig med hverandre selvom man er under en stressende situasjon.
- Det kan ofte ta tid å komme fram til en løsning når man kommer opp mot et problem dermed må alle deltakerne ta hensyn og vise tålmodighet.
- Lytte på hverandres ideer, gi tilbakemelding og finn ut om ideen er aktuell for bacheloroppgaven.
- Gi beskjed, begrunne og forklare når en sak som må tas opp. Kan både være skriftlig eller muntlig.

5 PROSJEKTBEKRIVELSE

5.1 Problemstilling - målsetting - hensikt

Hensikten med prosjektet er teknisk økonomisk analyse for stabilisering av et område med Kc-peler sammenligne med jetpeler. Vi skal analysere ulike pelelengder, diameter, trykkfasthet til KC-peler og jetpeler for å finne ut hvilken er best i henhold til prisen, kvalitet og vedlikehold. Vi skal beregne på hånd og kontrollere ved hjelp av Eurocodeexpress.

Problemstilling: Analyser ulike pelelengder, diameter, trykkfasthet til KC peler og jetpeler. Hva er optimalt i henhold til prisen per løpemeter?

Målesetting

- Vi skal utføre statiske beregninger på hånd og kontrollere dette ved hjelp av EurocodeExpress for å bestemme til slutt:
 - Pele lengde
 - Diameter
- Økonomisk analyse blir en sannsynlighets vurdering av:
 - Kostnad til mengde materialer
 - Tidsbruk for å utføre jobben
 - Årskostnad
 - Sammenlign jet peler og KC- Peler
 - Geogebra og Autocad skal brukes for digitale tegninger.

5.2 Krav til løsning eller prosjektresultat – spesifikasjon

- Beregne flere løsninger basert på pelelengder, diameter og trykkfasthet
- Vår løsning må være økonomisk forsvarlige
- Vi skal bruke løsning med minst mulig forurensing.
- Komme frem til en aktuell kostnad.
- Vår løsning skal være gjennomførbar

5.3 Planlagt framgangsmåte(r) for utviklingsarbeidet – metode(r)

- Vi må først ha en generelt teoretisk forståelse på
 - hva jet pel og KC-pel handler om.
 - Prinsipp ved installasjon av kalksementpeler og jetpeler
 - Hvorfor er det gunstig å stabilisere jord på valgt måte.
 - Fordeler og ulemper med disse pelene.
 - Utstyr
 - Installasjon og installasjonstid
 - Returmasser
- Lab undersøkelse på trykkfasthet: ble ikke utført på grunn av COVID-19
- Dimensjonering
 - EUROCODEExpress
 - Håndberegning
 - Geogebra
- Pris og kvalitet analyse
- Sammenligne Jetpeler og KC-peler

- Komme fram til en konklusjon.

5.4 Informasjonsinnsamling – utført og planlagt

- Vi har plantegning som viser rammekonstruksjon av p-kjeller prosjektet i Breigata 10.
- Vi har delvis samlet litteraturliste.

5.5 Vurdering – analyse av risiko

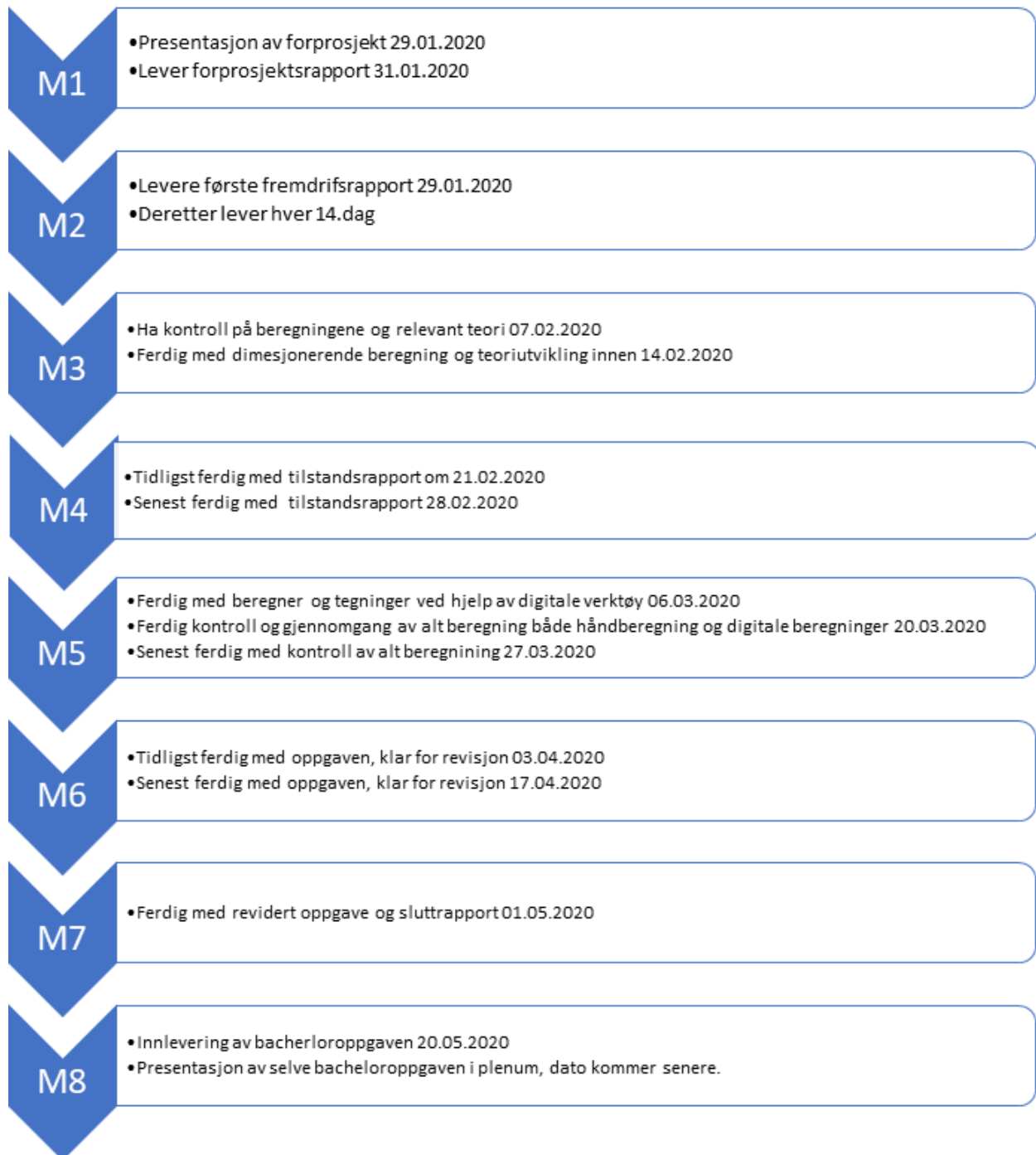
- Det er en stor risiko for å ikke ha nok tid for å få et bra resultat
- Misforståelse av oppgaven:
- Ikke nok ressurser, KC- pele er ikke blitt brukt i Norge veldig mye, det er vanskelig å finne informasjon om dette.
- Feilberegning: for å unngå feil beregninger skal vi kontrollere våre håndberegninger ved hjelp av eurocode express.
- Trussel mot suksess kan være sykdom og personlige problemer som kan hindre/distrahere hovedfokus bort fra bacheloroppgaven
- Det kan være vanskelig å komme frem til ønsket resultat.

5.6 Begrensning arbeidsomfang

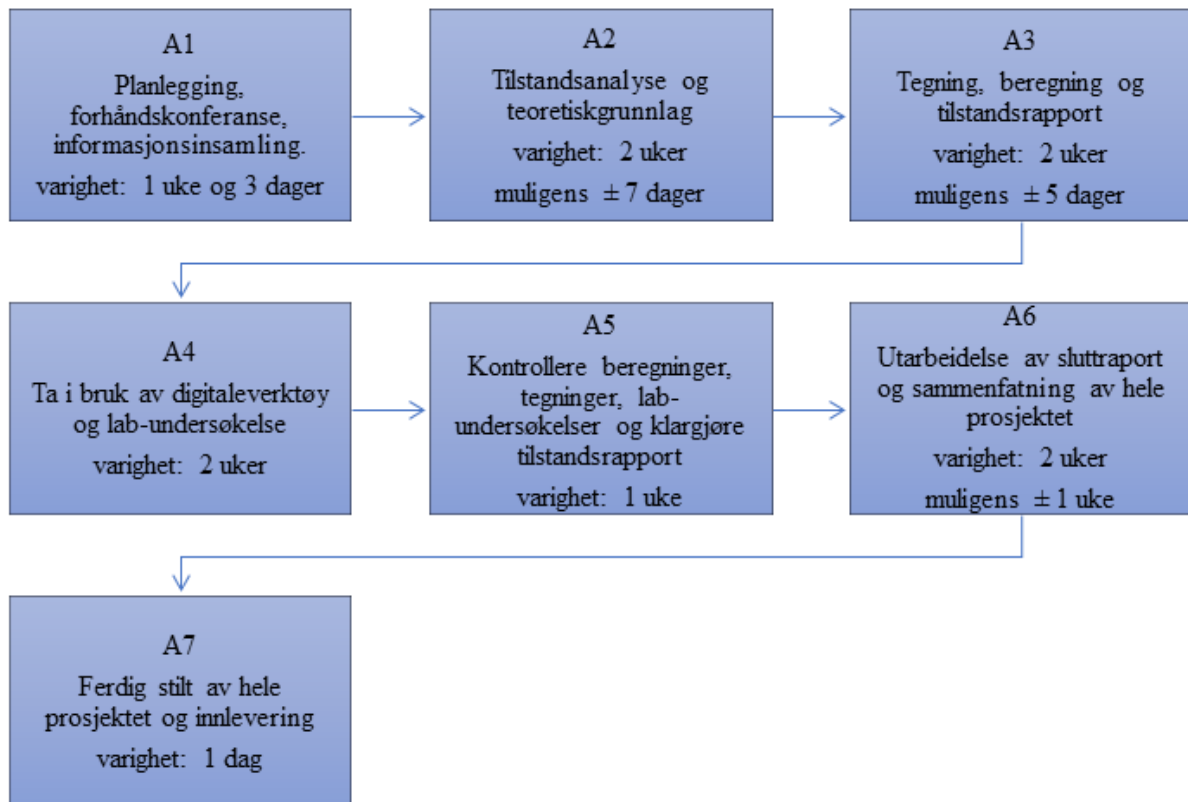
Tema	Viktig	Middels viktig	Urelevant
Beregninger	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensjonering ved hjelp av statiske beregninger • Håndberegninger • Kontroll ved hjelp av EurokodeExpress 	<ul style="list-style-type: none"> • Teoretisk data/tall resultat av jordart tas direkte fra standard. 	<ul style="list-style-type: none"> • Selve geotekniske, tilsvarende beregninger • Dimensjonering av bygget ovenfor p.kjeller.
Kostnad (Sannsynlighets vurdering)	<ul style="list-style-type: none"> • Koble teknisk beregninger med økonomisk beregninger 		<ul style="list-style-type: none"> • Bestemme konkretet bygge kostnad • Kjennskap om pris • Studentene har ingen erfaring(arbeids) om pris.
Tegninger	<ul style="list-style-type: none"> • Autocad • EurokodeExpress (statisk tegninger) • Geogebra 		
Lab undersøkelser		<ul style="list-style-type: none"> • Be om lab-resultat med oppdragsgiver 	<ul style="list-style-type: none"> • Studenter kan ikke utføre lab undersøkelse.- (COVID- 19)

5,7 Hovedaktiviteter i videre arbeid

Milepælsplan - Fremdriftsplan - styring av prosjektet



5.9 Fremdriftsplanen og styring av prosjektet



5.9.1 Intern kontroll – evaluering

Det er forventet av deltakerne i prosjektet at skal bidra til å solid kvalitetssikring. Det vil si under løpende aktiviteter skal varigheten følge målrettet etter planlagt milepælsplan og blir ferdig innen oppsatt tidsfrist. I tillegg har ethvert gruppemedlem ansvar å lese gjennom sitt utførte arbeid, sjekke og kontrollere om feil, samtidig ha oversikt over hverandres arbeid gjennom hele løpet. Hver av deltakerne i gruppen har ansvar å gi beskjed, tilbakemelding og kommentere på arbeidet som har blitt gjort i prosjektet. Får å ivareta god intern kvalitetskontroll skal torsdager brukes til felles gjennomgang av hverandres arbeid innad i gruppen. Vi vil bruke både interne og eksterne veiledere for kvalitetssikring hver 14.dag når fremdriftsrapporten skal leveres.

Målet er nådd, når alle deltaker i gruppen er tilfreds med resultatet, og etter at veilederne har gitt godkjent.

6 DOKUMENTASJON

6.1 Rapporter og tekniske dokumenter

- En fremdrift rapport skal leveres til veileder hver 14. dag i prosjektperioden.
- Vi skal også skrive en uke logg på målene våre og hvis vi ha oppnådd de målene.
- Vi skal utarbeide en fremgangsmåte på hvordan vår bacheloroppgave skal utføres

7 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER

7.1 Møter

Møte med intern veileder

1. 20.01.2020
2. 28.01.2020
3. 06.02.2020
4. 10.02.2020

Møte og befaring med Jetgrunn

1. 17.03.2020 (muligens får en annen dato)- ingen befaring på grunn av COVID-19

7.1.1 Møter med styringsgruppen

- Vi har planlagt møte med Jetgrunn AS annenhver uke.
- Vi kan sende våre spørsmål via e-post også

7.1.2 Prosjektmøter

- Gruppe medlemmer skal møte hver dag for å planlegge, diskutere og utføre jobben.
- Møteinnkalling kan skje med veileder om det er behov for det.

8 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING

- Dersom prosjektet ikke går som planlagt må vi finne en annen løsning så fort så mulig. Hvis oppgavene er for omfattende kan vi diskutere med hverandre for å bruke ekstra tid eller få hjelp fra veileder.
- Hver deltaker må ha gyldig grunn for forsinkelse.
- Begge deltakere skal gi beskjed i god tid. (helst ei uke før hvis ikke mulighet for det skal man gi beskjed minst 24 timer før)
- Deltakere må forstå sitt ansvar for å kommunisere med hverandre ved forsinkelse, eller annet problem.

9 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING

Styringshjelpemidler og utviklingshjelpemidler

Programvare:

Ta i bruk digitale hjelpemidler som Eurokode Express til å kontrollere beregninger og illustrere moment- og skjærkraftdiagram. NTNU i Ålesund skal kjøpe tilgang på programvaren. En i gruppen skal få tilgang.

Bruke Synchro 4D og Revit digital modellering, og AutoCad til plan- og detaljetegninger.

Laboratorium undersøkelse:

Få tilgang og muligheten til å ta i bruk av betong laboratorium ved NTNU i Ålesund. Formålet er å kunne gjennomføre undersøkelse av trykkfasthet av betongmaterialer som er relatert til prosjektet. Labundersøkelsen ble ikke utført og analyse på trykkfasthet er ikke inkludert på hovedrapporten

Litteratur:

Vi har funnet "EN 1992-1-1: Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings" av å søke på internett. Annet relevant litteratur får vi av oppdragsgiveren. I tillegg kan vi skaffe selv gjennom skolens bibliotek og lignende.

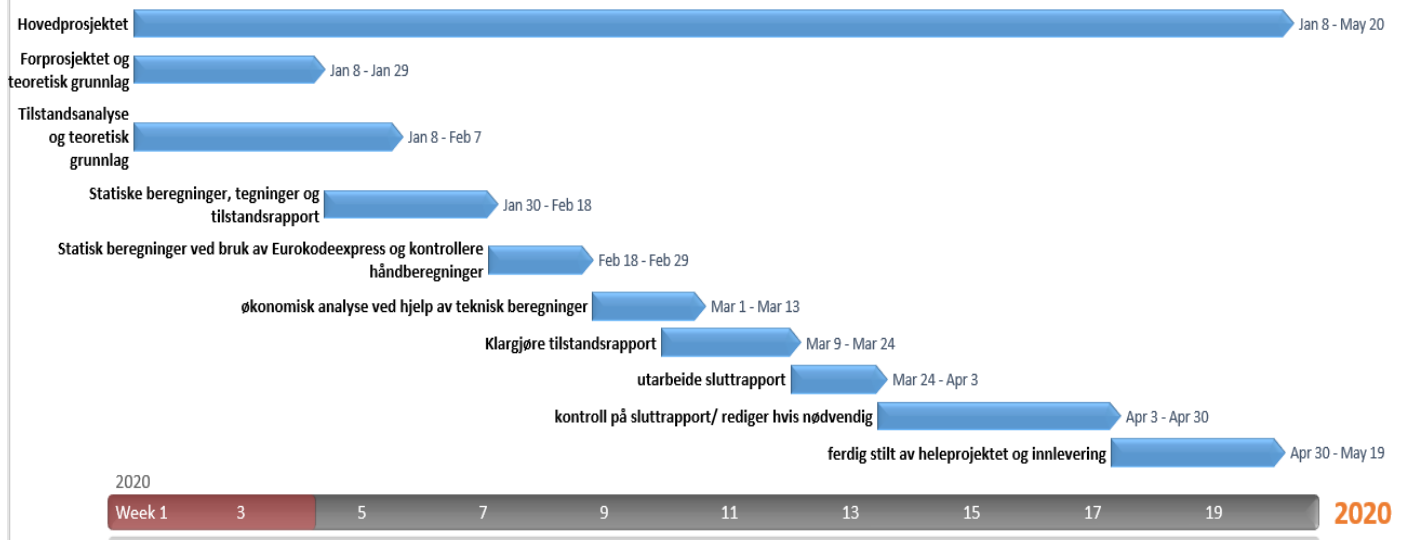
10 REFERANSER

Kilder:

1. Lærebok: Praktisk prosjektledelse, 2.utgave / 1. Opplag 2020, fagbokforlaget, av Rolstadås, Johansen, Olsson og Langlo
2. Grunnforsterkninger, fyllinger og skråninger, håndbok V221.
https://www.vegvesen.no/attachment/61506/binary/964921?fast_title=H%C3%A5ndbok+V221+Grunnforsterkning%2C+fyllinger+og+skr%C3%A5ninger+%2814+MB%29.pdf
3. Jetgrunn AS,
http://www.jetgrunn.no/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=107

VEDLEGG 1

Gantt- Diagram på bacheloroppgave KC-peler sammenlignet med jet peler



Bacheloroppgave 2020

I forbindelse med utførelse av Bacheloroppgave i bedrift.

Avtale mellom oppdragsgiver (bedrift), student og NTNU i Ålesund

Generelt om bacheloroppgaven:

Bacheloroppgaven gjennomføres fortrinnsvis i samarbeid med næringslivet, men kan også utformes i tilknytning til forskningsprosjekt skolens forskningsmiljø er involvert i. Oppgaveperioden deles i en forprosjektfase med egen innlevering og en prosjektfase som avsluttes med en offentlig framføring og rapport. Bacheloroppgaven kan også gjennomføres i bedrift. Oppgaven gjøres i grupper fortrinnsvis med 3 studenter og følges opp av oppnevnte veiledere. Bacheloroppgaven er på 20 studiepoeng som tilsvarer 2/3 av et semester i arbeidsmengde for studenten.

Denne avtale er inngått mellom:

Bedrift: Jetgrunn AS

NTNU i Ålesund: Institutt IHB, Fagseksjon Bygg,
Veileder: Kristian Normann

Studenter: Mary Yuk Lam, Seema Pandey

Forpliktelser NTNU i Ålesund:

- Fagseksjonen skal stille med ansvarlig veileder.
- Fagseksjon Bygg ved veileder skal godkjenne oppgaven etter beskrivelse gitt i studiehandboken.
- Veileder har ansvar for oppfølging og kontroll av fremdrift i bacheloroppgaven.

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

- NTNU i Ålesund ved veileder har ansvar for at vurdering av bacheloroppgaven blir utført i henhold til vedtatte retningslinjer.

Forpliktelser til studentene (studentgruppen(e)):

- Beskrive bacheloroppgaven gjennom forprosjekt og fremdriftsplan
- Levere rapportskjema til veileder hver 14. dag
- Levere og presentere bacheloroppgaven etter oppsatt mal og fremdriftsplan.

Forpliktelser oppdragsgiver (bedrift):

- Støtte studenten i utvelgelse og utforming/beskrivelse av bacheloroppgaven.
- Navngitt person, fra oppdragsgiver/firma, som kontaktperson/veileder for studentgruppen.
- Dekke alle nødvendige utgifter (ikke lønn) som reise, evt. kontorhold, kopiering, spesielle programvare etc.
- Forsikre studentene som om de var tilsatt i firmaet. (Spesielt ulykkesforsikring når studentene er ute på anlegg).

Generelt:

Bacheloroppgaven er NTNUs eiendom, men oppdragsgiver (firma) har rett til å benytte seg av resultatene i oppgaven. Er resultatene i bacheloroppgaven konfidensielle og må beskyttes, gjøres dette ved egen avtale mellom NTNU i Ålesund og oppdragsgiver (bedrift)

Dato: 29.11.2019

Tanja Tvedt
NTNU i Ålesund

Ulf H. K. Nilsen
Oppdragsgiver (bedrift)


Student 1: Seema Pandey
Student 2: Mary Yuk Lam

Student(ene)

FRAMDRIFTSRAPPORT

IB303312 Bacheloroppgave

LOG Nr. 1

Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud 1: Mary Yuk Lam

Stud 2: Seema

Pandey

Navn på bedrift/organisasjon: Jetgrunn AS

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon:

Hassan Ali

Lars Ø. Hoksrud

Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet
3	13.01-17.01	Printe ut dokumenter som vi bør lese på, og begynte å lese smått på teorien. Hatt første Teams-møte med Jetgrunn. Hatt møte med intern veileder, Kristian N.
4	20.01-24.01	Fortsetter med teoriutvikling, og begynte å se på beregninger. Jobbe med forprosjektrapporten. Samle inn spørsmål slik at vi kan ta det opp til neste Teams-møte med Jetgrunn. Jobbe med presentasjonen om forprosjektet.
5	27.01-31.01	Gjøre ferdig og levere forprosjektrapporten. Gjennomføre presentasjon om forprosjektet. Muligens ha teams-møte med Jetgrunn. Venter fortsatt på møteinnkalling. Fortsetter med teoriutvikling, og begynner på statiske beregninger. Leverer første fremdrift-rapport.

IB303312 Bacheloroppgave

LOG Nr. 2

Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud 1: Mary Yuk Lam

Stud 2: Seema

Pandey

Navn på bedrift/organisasjon: Jetgrunn AS

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon:

Hassan Ali

Lars Ø. Hoksrud

Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet
6	03.02-06.02 KI 9:00 - 16:00	Beregnet resultant kraft ved spunt (feil forsøk) Prøvd å beregne flere forsøk på hvordan jordtrykk påvirker spunten. Det tar tid til å skrive inn koordinater på Eurokode Express. Mye av tiden går bort til å skrive inn på regneprogrammet. Det er tidskrevende når man har regnet feil eller skal endre på oppsetning på figur på programmet.
7	10.02-14.02 KI 9:00-16:00	Begynner å gå over til statiske beregninger av pelene langs spunt og rammehjørne. Under beregningene har vi fått mange feilforsøk, og endring på oppsett av figur og diverse koordinater. Vi har også underveis oppdaget at vi muligens har fått feil på jordtrykk beregning fra uke 6, som igjen gir følgefeil. Da måtte tiden gå for å rette opp feil og gjøre flere forsøk om igjen. Lest og skrevet litt om KC-peler på hovedrapporten.
8	17.02-21.02 KI 9:00-16:00	Har kommet fram til en beregning som vi mener er tilnærmet riktig. Vet fremdelen ikke helt om det er 100% riktig måte å beregne på. Skriver sammendrag på beregningene vi har kommet fram til for å sende til Jetgrunn I uke 9. Skriver sammendrag om statiske-beregninger både for jordtrykk og trykk-og strekkspenning.

utført jobben

03.02.2020 KI 08:00- 10:00 KI 12:00- 15:00	Beregnet resultant kraft ved spunt (feil forsøk) Søk løsningsmåte
--	---

04.02.2020 KI 08:30- 15:30	Beregning av resultat kraft som virker mot peler fra spunt Ferdighet Vi mangler avstand fra forankrings nivå til pele nivå Forståelse av statistisk rammesystem?(kanskje)
05.02.2020 KL 8:30- 10:00 KL 12:00- 16:00	Statisk beregning med Eurocodeexpress Test 1 langs spunten
06.02.2020 KL8:30- 1600	Statisk beregning med Eurocodeexpress Test 2 hele ramme
10.02.2020 KL8:00- 10:00 KL12:00- 1600	Statisk beregning med Eurocodeexpress Test 3 L ramme
11.02.2020 KL 8:30- 16:00	Statisk beregninger med eurokodeexpress Test 3 halv ramme Hoved rapport skrivning Jetpele Lest literature
12.02.2020 KI 8:30- 10:00 KL 11:00- 1600	Statisk beregninger med eurokodeexpress Test 4- redigering av rammer som var lagt tidligere i uka Hoved rapport skrivning- jetpele Lest/ søkt literature
13.02.2020 KI 10:00- 16:00	Statisk beregninger med eurokode express Test Hoved rapport skrivning- jetpele
17.02.2020 KI 8:30- 10:00 KI 12:00- 16:00	Statisk beregninger- eurokodeexpress Test halv ramme Hoved rapport skrivning- jetpele Literarue lesing

B303312 Bacheloroppgave

LOG Nr. 3

Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud 1: Mary Yuk Lam

Stud 2: Seema

Pandey

Navn på bedrift/organisasjon: Jetgrunn AS

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon:

Hassan Ali

Lars Ø. Hoksrud

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet
	20.02.2020 Kl 9:00- 15:00	Forsette med hovedrapport skriving leser og skriver videre på hovedrapporten om jetpeler. Finne fram metoder og materialer for installasjon av jet peler Eurocodexpress design 1 Autocad design 1
	21.02.2020 Kl 09:00- 15: 00	Litratur søkt og lest leser og skriver videre på hovedrapporten om jetpeler. Finne fram metoder og materialer for installasjon av jet peler Planlegging av labundersøkelse Finne fram materialer Kontrollere statiske beregner Eurocodexpress design 1 Autocad design 1
	24.02.2020 Kl 09:00- 15: 00	Eurocodexpress design 1 Autocad design 1 Sender sammendrag om hva vi har kommet fram av beregninger til Jetgrunn og håper de kan gi oss veiledning. Forsetter å lese mer om kc-peler. Utføre statiske beregninger med ulike diameter og lengder.

		<p>Leser og skriver videre på hovedrapporten om KC-peler. Fikk e-post av Jetgrunn at de kan ta et video-møte i uke 10, 6.mars</p>
25.02.2020 KI 09:00- 15:00	<p>Eurocodexpress design 1 Autocad design 1 Utføre statiske beregninger med ulike diameter og lengder. Leser og skriver videre på hovedrapporten om KC-peler. Planlegging av labundersøkelse Finne fram materialer</p>	
26.02.2020 KI 09:00- 15:00	<p>Eurocodexpress design 1 Autocad design 1 Utføre statiske beregninger med ulike diameter og lengder. Leser og skriver videre på hovedrapporten om KC-peler. Planlegging av labundersøkelse Finne fram materialer</p>	
27.02.2020 KI 09:00- 15:00	<p>Eurocodexpress design 1 Autocad design 1 Kontroll spenning design 1 Utføre statiske beregninger med ulike diameter og lengder. Leser og skriver videre på hovedrapporten om KC-peler.</p>	
28.02.2020 KI 09:00- 15:00	<p>Eurocodexpress design 2 Autocad design 2 Forsette med hoved rapport Utstyr for installasjon av jetpeler og kc-peler</p>	
02.03.2020 KI 09:00- 15:00	<p>Eurocodexpress design 2 Autocad design 2 Forsette med hoved rapport Utstyr for installasjon av jetpeler og kc-peler</p>	
03.03.2020 KI 09:00- 15:00	<p>Eurocodexpress design 2 Autocad design 2 Forsette med hoved rapport Bindemidler for jet peler og KC peler Hva er forskjellen? Fasthetsutvikling</p>	
04.03.2020	<p>Eurocodexpress design 2</p>	

	KI 09:00- 15:00	Autocad design 2 Forsette med hoved rapport Bindemidler for jet peler og KC peler Hva er forskjellen? Fasthetsutvikling
	05.03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 2 Autocad design 2 Forsette med hoved rapport Bindemidler for jet peler og KC peler Hva er forskjellen? Fasthetsutvikling
	06.03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 2 Autocad design 2 Forsette med hoved rapport Bindemidler for jet peler og KC peler Hva er forskjellen? Fasthetsutvikling Kontroll spenning design 2

B303312 Bacheloroppgave

LOG Nr. 4

Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud 1: Mary Yuk Lam

Stud 2: Seema

Pandey

Navn på bedrift/organisasjon: Jetgrunn AS

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon:

Hassan Ali

Lars Ø. Hoksrud

Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet
	09.03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 3 Autocad design 3 Forsette med hoved rapport Installasjons mønster Utslipp fra sementproduksjon
	10.03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 3 Autocad design 3 Forsette med hoved rapport Installasjons mønster Utslipp fra sementproduksjon
	11.03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 3 Autocad design 3 Forsette med hoved rapport Installasjons mønster Utslipp fra sementproduksjon
	12.03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 3 Autocad design 3 Forsette med hoved rapport NTNU campus ble stengt på grunn av COVID-19, dermed fikk vi ikke mulighet å utføre labundersøke
	13.03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 3 Autocad design 3 Forsette med hoved rapport

		Ideutvikling og planlegging på hvordan kostnadsoverslag kan tas med hovedrapporten
	16.03.2020 KI 09:00- 15:00	Hadde eksamen I Ingeniørfaglig systemteknikk og systemutvikling
	17.03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 3 Autocad design 3 Forsette med hoved rapport Ideutvikling og planlegging på hvordan kostnadsoverslag kan tas med hovedrapporten
	18.03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 3 Autocad design 3 Forsette med hoved rapport Kontroll av spenning design 3 Ideutvikling og planlegging på hvordan kostnadsoverslag kan tas med hovedrapporten
	19.03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 4 Autocad design 4 Forsette med hoved rapport Drøfting av kostnadsoverslag for jetpeler og kc-peler
	20.03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 4 Autocad design 4 Forsette med hoved rapport Drøfting av kostnadsoverslag for jetpeler og kc-peler
	23.03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 4 Autocad design 4 Forsette med hoved rapport Drøfting av kostnadsoverslag for jetpeler og kc-peler
	24.03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 4 Autocad design 4 Forsette med hoved rapport Drøfting av kostnadsoverslag for jetpeler og kc-peler

B303312 Bacheloroppgave

LOG Nr. 5

Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud 1: Mary Yuk Lam

Stud 2: Seema

Pandey

Navn på bedrift/organisasjon: Jetgrunn AS

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon:

Hassan Ali

Lars Ø. Hoksrud

Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet
	25.03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 4 Autocad design 4 Forsette med hoved rapport
	26. 03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 4 Autocad design 4 Forsette med hoved rapport Kontroll av spenning design 4
	27. 03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 5 Autocad design 5 Forsette med hoved rapport
	30. 03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 5 Autocad design 5 Forsette med hoved rapport
	31. 03.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 5 Autocad design 5 Forsette med hoved rapport
	01.04.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 5 Autocad design 5 Forsette med hoved rapport

	04. 04.2020 KI 09:00- 15: 00	Eurocodexpress design 5 Autocad design 5 Forsette med hoved rapport
	05.04.2020 KI 09:00- 15: 00	Eurocodexpress design 5 Autocad design 5 Forsette med hoved rapport
	14.04.2020 KI 09:00- 15: 00	Eurocodexpress design 5 Autocad design 5 Forsette med hoved rapport Kontroll av spenning på design 5
	15. 04.2020 KI 09:00- 15: 00	Eurocodexpress design 6 Autocad design 6 Forsette med hoved rapport
	16.04.2020 KI 09:00- 15: 00	Eurocodexpress design 6 Autocad design 6 Forsette med hoved rapport
	17. 04.2020 KI 09:00- 15: 00	Eurocodexpress design 6 Autocad design 6 Forsette med hoved rapport

B303312 Bacheloroppgave

LOG Nr. 6

Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud 1: Mary Yuk Lam

Stud 2: Seema

Pandey

Navn på bedrift/organisasjon: Jetgrunn AS

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon:

Hassan Ali

Lars Ø. Hoksrud

Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet
	20.04.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 6 Autocad design 6 Forsette med hoved rapport
	21.04.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 6 Autocad design 6 Forsette med hoved rapport
	22.04.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 6 Autocad design 6 Forsette med hoved rapport
	23.04.2020 KI 09:00- 15:00	Eurocodexpress design 6 Autocad design 6 Forsette med hoved rapport Kontroll av spenning -design 6
	24.04.2020 KI 09:00- 15:00	Teori utviking til hovedrapporten Klargjøre drøfting - teknisk
	27.04.2020 KI 09:00- 15:00	Teori utviking til hovedrapporten Klargjøre drøfting -teknisk

	28.04.2020 KI 09:00- 15: 00	Teori utviking til hovedrapporten Klargjøre drøfting - teknisk
	29.04.2020 KI 09:00- 15: 00	Teori utviking til hovedrapporten Klargjøre drøfting - økonomisk
	04.05.2020 KI 09:00- 15: 00	Klargjøre hovedrapporten Klargjøre drøfting - økonomisk
	05.05.2020 KI 09:00- 15: 00	Klargjøre hovedrapporten Klargjøre drøfting - økonomisk
	07.05.2020 KI 09:00- 15: 00	Klargjøre hovedrapporten Klargjøre drøfting - økonomisk
	08.05.2020 KI 09:00- 15: 00	Klargjøre hovedrapporten Konklusjon og anbefalinger

B303312 Bacheloroppgave

LOG Nr. 7

Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud 1: Mary Yuk Lam

Stud 2: Seema

Pandey

Navn på bedrift/organisasjon: Jetgrunn AS

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon:

Hassan Ali

Lars Ø. Hoksrud

Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet
	11.05.2020 KI 09:00- 15:00	Klargjøre hovedrapporten Konklusjon og anbefalinger
	12.05.2020 KI 09:00- 15:00	Klargjøre hovedrapporten Konklusjon og anbefalinger
	13.05.2020 KI 09:00- 15:00	Strukturere hovedrapporten
	14.05.2020 KI 09:00- 15:00	Strukturere hovedrapporten
	15.05.2020 KI 09:00- 15:00	Strukturere hovedrapporten
	18.05.2020 KI 09:00- 15:00	Rediger og finnpusse hovedrapporten
	19.05.2020	Rediger og finnpusse hovedrapporten

	KI 09:00- 15:00	
	20.05.2020 KI 09:00- 15:00	Levering av bachelor oppgave

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

9	24.02-28.02	Sender sammendrag om hva vi har kommet fram av beregninger til Jetgrunn og håper de kan gi oss veiledning. Forsetter å lese mer om kc-peler. Utføre statiske beregninger med ulike diameter og lender. Leser og skriver videre på hovedrapporten om KC-peler. Fikk e-post av Jetgrunn at de kan ta et video-møte i uke 10, 6.mars
10	02.03-06.03	Fortsette å jobbe med hovedrapporten. Teoridel, kc-peler. Håper på at det faktisk blir video-møte med jetgrunn som planlagt 6.mars. Og samtidig får tilbakemelding på forslag på hvordan vi kan jobbe videre med både beregninger og teoretiske.

