



Høgskolen i **Hedmark**

Blæstad.

Avdeling for Økologi og landbruk.

Gudbrand Grinaker Hoff

Planlegging av ny driftsbygning på Grinaker Nordre gård.

Bachelor i landbruksteknikk, kull 2008.
5LT662 Bacheloroppgave.

2011

Samtykker til utlån hos biblioteket:

JA

NEI

Forord.

Dette er en bacheloroppgave som er skrevet som en avsluttende del av mitt studie i Landbruksteknikk ved Høyskolen i Hedmark avdeling Blæstad.

Jeg har i denne oppgaven jobbet med å planlegge en ny driftsbygning med korntørke og redskapslager på gården der jeg kommer fra, da det i fremtiden vil kunne være aktuelt å bygge et slikt bygg.

Jeg vil spesielt takke min veileder Lars W. Gillerhaugen for god veiledning i forbindelse med oppgaven. Hans gode hjelp, råd, og undervisningen i emnene Bygningsteknikk 1 og Bygningsteknikk 2 har hjulpet meg veldig mye igjennom denne oppgaven.

Gudbrand Grinaker Hoff

Innhold

Forord.....	2
1. Sammendrag.....	5
2. Abstract	6
3. Innledning.....	7
3.1. Bakgrunn for oppgaven.	7
3.2. Problemstilling.....	7
3.3. Kort beskrivelse av gården.	7
3.4. Ombygging, påbygg, eller nybygg?	8
3.5. Valg av type korntørke.	9
3.5.1. Typer korntørker	9
3.5.2. Planlegging av tørkeanlegg.	9
3.5.3. Valg av tørkeanlegg	11
3.5.4. Bruk av varmluftstørkeanlegg.....	13
3.6. Kostnadsgrense.....	14
4. Matriale og metoder.	15
4.1. Planlegging.	15
4.2. Dimensjonering	15
4.3. Litteraturstudie.....	15
4.4. Tegning av bygget.	16
5. Resultater.....	17
5.1. Romprogram.....	17
5.1.1. Romprogram for delen av bygget som skal være maskinhall.	17
5.1.2. Romprogram for delen av bygget som skal være korntørke og kornlager.....	18
5.2. Kravspesifikasjon.	19
5.3. Valg av entreprisform.....	20
5.4. Planløsning	21
5.4.1. Planløsning Maskinhall.	21
5.4.2. Planløsning korntørke og kornlager.	22
5.5. Situasjonsplan.....	25
5.6. Beskrivelse av bygningsdeler og detaljer.	27
5.6.1. Fundament og ringmur.	27
5.6.2. Gulv	27
5.6.3. Vegger.	28
5.6.4. Himling.....	28
5.6.5. Takkonstruksjon.....	29
5.6.6. Dører og porter.	29
5.6.7. Fyrrømmet.....	29
5.7. Laster, formfaktorer, og lastfaktorer.....	30
5.7.1. Snølast.	30
5.7.2. Vindlast.	31
5.7.3. Egenlaster.	35
5.7.4. Nyttelast.	35
5.8. Dimensjonering.	37
5.8.1. Dimensjonering av stendere i yttervegg mot snølast.	37
5.8.2. Dimensjonering av dragere over portåpning til maskinhall for snølast.	42

5.8.3.	Dimensjonering av dragere over portåpningene til kornlager og korn tørke for snølast.	49
5.8.4.	Dimensjonering av forankringen av tak og vegger mot vertikale vindkrefter. ..	55
5.9.	Kostnadsoverslag.....	63
6.	Diskusjon.....	65
7.	Konklusjon.	68
8.	Litteraturliste.	69

1. Sammendrag

Dette er en oppgave som omhandler planlegging av en ny driftsbygning på Grinaker Nordre gård som ligger i Gran kommune i Oppland fylke.

Bakgrunn for oppgaven er at gården i dag ikke har stor nok tørke og lagerkapasitet til den kornproduksjonen som drives, og det leies bygninger for å dekke dette behovet. Derfor har jeg valgt å planlegge ny driftsbygning med korntørke og kornlager som passer til den kornproduksjonen som nå drives. I fremtiden vil det kunne bli aktuelt å bygge et slikt bygg, slik at gården har egen tørke og lagerkapasitet som passer til kornproduksjonen.

Ettersom størrelsen på maskinene og redskapene som er på gården har økt i de senere år, har det også blitt et stort behov for mer innendørs lagerplass for disse, da den gamle låven ikke lenger er stor nok til å huse alt. Jeg planlegger derfor også plass til en del maskiner og redskap i nybygget.

Gjennom oppgaven tar jeg for meg planleggingen av bygningen, og finner en løsning for korntørking og lagring som passer godt for denne gården og dens forutsetninger, samt ønskene som ligger til grunne. Jeg finner også en løsning for lagringsplass til maskiner og redskap. Jeg planlegger generelt også hvordan bygget skal være, og hvordan de forskjellige bygningsdelene skal være. I tillegg har jeg valgt å legge vekt på dimensjoneringen av noen av bygningsdelene som er i bygget.

2. Abstract

This is a task that deals with the planning of a new operation building at Grinaker Northern farm located in Gran municipality, Oppland County, Norway.

The basis for the task is that the farm today don't has large enough capacity to dry and store the grain that's produced, and buildings are leased in order to meet this need. Therefore, I have chosen to plan a new operation building with grain drying and grain storage that matches the grain production on this farm, because in the future, it could be very appropriate to build such a building.

The agricultural machinery which are on the farm have increased in size the recent years, so there is also a need for more indoor storage for these, because the old barn is no longer large enough to accommodate all of these. Therefore, I plan a part in the building for agricultural machinery as well.

Through the task I plan the building and I choose equipment for the grain drying and storage that is appropriate for this farm, and I find a appropriate solution for the storage of agricultural machinery as well. I plan how the building should be, and I plan how the different building parts should be. I also calculate the necessary dimensions and strength for some of the building parts.

3. Innledning

3.1. Bakgrunn for oppgaven.

Grunnen til at jeg valgte denne oppgaven som avsluttende bacheloroppgave i mitt studie ved Høyskolen i Hedmark avdeling Blæstad, er at jeg om noen år har tenkt til å overta driften av denne gården. Sann situasjonen er i dag så har ikke gården stor nok tørke og lagringskapasitet til den kornproduksjonen som drives, og det blir benyttet bygninger som er leid for å dekke dette behovet. Kornproduksjon er noe jeg interesserer meg veldig for og kan tenke meg å fortsette med når jeg overtar gården. Derfor vil jeg se på muligheten for å bygge et bygg med korntørke og lager som imøtekommer kornproduksjonen sann den er i dag, og sann jeg tenker meg at den vil være i fremtiden. Dette for å bli mer selvberget på dette punktet, og også gjøre slik at ikke lagringssiden av produksjonen blir en begrensende del i den ellers gode mekaniseringlinjen som er opprettet for kornproduksjon. På denne måten trenger jeg da ikke være avhengig av leieavtaler, men vil heller få samlet all tørkingen og lagringen av korn til dette bygget som jeg selv eier og disponerer som jeg vil. Det er også ett stort behov for mer lagringsplass til maskiner og redskaper i de senere år, da størrelsen på disse har blitt betydelig større enn det de en gang var, og det ikke lenger er plass til dem i låven. Jeg tenker at det vil være naturlig å prøve å finne en god løsning på dette i samme bygget når jeg først planlegger et nybygg.

3.2. Problemstilling.

Problemstillingen for denne oppgaven er å planlegge ny driftsbygning på gården Grinaker Nordre med fokus på å finne ut hvordan bygningen skal være, og finne en god planløsning og utforming av bygget til det formålet det skal brukes til, og der det skal ligge. Har også valgt å fokusere på dimensjonering av bygningsdeler.

3.3. Kort beskrivelse av gården.

Gården Grinaker Nordre ligger i ett området som kalles Tingelstad i Gran kommune som ligger i Oppland Fylke. Området den ligger i kan beskrives som et vakkert og kupert kulturlandskap, med gårdsbruk rundt omkring på alle kanter. Gården drives i dag av min far Ola M. Hoff, og produksjonene på gården er korn, poteter og smågrisproduksjon.

Til gården hører det 202 daa med dyrket mark, og i tillegg forpaktet det 408 daa dyrket areal, så det totale arealet som dyrkes er 610 daa. Kornsortene som dyrkes er hovedsaklig bygg og hvete, men det dyrkes også litt rug, og havre. Av det totale arealet dyrkes det ca. 550 daa med korn. På det resterende arealet blir det dyrket poteter og eng.

Sånn det er i dag så er det låven som fungerer som lagringsplass for alle produksjonene. Store deler av låven er gjennom årene blitt bygd om til grisefjøs og brukes i dag i smågrisproduksjonen. Det er også blitt bygd på låven to ganger i senere tid. Den resterende plassen i låven benyttes som potetlager, og lager for halm/høy og førmidler til smågrisproduksjonen. Det er også en kaldluftstørke til korn som er i bruk, men som nevnt i innledningen av oppgaven er ikke denne stor nok til å dekke tørke og lagringsbehov slik produksjonen er i dag.

3.4. Ombygging, påbygg, eller nybygg?

Når det gjelder å ta et stand punkt i forhold til om jeg skal planlegge ombygging eller påbygg av låven, eller et nytt frittstående bygg, så ble egentlig valget ganske enkelt. Sånn produksjonene ved gården er nå er all plassen i låven hovedsakelig okkupert av griseproduksjonen og potetproduksjonen, bortsett fra den gamle kaldluftstørka til korn.

Jeg ser egentlig ikke noen mulighet for å kunne bygge om låven til å romme en ny og større korntørke, uten at det vil ta plass fra enten griseproduksjonslokalene, eller potetlagerene.

Et påbygg er heller egentlig ikke aktuelt på grunn av plassmangel rundt låven. Det eneste stedet det er plass til ett påbygg rundt låven, vil det i så fall sperre for utlastingsrampe fra grisefjøset, ventilasjon fra fjøset, og en mye brukt kjørevei.

Jeg syns derfor at ett nybygg vil være en god løsning, slik at låven kan inneholde hovedsakelig fjøset og potetlageret. Det nye bygget kan inneholde korntørka, og lagerplass til de store maskinene og redskaper som låven ikke er stor nok til å huse. Samtidig syns jeg det er veldig fint å kunne tilpasse ett nytt bygg etter det behovet man har, og på denne måten kunne planlegge slik at bygningen blir stor nok, og får plass til alt man ønsker og uten å måtte ta hensyn til eksisterende bygg rundt.

3.5. Valg av type korntørke.

3.5.1. Typer korntørker

Det finnes flere forskjellige typer korntørker, under er en oversikt over de forskjellige typene som er hentet fra undervisningskompendiet til Linnestad, S. (2004)

Varmluftstørker:

- Kontinuerlig.
- Satstørke.
- Satstørke med kontinuerlig rulling av satsen.

Kaldluftstørker:

- Plantørke med 1 meter sjikt, som fungerer som tørke og lager.
- Plantørke med flere meter sjikt, som fungerer som tørke og lager.
- Universaltørke, som er en plantørke med kjørbart gulv.

3.5.2. Planlegging av tørkeanlegg.

For å få en best mulig oversikt over forutsetningene til gården, og for å kunne gjøre en best mulig vurdering av hvilken type korntørke jeg skal ha benytter jeg meg av tabellen

Registrering av forutsetninger, som jeg finner i undervisningskompendiet til Linnestad, S. (2004, kapittel 12).

Data om gården.

- Eier: Ola M. Hoff.
- Adresse/tlf.: Grinakerlinna 134, 2760 BRANDBU/ 90942402.
- Gardsnummer/bruksnummer: 109/4

Arealoppgaver.

- Gardsstørrelse: 202 daa. dyrket areal som tilhører gården, samt 408 daa. forpaktet dyrket areal.
- Areal til korn: Ca. 550 daa.

- Forpaktning/nydyrking/kjøp av jord: Mulighetene for nydyrking er små, men kjøp av jord eller mer forpaktet areal er helt klart aktuelt i fremtiden når jeg selv skal overta driften av gården. Jeg ser for meg at jeg i hvert fall skal opprettholde det totalt dyrkede arealet som dyrkes i dag, så sant forpaktningmulighetene fremdeles er der.

Sortsoppgaver.

- Aktuelle sorter av korn: Bygg, hvete, havre, rug.
- Spesielle frøslag: Ingen spesielle frøslag.
- Frøavl: Lite aktuelt i dag og nærmeste framtid på grunn av at det er noe utbredt med floghavre på store deler av det dyrkede arealet.
- Høytørking: Det foretas veldig lite høytørking, det er noe høytørking til smågrisproduksjonen, men dette er i en så liten skala at jeg ikke føler det er nødvendig å nevne i denne sammenheng.
- Tørking av andre produkter: Ingen tørking av andre produkter sånn det er i dag, eller sånn jeg ser for meg at det blir i fremtiden siden det er hovedsakelig kornsorter som dyrkes.

Avlingsoppgaver.

- Avlingstørrelse: Det er store forskjeller i mengden avling totalt og pr. daa. på forskjellige år, og da også innenfor de forskjellige sortene som dyrkes. Den totale avlingsmengden korn som høstes hvert år er mellom 200-250 tonn alt avhengig av hvor bra avlingene har blitt.
- Fuktighet i avling ved innlegg på tørke: Her er det også store variasjoner, alt ettersom hvordan været om høsten er. På fine dager med gode tørkeforhold i høstperioden kan noe bli tresket på rundt 20% vanninnhold, mens under perioder med mye nedbør og dårlige opptørkingsforhold kan noe bli tresket når det har nærmere 30% vanninnhold.

Høstevilkår.

- Lengde på innhøstingsperiode: Denne varer som regel rundt 1 måned, men kan både ta lengre tid og litt kortere tid alt ettersom hvordan været om høsten er. På en dag med gode høsteforhold kan det for eksempel på jorder med god arrondering treskes ca. 25 tonn ferdigtørket hvete.

Eksisterende teknisk utstyr.

- Traktor med laster: To stykker.
- Korntransportutstyr: En korntilhenger på 10 m³ og en korntilhenger på 6 m³
- Vifter: Kun en fastmontert i den gamle plantørka.
- Treskertilgang: Det er egen tresker på gården.

Valg av plass for tørke.

- Ny bygning.

Brukerens ønsker.

- Type anlegg: Varmluftstørke.
- Arbeidsforbruk: Det er ønskelig at tørkeanlegget ikke skal være tidkrevende for brukeren.
- Miljøkrav: Det er ønskelig å få ett anlegg som ikke framprovoserer unødvendige store støvmengder. Det er også ønskelig å få et anlegg som ikke krever mye manuell håndtering av kornet. Det er ett ønske om å få inn systemer for automatikk av tørkingen slik at man ikke må overvåke tørkeprosessen like nøye som man ellers må.
- Avlingens lagringstid: Noe av kornet blir levert på mølla etter at det er tørket om høsten, men en stor del av kornet blir lagret til vinteren. Transporten av kornet til mølla gjøres med egen traktor og tilhenger fordi det ikke er så lang avstand til mølla, og fordi det er god tid til dette på vinteren.

3.5.3. Valg av tørkeanlegg

Etter å ha kartlagt forutsetningene for kornproduksjonen, foretar jeg ett valg etter nøye å ha vurdert situasjonen. Valget mitt faller på en varmluftstørke av typen satstørke.

Hovedgrunnen til at jeg velger en varmluftstørke i stedet for en kaldluftstørke er hovedsakelig på grunn av erfaringer fra høstsesongene som jeg har deltatt på de siste årene. Det er veldig ofte slike værforhold at det er vanskelig å få tørket ned avlingene som blir lagt inn på kaldluftstørka, selv om det benyttes tilskuddvarme. Dette kan igjen føre til at vi må utsette treskingen av nye avlinger fordi vi ikke har stor nok tørkekapasitet til de avlingene som allerede ligger og tørkes. Dette går da ut over kapasiteten på innhøstinga generelt, og kan også

gå ut over kvaliteten på kornet. Ved å velge en varmluftstørke, gjør jeg så jeg ikke er avhengig av hva slags vær det er ute for å få tørket ned avlingene jeg legger inn. Jeg kan dermed tørke korn og gjøre det lagerstabil på forholdsvis kort tid, selv om det skulle være et dårlig tørkepotensiale i utelufta. Dette gjøres mulig på grunn av den sterkt oppvarmede lufta som benyttes i tørkeprosessen.

Til lagringsplass for kornet tenker jeg at det vil være tilstrekkelig med en lagringskapasitet til ca. 150 tonn ferdigtørket korn. Jeg tar da utgangspunktet i at tyngdetettheten for vanlige kornsorter er $7,9 \text{ kN/m}^3$, som jeg finner i en tabell som min veileder Lars Gillerhaugen delte ut i emnet Bygningsteknikk 1. Jeg mener dette burde være en tilstrekkelig lagringskapasitet, med bakgrunn i at noe av kornet som høstes og tørkes om høsten leveres på mølla, samtidig som den gamle kaldluftstørka vil kunne fungere som et bufferlager hvis det skulle være behov for det. Jeg har vurdert flere forskjellige løsninger for lagringen av kornet, men har etter noe vurdering kommet fram til at jeg vil lage planlager inne i bygningen som skal kunne tømmes ved å bruke traktor med laster og skuffe. Har tenkt at det vil være tilstrekkelig med to stk. av disse lagerene, som gjør at jeg kan velge å lagre forskjellige kornsorter eller partier, hvis det skulle være ønskelig. Slik jeg har tenkt at disse lagerene skal være, er at det støpes betonggulv med fin overflate, og 3 betongvegger rundt. Dermed blir lageret liggende på tvers av bygningens lengderetning med direkte adkomst fra langsiden av bygget gjennom store porter som gir lett adkomst for traktorer. Dette gjør at kornet som blir ferdigtørket og kjølt ned, bare kan slippes på gulvet i lagrene, og så kan jeg skyve det sammen i en haug ved å bruke traktoren og skuffa. Dette mener jeg burde bli en enklere og billigere løsning, framfor å installere f. eks. prefabrikkerte lagersistiloer eller lignende, da denne måten å gjøre det på ikke krever mange spesielle tekniske installasjoner som kornskruer eller lignende. Jeg vil da heller ikke behøve å installere noen utlastingssilo. Jeg syns også det er bra å kunne utnytte traktorene som allerede er på gården til denne oppgaven. Planlagrene vil da også kunne fungere som lagerplass til andre ting den delen av året de ikke benyttes som kornlager, noe jeg mener er en veldig stor fordel, da det generelt er et stort behov for innendørs lagerplass. Det at lagerne kan benyttes til lagerplass for andre ting når de ikke benyttes som kornlager, er kanskje det viktigste argumentet for at jeg velger denne løsningen for lagringen av kornet.

Når det gjelder selve satstørka tenker jeg at den burde ha størrelse til å tørke ned en sats på 8 tonn ferdigtørket korn, og siden kornet kjøres inn fra åkeren med traktor og henger må det installeres en tippesjakt som i hvert fall har et volum som er like stort som selve satstørka, men helst litt større.

I forhold til utlastingen av kornet fra lageret, tenker jeg at den løsningen jeg har valgt med planlager som kan tømmes med traktor med laster og skuffe er smart, med tanke på at jeg da kan laste både hengere til traktor, samt lastebiler forholdsvis effektivt. Det blir også lite manuell håndtering av kornet som er ønskelig, kun noe soping av restene som ligger igjen på slutten. Som sagt blir alt kornet i dag levert med egen traktor og tilhenger, med tanke på at det i framtiden kan bli aktuelt å levere kornet med lastebiltransport, syns jeg dette virker som en god og fleksibel løsning for lagring og utlasting av kornet.

3.5.4. Bruk av varmluftstørkeanlegg.

Under er det en veiledning rundt bruken av varmluftstørkeanlegg og satstørker fra kapittel 10 i undervisningskompendiet til Linnestad, S. (2004).

- Olje eller gassapparatet kjøres varmt i en halv time mens luften ledes ut i det fri. Glødende rustflak blåses da ut i det fri og ikke inn i tørka. (Påse at det ikke er lettantennelige materialer der glødende rustflak lander.)
- Kontroller at sikkerhetstermostat, arbeidstermostat og brannspjeld virker som de skal.
- Man må skaffe seg en nøyaktig verdi for vanninnholdet i kornet, og en må beregne hvor mye vann som skal fjernes.
- La tørkinga pågå i nødvendig tidsperiode ut ifra data for hvor mye vann tørka fjerner per time.
- Når tørkinga er over skal kjølinga settes i gang.
- Varmluftsaggregat feies for sot en gang i året.
- Dysa til oljebrenneren må kontrolleres og eventuelt skiftes (hver 1000 driftstime). Lufttilførselen til dysa kontrolleres.

3.6. Kostnadsgrense.

For å sette en grense for mye det er ønskelig å bygge for, har jeg i samråd med min far satt opp ett budsjett som tar utgangspunkt i at kornproduksjonen opprettholdes slik den er i dag, noe som jeg ser på som realistisk for fremtiden. Vi har kommet fram til at det er forsvarlig med en lånesum på 1,5 millioner kroner, og regner med en nedbetalingsperiode på 20 år. Selv med nedbetaling av avdrag og renter av den nye bygningen må det være god inntjening på kornproduksjonen, så jeg har tatt utgangspunkt i dette beløpet og har satt kostnadsgrensa for bygget til 1,5 millioner kroner.

4. Matriale og metoder.

4.1. Planlegging.

Store deler av arbeidet med denne oppgaven har vært å planlegge hvordan bygningen skal være, og vurdert forskjellige løsninger mot hverandre. Jeg synes Autocad har vært ett veldig godt hjelpemiddel å ha, da jeg kan ha tegnet bygningen, utstyr, redskap og maskiner i virkelige mål og fått en god visuell oversikt over hvordan de forskjellige løsningene ville ha blitt.

Jeg har også brukt veldig mye tid på å lese i SINTEF byggforskunnskapsystemer generelt, da det står veldig mye interessant om planlegging, og veldig detaljerte byggdetaljer om forskjellige bygningsdeler.

4.2. Dimensjonering

For å gjennomføre beregningseksemplene av de forskjellige bygningsdelene, har jeg tatt til hjelp undervisningskompendiet Dimensjonering av trekonstruksjoner (Gillerhaugen, L.W., 2009). Jeg har også studert kapittel 5 i boka Trehus (Edwardsen & Ramstad, 2010). som omhandler beregning av styrke og stivhet, samt at jeg har sett på tidligere øvingsoppgaver som vi har gjennomført i emnet Bygningsteknikk 1 som har omhandlet dimensjonering av trekonstruksjoner. Jeg har også benyttet meg av undervisningsnotater ifra emnet Mekanikk, og sett på øvingsoppgaver som vi gjorde i det emnet.

4.3. Litteraturstudie.

Før jeg begynte å jobbe med denne oppgaven tok jeg og så på noen tidligere bacheloroppgaver som omhandler planlegging av bygg, for å få inspirasjon og ideer til hvordan det kan gjøres. Det synes jeg var nyttig og lærerikt, da jeg fra før ikke hadde noen som helst slags erfaring med det å planlegge bygg. Under er en kort beskrivelse av de oppgavene jeg har sett på.

Stokstad (2009). har skrevet en oppgave der han planlegger å bygge om den gamle låven på Ringvoll gård i Ullensaker kommune. Dette gjør han for å kunne tilpasse den til mer moderne landbruk, samtidig som han vil bevare den som ett element i det tradisjonelle gårdstunet og

kulturlandskapet. Igjennom oppgaven tar han for seg planlegging og funksjonen til de forskjellige rommene i låven, da låven er tenkt at skal fungere som driftsbygning både for melkeproduksjon, storfe-kjøttproduksjon, og kornproduksjon. Han har også lagt stor vekt på dimensjoneringen av bærende bygningsdeler som må skiftes ut i forbindelse med ombyggingen, og laget en veldig ryddig og fin framgangsmåte i arbeidet rundt dette.

Opstad (2008). tar for seg planlegging av en ny driftsbygning på gården Opestad øvre i Rygge kommune. Han planlegger en ny bygning som skal fungere som korntørke, verksted og redskapslager. Dette er en oppgave der forfatteren har fokusert på dimensjonering av de forskjellige bygningsdeler av både skurlast og limtre. Han tar også for seg vurderingen av det å føre opp ett bygg i treverk imot det å føre opp ett bygg av stålkonstruksjon. I tillegg har han satt seg nøye inn i hvilke branntekniske krav som stilles til driftsbygninger.

4.4. Tegning av bygget.

Til å tegne har jeg benyttet meg av tegneprogrammet Autocad der jeg har tegnet 2D tegninger. Som vedlegg til denne oppgaven ligger fasade tegninger av byggets fasader for å vise hvordan det vil kunne se ut når det er ferdig bygd. Jeg har også tegnet ett snitt, og en plantegning av bygget og målsatt disse for å vise de vertikale og horisontale målene til bygningen.

Jeg prøvde å sette meg inn i 3D tegneprogrammet Archicad, da jeg synes det kunne vært artig å få utarbeidet en 3D modell av bygningen. Etter å ha prøvd meg litt fram med dette programmet måtte jeg imidlertid gi opp, da jeg alt for ofte støtte på problemer rundt tegningen som jeg ikke ante hvordan jeg skulle løse. Derfor valgte jeg heller å tegne 2D tegninger i Autocad, da det er et program vi har hatt god undervisning i, og som jeg selv synes jeg behersker bra.

Tegningene av planløsningen, samt lastbildene har jeg også tegnet i Autocad, men i stedet for å lage vedlegg ut av alle disse, har jeg heller laget bildefiler og lagt dem inn i teksten underveis ettersom hvor de hører til.

5. Resultater

5.1. Romprogram.

5.1.1. Romprogram for delen av bygget som skal være maskinhall.

Tabell 1 viser hva jeg har planlagt plass til av maskiner og utstyr i maskinhallen, og hvor stor plass de trenger. Målene er innhentet på bakgrunn av eksisterende maskinpark, men slik jeg ser det skal også disse målene være tilstrekkelig ved fremtidig utbytting av maskiner og redskap, slik at det er plass nok selv om noen av maskinene og redskapene blir byttet ut i fremtiden.

Selv om planlagrene til korn vil fungere som lagerplass for maskiner og utstyr når de ikke brukes som kornlager, har jeg valgt å planlegge plass til all redskapen i tabell 1 i delen av bygget som skal fungere som maskinhall. Dette er fordi mye av kornet som sagt tidligere blir lagret til utpå sen høst/vinteren, og det fram til da ikke vil være mulig å lagre maskiner og utstyr der. Det er ønskelig å få maskinene i tabell 1 inn under tak før vinteren kommer, da de er kostbare og verdt å skjerme for vær og vind, for å forlenge levetiden og tilstanden deres. Jeg tenker heller at den plassen som blir ledig i kornlagrene etter at kornet er levert på mølla på høsten/vinteren kan brukes til så mangt, som å parkere andre traktorer og redskaper som jeg ikke har planlagt lagringsplass til i maskinhallen, lager for såfrøsekker, gjødselsekker, paller med ved, flis osv. Derfor går jeg ikke noe nærmere inn på nøyaktig hva som skal inn på denne plassen, men at den er tiltenkt å kunne anvendes som litt "alt mulig" lager ettersom hva det skulle være behov for.

Som Tabell 1 viser er det ett totalt plassbehov på 150,5 m² for maskinene og redskapene, men her må det påregnes noe tilleggs areal, da det som skal inn er av forskjellige størrelser og ikke lar seg plassere innenfor ett firkantet areal på 150,5 m². Derfor er det ett tillegg i arealetkravet på 30 %. Dette er nærmere beskrevet under planløsningen.

Beskrivelse	Plassbehov: Lengde-bredde-høyde.	Arealkrav pr. stk.	Antall stk.	Totalt Arealkrav
Tresker	8,5 m.- 3,5 m.- 4 m.	30 m ² .	1	30 m ² .
Såmaskin	5 m.- 3,5 m.- 2 m.	17,5 m ² .	1	17,5 m ² .
Potetopptager	8,5 m.- 3,5 m.- 3,5 m.	30 m ² .	1	30 m ² .
Skjærebordsvogn	6 m.- 3 m.- 2,5 m.	18 m ² .	1	18 m ² .
Traktor m. frontlaster og tilhenger.	12 m.- 2,5 m.- 3,5 m.	30 m ² .	1	30 m ² .
Vanningvogn	5 m.- 2,5 m.- 2,5 m.	12,5 m ² .	2	25 m ² .
Sum Arealkrav				150,5 m ²
Tillegg areal (30 %)				45,5 m ²
Sum Arealkrav inkl. tillegg.				196 m²

Tabell 1. Romprogram for delen av nybygget som skal være maskinhall.

5.1.2. Romprogram for delen av bygget som skal være korntørke og kornlager.

Jeg har vært i kontakt med Erik Hoel som er salgskonsulent for kornutstyr hos Felleskjøpet. Har gjennom samtale med han fått greie på hva slags utstyr som inngår i ett tørkeanlegg av den størrelsen som er ønsket til produksjonen på gården. Det er ei 10 m³ varmlufts satstørke, med ett 180 kW varmluftsaggregat, som har oppgitt en tørkekapasitet på: 3,5 tonn vare 3 % vann ned pr. time, tid for kjøleprosess kommer i tillegg. Plassbehovet til dette utstyret er ramset opp i tabell 2. Disse målene tar utgangspunkt i produktene som Felleskjøpet leverer, og målene på utstyret er hentet ifra internettsidene til Tornum (s.a.) Selv om disse målene tar utgangspunkt i Felleskjøpet sine produkter, tenker jeg at disse målene ikke vil være så veldig forskjellige hvis jeg heller skulle velge å kjøpe de ifra en annen leverandør.

I tillegg til utstyret som er nevnt i tabell 2, inngår det noe diverse mindre utstyr som varmluftskanaler til tørka og varmluftsaggregatet, samt strømskap og lignende som jeg ikke har noe eksakt mål på.

Når det gjelder planlagrene som skal fungere som lagerplass for ferdig tørket og nedkjølt korn, har jeg tenkt at det skal lages to slike lager, ett på hver side av fyrrommet/korntørka/tippesjakta, Dette er nærmere forklart og vist under ”planløsning korntørke og kornlager”.

Også i denne delen av bygget blir det ett lite tillegg i arealkravet i tillegg til arealet som utstyret i romprogrammet trenger.

Beskrivelse	Plassbehov, meter: Lengde-bredde- høyde.	Arealkrav, m ² pr. stk.	Antall stk.	Totalt m ² Arealkrav
Varmluftstørke.	2,05 - 3,2 - 6,3	6,56	1	6,56 m ²
Varmluftslagregat.	2,6 - 1,1 - 1,8	2,86	1	2,86 m ²
Planlager	14,0- 5,0-2,0	70	2	140 m ²
Tippesjakt.	5,8 - 3,6 - 2,5	10,8	1	20,88 m ²
Kornelevator.	1,5 - 1,5 - 8	2,25	1	2,25 m ²
Sum Arealkrav				172,5 m ²
Tillegg areal (26%)				44,5 m ²
Sum Arealkrav inkl. tillegg.				217 m²

Tabell 2. Romprogram for delen av bygget som skal være kornstørke og lager.

5.2. Kravspesifikasjon.

Tekniske krav:

- Uisolert bygg.
- Gulv og fundamenter må telesikres etter tabell for kald bygning.
- Ingen spesielle krav til gulvet i maskinhallen, det trenger ikke å støpes betong men vil være tilstrekkelig med grus ,pukk, eller asfaltdekke.
- Delen av bygget som skal være kornstørke og kornlager må ha støpt betonggulv som er sterkt nok til å tåle vekten av alt utstyret som er plassert der.
- Bygget trenger ikke å ha innlagt vann, men må ha innlagt strøm.
- Det må monteres elektriske lamper i både maskinhallen, kornlageret, og i fyrrommet.
- Utvendig skal bygget ha stående kledning av typen tømmermannskledning, og som ytre taktekkning skal taket ha svarte trapesprofilerte metalltakplater, for å få det til å passe inn på gårdstunet og gjøre så det står i stil med låven som står i nærheten.
- Fyrrommet må bygges som ei branncelle avskilt fra resten av bygget.
- Bygget skal ha brannvarslingsanlegg som kobles til det allerede eksisterende sentral brannvarlingssystemet som omfatter alle bygningene på gården.
- Det må være brannslukkingsutstyr som er lett tilgjengelig i hele bygget.
- Varmluftstørkeanlegget må godkjennes av branntilsyn.

Funksjonelle krav:

- Delen av bygget som skal fungere som maskinhall må ha takhøyde på minst 4 meter for å få plass til store maskiner og redskap som f. eks tresker og potethøster.
- Delen av bygget som skal fungere som maskinhall må ha store porter som er minimum 4 meter høye for å sikre god plass til maskiner og redskap som skal kjøres inn.
- Det må være flere porter som gir adgang til bygget slik at det blir lett tilgang til alle steder der det er lagret redskap, og til korntørka og kornlaget.
- Bygget må minimum være 12 meter bredt innvendig for å få plass til traktor med laster og tilhenger.
- I delen av bygget som skal fungere som korntørke og lager må det graves ned og støpes en grop for å gjøre plass til korntørka, tippesjakt med bunntransportøren under tippesjakta, og kornelevator. Dette for å slippe å bygge selve bygget høyere enn det som er nødvendig for maskinene som skal inn.
- Bygget må være så tett at det ikke er mulig for fugler og dyr å komme seg inn i det når alle porter og dører er lukket igjen.
- Det er et sterkt personlig ønske om at bygget ikke skal ha noen innvendige frittstående søyler.
- Det er ikke nødvendig med å lage i stand en plass til å vaske traktorer utenfor bygget, da det allerede eksisterer en slik spyleplass ved låven som ligger like ved.

5.3. Valg av entreprisform.

Når det gjelder entreprisform, så har jeg diskutert dette med min far, og vi kom fram til at vi velger å kjøpe inn alle varer og tjenester, og bygge selv. Han har valgt denne entreprisformen flere ganger selv tidligere, og har veldig positive erfaringer med det. Så jeg tenker at det vil være en god løsning å gjøre det på den måten, da han kan hjelpe meg med arbeidet rundt dette.

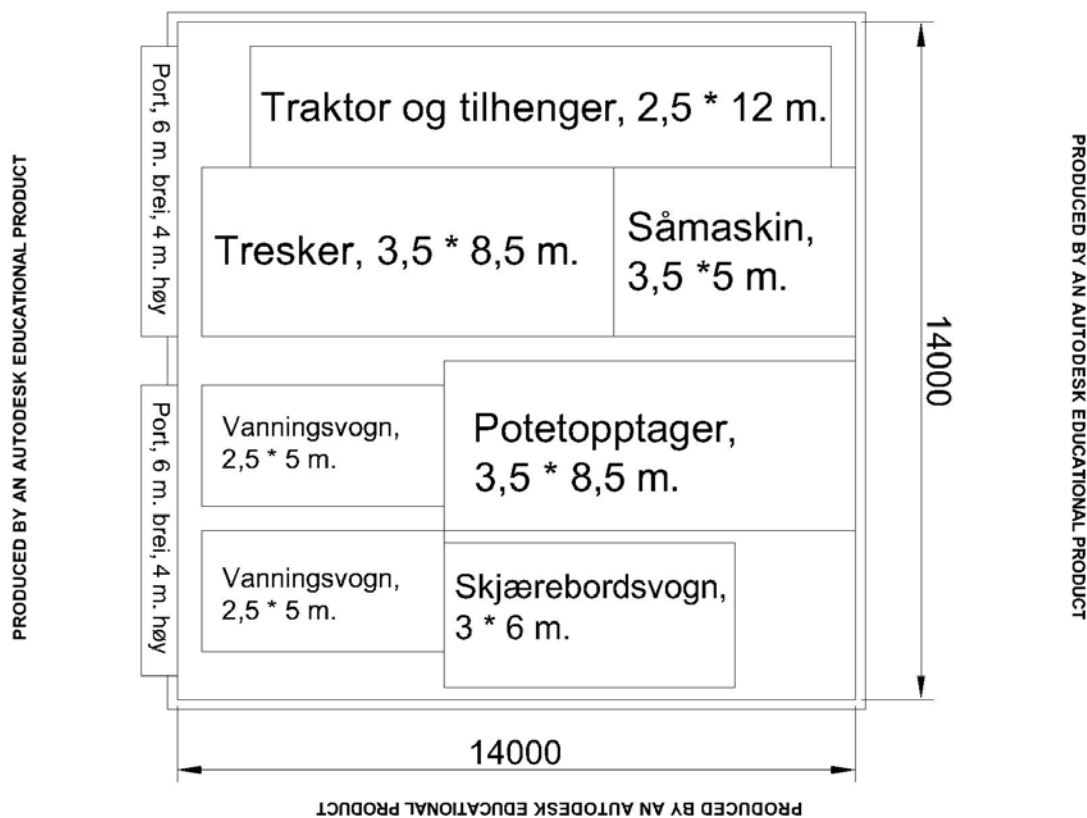
5.4. Planløsning

5.4.1. Planløsning Maskinhall.

På figur 1 har jeg brukt Autocad og tegnet det som skal inn i maskinhallen av maskiner og redskap, i virkelig målestokk i forhold til hverandre og rommet rundt. Det har jeg gjort for å få en god visuell oversikt, og få planlagt delen av bygget slik at det blir plass til alt, og at det er lett å både kjøre redskapene inn og ut av bygget. Firkantene med navn på figur 1 representerer de forskjellige maskinene og redskapene. Som figur 1 viser blir de innvendige målene i rommet 14 meter bredt og 14 meter langt, noe som gir et areal på 196 m². Selve maskinene og redskapene krever som nevnt tidligere under romprogrammet ikke mer enn 150,5 m², men på grunn av litt ukurante og forskjellige mål på maskinene og redskapene mener jeg det blir nødvendig med disse 45,5 m² ekstra for å få til en god løsning.

Under kravspesifikasjonen er det ett punkt som sier at bygget minimum må være 12 meter bredt for å få plass til traktor med tilhenger. Etter å ha prøvd meg litt fram med å plassere de forskjellige redskapene sammen for å finne en passe størrelse og utforming på rommet, fant jeg ut at det var bedre å gå opp til en bredde på 14 meter på bygninge, i stedet for 12 meter. På denne måten fikk jeg plassert flere av redskapene etter hverandre inn i bygningen, og jeg kunne heller spare litt på lengden av rommet. Dessuten gir denne løsningen større muligheter for å kunne plassere redskapene på forskjellige plasser i rommet enn det jeg greide å få til med et 12 meter bredt rom.

Slik jeg har tenkt, skal det være to forholdsvis store porter til maskinhallen. De må ha en åpning på 6 meter i bredde, og 4 meter i høyde for å gi god plass til å kjøre inn i bygget. Slik vi ser på figur 1, har jeg tenkt til at hver av portene skal gi adgang til to rekker med maskiner og redskap, jeg mener dette vil være en god løsning som gjør det lett å kjøre utstyr inn og ut av bygningen. Den store bredden på portene gjør også at jeg har muligheten til å kjøre treskeren med skjærebordet på rett inn i bygningen, noe som kan være veldig kjekt å ha muligheten til under innhøstingperioden. Eventuelt kunne det heller ha vært 4 porter som var smalere, men jeg syns det er en bedre løsning å ha færre, men bredere porter.



Figur 1. Planløsning maskinhall.

5.4.2. Planløsning korntørke og kornlager.

Delen av bygget der korntørka og kornlageret skal være er illustrert på figur 2, der jeg har tegnet rommet og delene i virkelig målestokk i forhold til hverandre. Firkantene på figur 2 skal illustrere det skrifta i dem tilsier.

Som figur 2 viser, ligger det ett planlager på hver side av korntørka, kornelevatoren, og tippesjakta. Tanken bak dette er at kornet som er ferdigtørket og kjølt ned kan slippes ned med naturlig fall til planlagrene ved hjelp av rør fra en fordeler på toppen av elevatoren. Fordeleren kan da enten slippe kornet til toppen av korntørka, eller til ett av planlagerene. Når kornet da er sluppet ned på gulvet i planlagrene kan man enkelt skyve det sammen i en haug lenger innover med traktor og skuffe. Størrelsen på planlagrene har jeg tenkt at skal være 5 meter brede, og blir da også gående i byggets fulle bredde som er 14 meter. Høyden på betongveggene rundt planlagrene tenker jeg skal være 2 meter, slik at man får lagret kornet i 2 meters høyde. I og med at det ikke vil la seg gjøre å fylle planlagrene med korn helt ut til

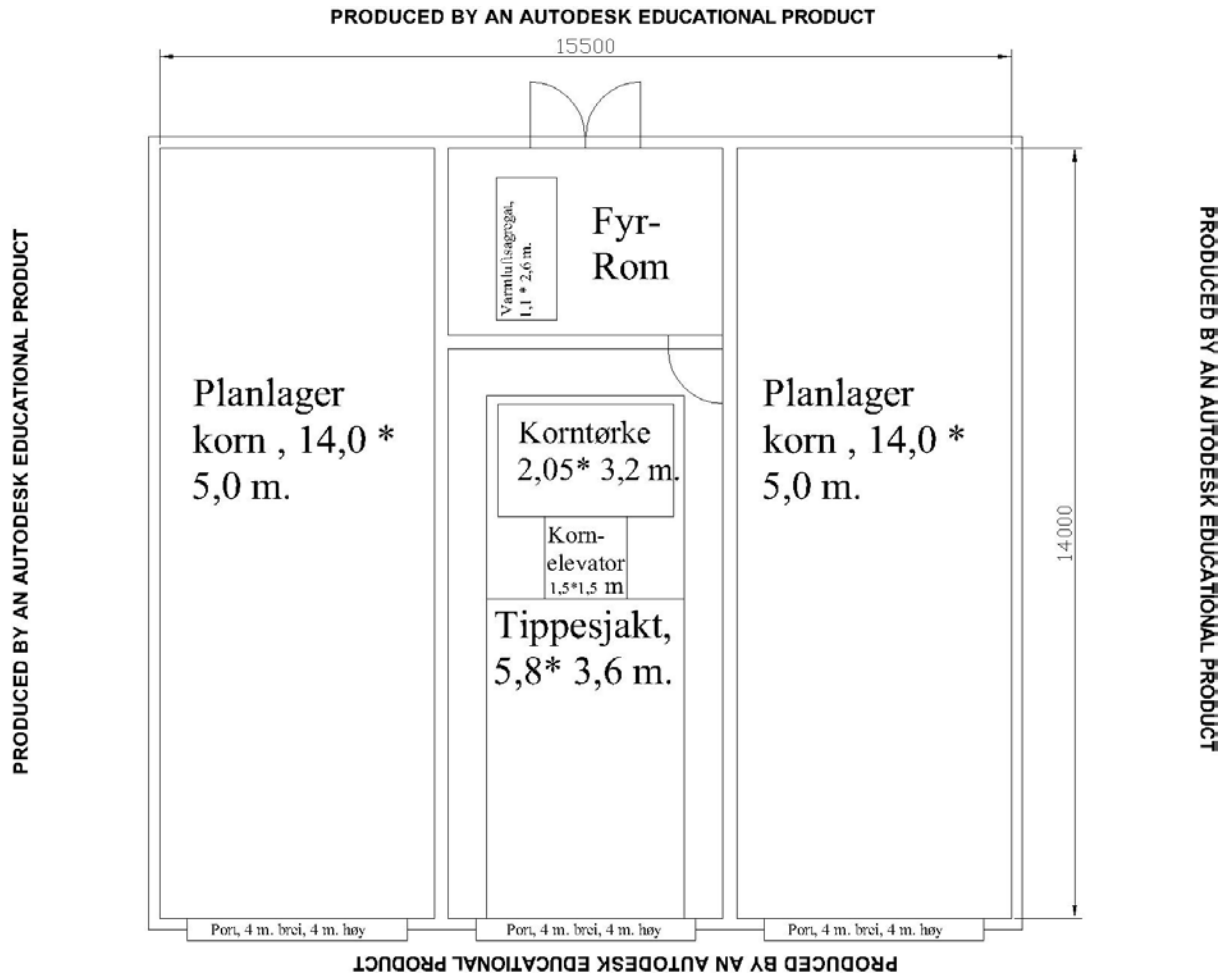
portene med en høyde på 2 meter, tenker jeg at i virkeligheten vil jeg kunne greie og utnytte den fulle høyden i 10-12 meter av lengden i planlagrene. Volumet i de to planlagrene blir til sammen: $5 \text{ m.} * 10 \text{ m.} * 2 \text{ m.} * 2 \text{ stk} = 200 \text{ m}^3$, noe som da igjen tilsvarer ca. 160 tonn ferdigtørket korn når man regner med at tettheten for vanlige kornsorter er $7,9 \text{ kN/m}^3$. Dette igjen passer bra med det jeg har satt som ønske for lagringskapasitet under ”valg av tørkeanlegg”.

Som vist på figur 2 vil ringmuren til bygget fungere som noen av veggene i planlagrene, i tillegg må det støpes betongvegger på tvers av byggets lengderetning som også er vist på figur 2, disse trenger da bare å være 2 meter høye, og det skal ikke bygges noen vegg oppå disse. Eneste unntak er veggen som grenser mot maskinhallen. Oppå den vil jeg bygge en skillevegg i tre for å begrense at kornstøv trekker inn til maskinhallen.

Når det gjelder tippesjakta, kornelevatoren og varmluftstørka skal det graves ned en grop på 3,5 meters dybde til disse. På denne måten får man senket høyden på korntørka og elevatoren slik at de ikke trenger å føres så langt opp i bygget som de ellers måtte. Som man kan se i tabell 2 under romprogrammet for delen av bygget som skal være korntørke og lager, trenger egentlig bare tippesjakta en grop som er 2,5 meter dyp, men med å gå en meter dypere, vil det gjøre så man får bedre plass til å komme til under tippesjakta for eventuelt vedlikehold. I tillegg vil korntørka og elevatoren da ikke trenge og føres høyere opp i bygget enn at man kan ha samme takhøyde som i delen av bygget som er maskinhall, og fortsatt få plass til alt kornutstyret. Har prøvd å illustrere på figur 2 hvor denne gropa skal være med firkanten som inneholder korntørke, kornelevator, og tippesjakt.

Bak varmluftstørka i bygget må det bygges ett fyrrom der varmluftsaggregatet skal plasseres. Tenker at veggen mellom fyrrommet og korntørka støpes med betong, på denne måten vil den være med å hjelpe til å støe av veggene i planlagrene til å bedre tåle trykket fra kornet der, men vil også være med å danne branncelle veggene rundt fyrrommet. Tenker at det vil være smart å ha en dør som gir muligheter til adkomst gjennom denne veggen. I tillegg vil jeg plassere en dør i ytterveggen i dette rommet for å lettere kunne komme inn til dette rommet fra utsiden av bygget.

Har valgt å lage 3 porter som hver er 4 meter brede som gir adkomst til planlagrene og tippesjakta. Dette for å sikre at det er god plass til å rygge store tilhengere inn til tippesjakta, men også for at det skal være lett å manøvrere seg inn og ut i planlagrene med traktor og frontlaster.



Figur 2. Planløsning korntørke og lager.

5.5. Situasjonsplan.

Vedlegg 1 viser bilde over situasjonsplanen på tunet. Kartet er hentet i fra internett sidene til Norsk institutt for skog og landskap (s.a.). Jeg har selv tegnet strekene i forskjellige farger på kartet for å vise hvor kraftlinjer, vannledninger, osv. i området går.

For å illustrere hvor jeg har tenkt til at nybygget skal ligge, har jeg tegnet det inn på kartet. Den svarte firkanten skal illustrere nybygget i riktig størrelse i forhold til omgivelsene rundt. Det er imidlertid flere aktuelle plasser hvor bygget kan plasseres innenfor det området som ligger rundt, men jeg mener at det vil være en god løsning å legge det der jeg har tegnet det inn, og har i hvert fall foreløpig tenkt at det skal ligge der. Det blir da liggende i nærheten av tunet ellers, og man vil bevare rundkjøring rundt den eksisterende låven som er mye i bruk. Denne veien vil også gi enkel adkomst til nybyggets framside der alle portene er. Ved å plassere nybygget ca. 15 meter ifra den eksisterende låven blir det i tillegg god plass mellom byggene, som gjør at det blir lett å kjøre inn og ut av nybygget. Siden den eksisterende låven er eneste bygget i umiddelbar nærhet, vil jeg ved å la det være såpass god plass mellom låven og nybygget også oppfylle kravet om 8 meters avstand mellom bygninger. En annen sak ved denne løsningen er at jeg vil bevare en del av åkeren bak nybygget som fortsatt kan dyrkes. Det mener jeg gir området imot den gamle kirkegården i sørvest og naboeiendommen i nordvest ett pent utseende, i forhold til om jeg skulle plassert bygget helt inntil nabogrensa der. Ved å plassere bygget slik jeg har gjort er det også muligheter for å utvide det i både lengde og bredde hvis det skulle være aktuelt i fremtida.

Nabogrensene på kartet er markert med lyserøde streker. Som kartet viser vil nybygget bli plassert så langt inntil nabogrensa i nordvest som mulig, og etter generelle bestemmelser er det da en avstand som tilsvarer halve høgda på bygningen, men ikke under 4 meter som er forklart i undervisningskompendie Rollen som byggerherre. Administrasjon av planleggings- og byggeprosesser (Gillerhaugen, 2011). Mønehøgda på bygget blir 9,6 m, dermed må bygget plasseres 5 meter ifra nabogrensa i nordvest. Avstanden til nabogrensene i sørvest, som er den gamle kirkegården, og en privat eiendom blir ca. 40 meter.

De gule strekene på kartet viser hvor kraftlinjene oppe i lufta på gården går. Som kartet viser går disse hovedsakelig på nord og nordøst siden av den eksisterende låven, og vil ikke komme i veien for nybygget.

De blå strekene på kartet viser hvor det er nedgravd vannledninger på tunet. Som vi kan se på kartet, er det en vannledning fra det kommunale nettet som kommer inn fra nordsiden av eiendommen. Den går inne på tunet blant bolighusene og kommer inn på nordøst siden av låven, og er ikke i umiddelbar nærhet av nybygget. Vannledningen på kartet som går på sørøst siden av nybygget er en vannledning tilknyttet gårdens eget vanningsanlegg for vanning av åkre.

De grønne strekene på kartet viser hvor telefonledningene på tunet går. Som kartet viser går disse inne på tunet blant bolighusene, og vil ikke komme i nærheten av nybygget.

For å oppsummere, det er ingen nedgravde rør eller ledninger, eller noen ledninger oppe i lufta som er der bygget skal ligge.

Det er riksvei 240 som er nærmeste offentlige vei, og som kartet viser går den ca. 50 meter nordvest for nybygget. Kartet viser også adkomsten til eiendommen fra offentlig vei. På kartet kan vi se veien opp til gården, som går fra riksvei 240 og forbi 2 naboeiendommer og den gamle kirkegården.

5.6. Beskrivelse av bygningsdeler og detaljer.

5.6.1. Fundament og ringmur.

Under ringmuren til bygget skal det støpes stripefundament, samt at det må lages punktfundamenter under søylene og muren som holder dragerne over portene oppe. Langs utsiden av fundamentet må det legges en minimum 100 mm drensledning for å drenere vekk vann. Den må legges slik at toppen og bunnen på drensledningen ligger innenfor toppen og bunnen til fundamentet, og overdekkes med ett lag med pukk. Jeg velger å bruke grunnfundamentering til bygget, noe som gjør at jeg må isolere under og på inn og utsiden av fundamentet med trykkfaste isolasjonsplater og tenker å benytte XPS til dette. Under fundamentet må det legges ett lag med pukk. I Gran kommune er den dimensjonerende frostmengden $F_{100} = 48000 \text{ hC}$ og årsmiddeltemperaturen $\theta_m = 2,1 \text{ tmC}$, disse verdiene finner jeg i byggdetalj 451.021 (SINTEF byggforsk, 2008). Ut ifra disse verdiene finner jeg i byggdetalj 521.811 (SINTEF byggforsk, 2008). at isolasjonstykkelsen må være 190 mm. I byggdetalj 521.811 (SINTEF byggforsk, 2008). finner jeg også ut at isolasjonen må ha et utstikk på 1,5 meter langs veggene, og ett utstikk på 2 meter i hjørnene av bygget. Utstikket til isolasjonen på 2 meter i hjørnene på bygget må føres fra hjørnet og 2,25 meter bortover veggen, før det går inn til en bredde på 1,5 meter.

Oppå fundamentet må det støpes ringmur. På fasade tegningene som er vedlagt kan man se at det skal være litt forskjellige høyder på denne rundt bygningen. Som nevnt tidligere må ringmuren i delen av bygget der korntørka og lagret er, være 2 meter høy, mens i delen av bygget som er maskinhall kan den bare være 1 meter høy. På framsiden av bygget der portene er, skal den også bare være 1 meter høy mellom portene.

5.6.2. Gulv

Gulvet i delen av bygget som skal være maskinhall trenger som nevnt under kravspesifikasjonen ikke og støpes i betong, men det vil være tilstrekkelig med ett dekke av pukk eller asfalt.

I delen av bygget som skal være korntørke og kornlager derimot må det støpes betonggulv på grunn. Oppbygningen av denne gulvkonstruksjonen finner jeg beskrivelse av i byggdetalj

521.111 (SINTEF byggforsk, 2008). For å hindre skade på gulvet på grunn av telehiv i bakken, må det isoleres under betonggulvet med EPS, tykkelsen på isolasjonen blir den samme som det blir utenfor og under fundamentet. Oppå isolasjonen må det legges ei dampspærre som skal sikre at ikke vanndamp fra grunnen under trekker opp til bygningen. Under isolasjonen skal det legges ett lag med drenerende masse, som puk, for å bryte kapillær transporten av vann opp til bygget.

5.6.3. Vegger.

Veggene i bygget vil bli bygget som bindingsverk med stendere, med senteravstand 120 cm. , topp og bunnsvill, utlekting for festing av utvendig kledning og skråavstivere på innsiden av bindingsverket. Edvardsen og Ramstad (2010, s. 203) viser og forklarer oppbygning av veggkonstruksjon av bindingsverk. Som utvendig kledning har jeg tenkt at det skal benyttes vertikale kledningsbord av typen tømmermannspanel som er beskrevet og vist i Edvardsen og Ramstad (2010, s. 220-221).

For å tette den innvendige skilleveggen mellom korntørka og maskinhallen slik at det blir begrenset med kornstøv som kan drive mellom disse to rommene, tenker jeg å kle denne veggen med rupanel. Den innvendige skilleveggen i bygget blir ikke en bærende vegg, og vil bare fungere som en skillevegg. Derfor tenker jeg bare å lage istand denne av bindingsverk med noe mindre dimensjoner av trevirke, som for eksempel 48mm*98mm slik at rupanelen kan festes dirkete til stenderne på den ene siden. Skilleveggen må festes til muren i underkant og til takstolene i overkant, slik at den står støtt.

5.6.4. Himling.

Himlinga inne i bygget tenker jeg kan være åpen og trenger ikke kles med noe.

Himlinga/dekket over fyrrommet derimot, tenker jeg kan støpes som ett betongdekke, slik at det også vil fungere sammen med veggene i fyrrommet og danne ei branncelle, slik det er krav om rundt fyrrommet.

5.6.5. Takkonstruksjon.

Som bærekonstruksjon for taket har jeg tenkt å benytte prefabrikkerte takstoler av typen saltakstol som er beskrevet i byggdetalj 525.831 (SINTEF byggforsk, 2008). Disse skal da monteres med en senteravstand på 120 cm. Jeg har tenkt at taket skal ha en takvinkel på 34 grader. Dette er fordi låven som står ved siden av har en takvinkel på 34 grader, og jeg vil at nybygget skal ha en tilsvarende takvinkel, slik at taket på nybygget blir sende likt ut som taket på låven.

Som undertak har jeg tenkt til å legge taktro av rupanel med ett rullprodukt som tettesjikt oppå som er beskrevet i byggdetalj 525.866 (SINTEF byggforsk, 2008).

Oppå undertaket må det legges sløyfer og lekter og som utvendig takteking skal det legges profilerte metalltakplater, takteking med metalltakplater er beskrevet i byggdetalj 544.103 (SINTEF byggforsk, 2008).

5.6.6. Dører og porter.

Selve portene til bygningen tenker jeg å lage selv av treverk, i stedet for å kjøpe fabrikerte porter. De to portene inn til maskinhallen blir laget som skyveporter, slik at de dekker hele portåpningene og monteres på skinner, og kan skyves forbi hverandre på innsiden langs veggen. Portene inn til tippesjakta og kornlagrene tenker jeg å lage slik at portåpningene blir dekt av to porter som hver er festet på hengsler i veggen som slår utover når de åpnes.

5.6.7. Fyrrømmet

Som man kan se på Plantegningen(vedlegg 3) vil de fire veggene rundt fyrrømmet være 250 mm tykke betongvegger. Tabell 21 i byggdetalj 520.306 (SINTEF byggforsk, 2008) oppgir brannmotstanden til en 240 mm tykk bærende plasstøpt betongvegg til REI 240.

Dørene inn til fyrrømmet må være godkjente brannsikre dører.

5.7. Laster, formfaktorer, og lastfaktorer

I forbindelse med dimensjoneringen av bygningsdeler har jeg satt opp en oversikt over hvilke laster jeg må regne med, samt hvilke lastfaktorer de har, og eventuelle formfaktorer de måtte ha. Jeg gjennomfører dimensjoneringen i bruddgrensetilstanden.

5.7.1. Snølast.

Snølasten på tak skal beregnes etter karakteristiske verdier for snølast på mark med en returperiode på 50 år ifølge byggdetalj 471.041 (SINTEF byggforsk, 2008, punkt 2).

Bygget skal som sagt ligge i Gran kommune som ligger i Oppland fylke, byggeplassen ligger på 250 m.o.h. og taket er av typen saltak med takvinkel på 34 grader.

Byggdetalj 471.041 (SINTEF byggforsk, 2008). angir grunnverdien $S_{k,0}$ som er karakteristisk snølast på mark for kommuner. Denne verdien gjelder som karakteristisk snølast S_k for områder i kommunen som ligger under en høydegrens H_g . I byggdetalj 471.041 (SINTEF byggforsk, 2008, tabell 3). finner jeg at Gran kommune har en karakteristisk snølast $S_{k,0} = 4,0$ kN/m² og at $H_g = 350$ m.o.h. I og med at byggeplassen ligger på 250. m.o.h. som er under høydegrensen H_g i kommunen blir karakteristisk snølast på byggestedet $F_{k\ sn\sigma} = S_k = 4,0$ kN/m²

Som lastfaktor for snølast i bruddgrensetilstand benytter jeg verdien 1,5. Denne lastfaktoren for snølast finner jeg i undervisningskompendiet Dimensjonering av trekonstruksjoner (Gillerhaugen, 2009, s. 25).

Formfaktoren for snølast på tak er avhengig av type tak og takvinkel, og tar utgangspunkt i at snøen på et tak med stor takvinkel lettere vil rase ned enn snøen som ligger på et tak med en liten takvinkel. Dette er forklart i byggdetalj 471.041 (SINTEF byggforsk, 2008, punkt 23). Formfaktoren til snølasten μ for saltaket med takvinkel på 34 grader finner jeg ved å bruke formelen for saltak med takvinkel $30 < 60$ i undervisningskompendiet Dimensjonering av trekonstruksjoner (Gillerhaugen, 2009, s. 19)

$$\mu = 0,8 * \frac{(60-34)}{30} = 0,69$$

Formfaktoren til snølasten $\mu = 0,69$

Når jeg nå har den karakteristiske snølasten, lastfaktoren og formfaktoren for snølasten kan jeg regne ut den dimensjonerende snølast på taket som blir:

$$F_{d \text{ snø}} = 4,0 \text{ kN/m}^2 * 1,5 * 0,69 = 4,14 \text{ kN/m}^2$$

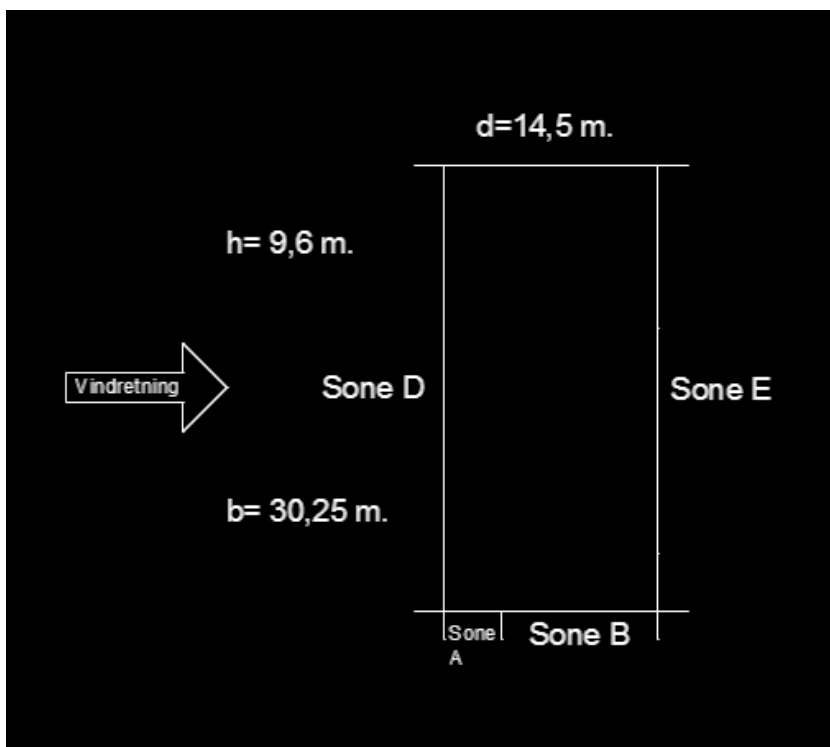
5.7.2. Vindlast.

Referansevindhastigheten i Gran kommune er $V_{\text{ref}} = 22 \text{ m/s}$ og denne finner jeg i byggdetalj 471.043 (SINTEF byggforsk, 2008, tabell 6). For å regne ut kastevindhastighetstrykket som bygget vil bli utsatt for velger jeg å benytte meg av ett excel-program som er utarbeidet av min veileder Lars Gillerhaugen. Utskrift av dette programmet er lagt ved oppgaven som vedlegg, og som man kan se på dette blir karakteristisk vindlast eller kastevindhastighetstrykket $F_{k \text{ vind}} = q_s = 0,87 \text{ kN/m}^2$.

Lastfaktoren for vindlast i bruddgrensetilstand er 1,5 og jeg finner denne i undervisningskompendiet Dimensjonering av trekonstruksjoner (Gillerhaugen, 2009, s. 25).

Som innvendig formfaktor for vindlasten blir jeg enig med min veileder Lars Gillerhaugen om å forenkle noe, og regner med en innvendig overtrykk i bygget med formfaktor på 0,4 .

Byggdetalj 471.043 (SINTEF byggforsk, 2008, punkt 43). beskriver hvordan ytterveggene til en bygning får forskjellige formfaktorer i forskjellige soner ettersom hvordan vindretningen står på bygget. På figur 3 og figur 4 har jeg tegnet 2 forskjellige situasjoner der vindretningen på figur 3 står 90 grader på møne, mens på figur 4 står vindretningen parallelt med møne. Felles for disse situasjonene er at når vindretningen står mot en vegg, vil det skape en positiv formfaktor, altså ett trykk inn på denne ytterveggen, som blir kalt sone D. Samtidig vil Sone A ,B ,C ,og E på sideveggene, og veggen på baksiden av vindretningen bli utsatt for en negativ formfaktor, eller ett sug utover med forskjellig styrke ettersom hvilken sone veggen befinner seg i.



Figur 3. Soneinndeling utvendig formfaktor på vegger for vindlast med vindretning 90 grader på møne.

På figur 3 ser vi vindretningen stå 90 grader på møne og vi får dermed trykksone D som er vist på figuren. Samtidig får vi sug i sonene A ,B og E når vindretningen står slik.

Som vist på figuren er bredden på huset $d=14,5$ meter og lengden $b= 30,25$ meter, samt at høyden på bygget $h= 9,6$ m. Byggdetalj 471.043 (SINTEF byggforsk, 2008, punkt 43.2) forklarer hvordan størrelsen på de forskjellige sonene regnes ut. Slik situasjonen er på figur 3 vil sone D og sone E være lik byggets lengde som er $b=30,25$ m. For å kunne finne ut størrelsen på sone A ,og B må vi finne parameteren e . Størrelsen på parameteren e er lik den minste av b og $2h$. I mitt tilfelle blir dermed parameteren $e = 2h = 9,6 \text{ m.} * 2 = 19,2 \text{ m.}$ Lengden på sone A er lik $e/5 = 19,2 \text{ m.} / 5 = 3,84 \text{ m.}$ Lengden på sone A og B er lik parameteren e . Slik dette tilfelle med vindretningen er på figur 3 på denne bygningen, blir lengden på parameteren e større enn bredden på bygget som er $14,5$ meter og sideveggene får dermed bare en sone A og en sone B. Sone A er $3,84$ meter lang og sone B er $10,6$ meter lang.

For å finne formfaktorene til ytterveggene i de forskjellige sonene må man se i byggdetalj 471.043 (SINTEF byggforsk, 2008, tabell 432). Der må man vite forholdet $h/d = 9,6\text{m.}/14,5$

$m = 0,66 \approx 1$. Tabell 432 har 3 forskjellige forhold mellom h/d som er $5, 1, \leq 0,25$. For mellomliggende verdier av h/d kan man egentlig interpolere lineært for å finne eksakte verdier. Jeg velger imidlertid å runde av 0,66 opp til 1, da jeg ser ut ifra verdiene i tabellen at dette ikke vil gjøre noen betydelige utslag på formfaktorene, da de er så å si like i alle soner både for forholdet $h/d = 1$, og $h/d \leq 0,25$. Formfaktorene i de forskjellige sonene er også avhengig av arealflaten til de forskjellige sonene, og tabell 432 har to forskjellige formfaktorer. Den ene formfaktoren er c_{pe10} som gjelder for flater som er minst 10 m^2 , og c_{pe1} som gjelder for flater med ett areal under 1 m^2 . For flater som er mellom 1 m^2 og 10 m^2 kan man bruke en omregningsformel for å regne ut eksakte verdier.

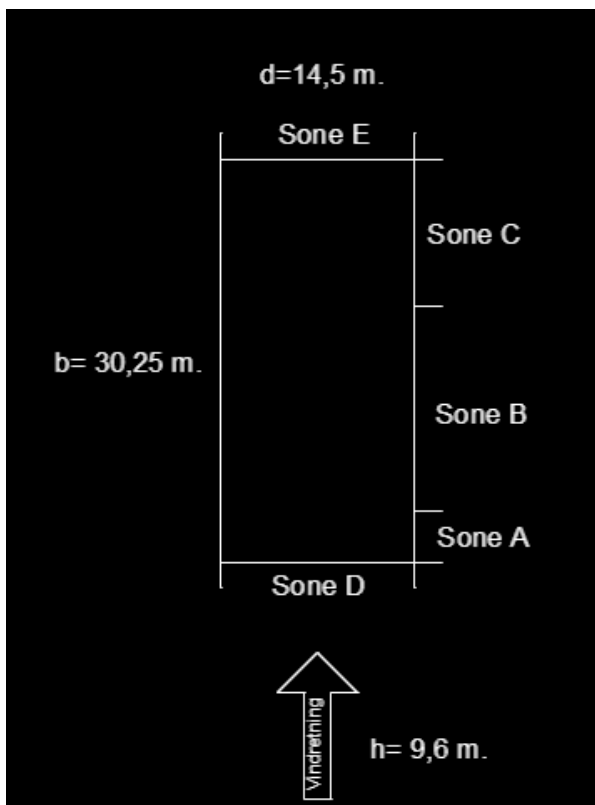
Med bakgrunn i dette får jeg følgende utvendig formfaktorer for ytterveggene fra tabell 432, når vindretningen står 90 grader på møne som i figur 3:

Sone A : $c_{pe10} = -1,2$

Sone B : $c_{pe10} = -0,8$

Sone D : $c_{pe10} = 0,8$

Sone E : $c_{pe10} = -0,5$



Figur 4 Soneinndeling utvendig formfaktor på vegger for vindlast med vindretning parallelt med møne.

For å finne formfaktorene til ytterveggene i de forskjellige sonene når vindretningen står parallelt med mønet, som er vist på figur 4, blir framgangsmåten lik som når vindretningen sto 90 grader på møne.

Som vi kan se på figur 4 når vindretningen blir stående parallelt med møne, blir nå trykksone D på den ene gavlveggen, samtidig som sugesone E blir på gavlveggen på den andre siden av bygget. Både lengden på sone D og sone E blir i dette tilfelle lik bredden på bygget som er $d = 14,5$ meter.

Som vi kan se på figur 4 får vi nå sugesonene A, B, og C langs langveggene til bygget. Lengden på sone A regnet jeg ut tidligere, og den er lik parameteren $e/5 = 3,84$ meter. Lengden på parameteren e regnet jeg tidligere ut at var : $e = 2 * h = 19,2$ meter. Og parameteren e er lik lengden på sone A + sone B. Lengden på sone B blir dermed $e - \text{sone A} = 19,2 \text{ meter} - 3,84 \text{ meter} = 15,36 \text{ meter}$. Lengden på sone C blir da: $b - e = 30,25 \text{ meter} - 19,2 \text{ meter} = 11,05 \text{ meter}$.

Ut ifra disse opplysningene kan jeg nå finne de utvendige formfaktorene til de forskjellige sonene på bygget når vindretningen står parallelt med mønet som vist på figur 4. Ut ifra byggdetalj 471.043 (SINTEF byggforsk, 2008, tabell 432). finner jeg da følgende utvendige formfaktorer for ytterveggene:

Sone A: $c_{pe10} = -1,2$

Sone B: $c_{pe10} = -0,8$

Sone C: $c_{pe10} = -0,5$

Sone D: $c_{pe10} = 0,8$

Sone E: $c_{pe10} = -0,5$

Byggdetalj 471.043 (SINTEF byggforsk, 2008, punkt 42). beskriver formfaktorer for takkonstruksjoner. Akkurat som veggene til et bygg har forskjellige soner med forskjellige formfaktorer for vind avhengig av vindretningen, har også forskjellige takkonstruksjoner forskjellige soner med forskjellige formfaktorer ettersom hvordan vindretningen står på bygget. Jeg blir enig med min veileder Lars Gillerhaugen om at jeg kan forenkle litt på dette området, og regner med en gjennomsnittlig utvendig formfaktor på taket lik $-0,8$ på det arealet jeg skal regne på for vindkrefter som kan løfte bygget oppover. Med en innvendig formfaktor

for overtrykk på 0,4 blir da samlet formfaktor for taket -1,2. Denne utvendige formfaktoren er en av de høyeste utvendige formfaktorene for sug som er for tak ifølge byggdetalj 471.043 (SINTEF byggforsk, 2008, tabell 421). Unntaket for dette er ved spesielt utsatte områder på taket, som. f. eks ved piper eller hjørneutstikk der formfaktoren kan bli helt opp imot -2,9 ifølge byggdetalj 471.043 (SINTEF byggforsk, 2008).

5.7.3. Egenlaster.

Som egenlast for en slik takkonstruksjon som dette bygget vil få, regnes det vanligvis en egenlast på $0,6 \text{ kN/m}^2$, men siden himlinga ikke skal isoleres og kles kan man regne med ca. $0,2 \text{ kN/m}^2$ lavere egenvekt (Lars Gillerhaugen, personlig kommunikasjon). Jeg velger derfor å regne med at den karakteristiske egenvekta til denne takkonstruksjonen er $F_{k \text{ egen}} = 0,4 \text{ kN/m}^2$.

For å kunne regne ut egenvekter til dragere og søyler av treverk finner jeg i byggdetalj 471.031 (SINTEF byggforsk, 2008, punkt 1.18). at tyngdetettheten til treverk av gran/furu er $5,0 \text{ kN/m}^3$. Under punkt 1.11 i samme byggdetalj finner jeg ut at egenvekta til armert betong er 25 kN/m^3 .

Lastfaktoren for egenlaster er 1,2 og denne finner jeg i undervisningskompendiet Dimensjonering av trekonstruksjoner (Gillerhaugen, 2009, s. 25).

Dimensjonerende egenlast for takkonstruksjonen blir : $F_{d \text{ egen}} 0,4 \text{ kN/m}^2 * 1,2 = 0,48 \text{ kN/m}^2$

5.7.4. Nyttelast.

Lastfaktoren til nyttelaster i bruddgrensetilstand er 1,5 , denne finner jeg i undervisningskompendiet Dimensjonering av trekonstruksjoner (Gillerhaugen, 2009, s. 25). Skyveportene som dekker åpningene inn til maskinhallen som er 6 meter brede og 4 meter høye, vil hvile på skinner som er skrudd fast til drageren over portåpningen, og vil fungere som er nyttelast på denne drageren. For å prøve å finne en verdi for hvor mye denne porten blir veiende slik at jeg har noe å regne med, tenker jeg meg at den vil bli bygd opp av ei ramme i tre og kledd med forholdsvis tynne planker for å gjøre den så lett som mulig. Tenker at jeg benytter planker som er 15 mm. tykke for å kle porten, og at til rammeverket må jeg benytte meg av noe grovere dimensjoner, som for eksempel $50\text{mm} * 100\text{mm}$ eller $50\text{mm} * 150\text{mm}$. For ikke å gjøre dette veldig mye mer komplisert, tenker jeg meg da at kledningen og

rammeverket til sammen gjør så den gjennomsnittlige tykkelsen på porten blir 25 mm over hele arealet.

Volumet av treverket i porten blir da : $4\text{m} \cdot 6\text{m} \cdot 0,025\text{m} = 0,6 \text{ m}^3$

Tyngdedensiteten til treverk av gran/furu er $5,0 \text{ kN/m}^3$

Porten blir veiende: $5,0\text{kN/m}^3 \cdot 0,6\text{m}^3 = 3 \text{ kN}$

Portene inn til kornlagrene og tørka vil bli skrudd fast i veggen på utsiden, og vil ikke hvile på dragerne over portåpningene som er 4 meter brede, eller søylene som holder dragerne oppe.

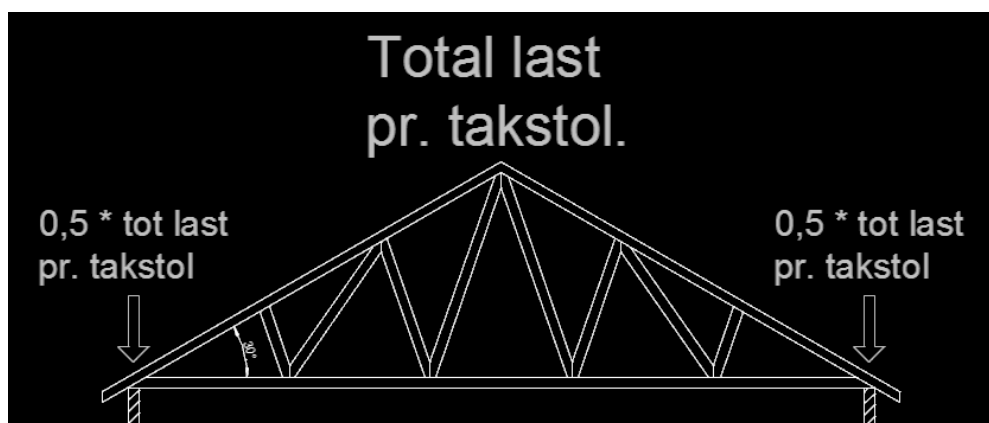
Jeg blir enig med min veileder Lars Gillerhaugen om ikke å regne med noen påkjørselslast på søylene som holder dragerne over portene oppe. Jeg regner da med at den som kjører traktor og maskiner inn og ut av bygget er forsiktig og vet hva han driver med og ikke kjører borti disse søylene.

Når det gjelder horisontale laster som virker på betongveggene i planlagerene er dette noe som er litt vanskelig å beregne nøyaktig. Når kornet måkes opp i en høyde på 2 meter vil da noe av kornet presse veggene utover og påføre veggene en horisontal last. Jeg tenker at det ikke vil være nødvendig å dimensjonere disse veggene for en ren påkjørselslast fra traktor heller, men regner med at den som kjører er forsiktig og vet hva han/hun driver med. Alikevel tenker jeg at jeg må regne med en liten ekstra horisontal last ifra traktoren på disse veggene, da det vil bli en liten ekstra påkjenning på veggene i tillegg kornpresset da man skyver kornet sammen inn i bygget.

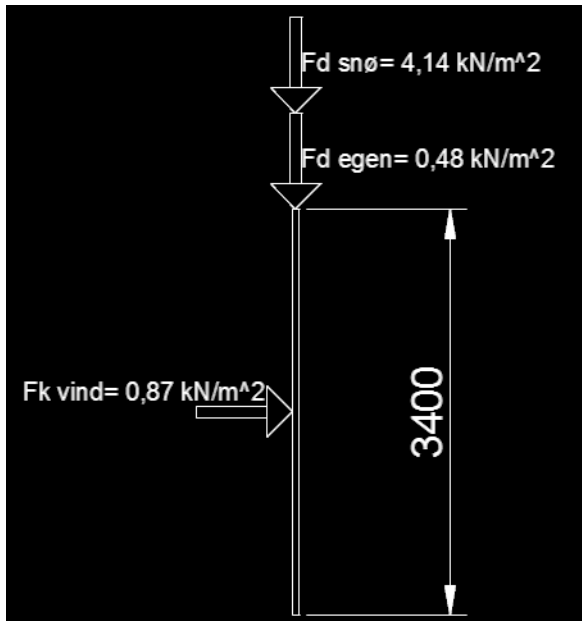
5.8. Dimensjonering.

5.8.1. Dimensjonering av stendere i yttervegg mot snølast.

Når jeg har dimensjonert stenderne i ytterveggen mot snølast, tar jeg utgangspunkt i de lengste stenderne langs ytterveggen som står plassert slik at de er utsatt for den største formfaktoren for vindlasta. Langs veggen der de lengste stenderne står er det fra bunn av bunnsvill til toppen av toppsvill 3,5 meter. Regner med at topp og bunnsvilla blir av plank som har tykkelse 0,05 meter, og dermed blir lengdene på de lengste stenderne 3,4 meter. Ved å finne en stender som holder på denne plassen, tenker jeg at ved å benytte tilsvarende stendere rundt hele bygget vil naturligvis de stenderne som er kortere, og står i områder med mindre eller lik formfaktor for vindlast, også holde når de ikke utsettes for noen andre laster enn det jeg regner med i dette lasttilfellet. Jeg regner med at den totale lasta som hviler på hver takstol er jevnt fordelt, og at halvparten av denne lasta blir tatt opp ved hvert opplegg til takstolen som er vist på figur 5. Ved å tenke på samme måten, tenker jeg at siden senteravstanden mellom stenderne/takstolene er 1,2 meter, regner jeg med at hver stender/takstol må ta opp lasta fra 0,6 meter fra hver side av stenderen/takstolen. Ut ifra de lastene jeg har kommet fram til tidligere i oppgaven, kan jeg nå sette opp ett lastbilde for stenderen jeg skal beregne som er vist på figur 6.



Figur 5. Lastfordeling takstoler.



Figur 6. Lastbilde stender i yttervegg, snølast.

Dimensjonerende laster og moment:

Dimensjonerende horisontal vindlast: Regner som sagt med største utvendig formfaktor på ytterveggen som er ett sug på -1,2 i sone A som er vist på figur 4 og ett innvendig overtrykk i bygget med formfaktor 0,4, samlet formfaktor blir da: $-1,2 - 0,4 = -1,6$

$$F_{d \text{ vind}} = 0,87 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1,5 * 1,6 = 2,01 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Dimensjonerende snølast: } F_{d \text{ snø}} = 4,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Dimensjonerende egenlast: } F_{d \text{ egen}} = 0,48 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Total dimensjonerende vertikal last ($F_{d \text{ vertikal}}$) som hviler på stenderen:

(Utvendig bredde på bygningen er 14,5 meter + (2 * 0,5 m. takutstikk) = 15,5 meter bredde medregnet takutstikk).

$$F_{d \text{ vertikal}} = (4,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0,48 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}) * (\frac{15,5 \text{ m}}{2}) * 1,2 \text{ m} = 43 \text{ kN}$$

Dimensjonerende moment p.g.a. horisontal vindlast som er jevnt fordelt og virker på veggen og stenderen:

$$M_d = \frac{\left(2,01 \frac{kN}{m^2} * 1,2m\right) * (3,4 m)^2}{8} = 3,49 \text{ kNm}$$

Velger fasthetsklasse for stenderene og beregner dimensjonerende materialfastheter.

Velger C 30 som fasthetsklasse for den justerte skurlasta som skal benyttes som stendere og sviller.

Jeg velger klimaklasse 2 for dette bygget da klimaklasse 2 blant annet omfatter bærende elementer i bygninger som vanligvis ikke er oppvarmet, ifølge avsnittet om klimaklasser i undervisningskompendiet Dimensjonering av trekonstruksjoner (Gillerhaugen, 2009, s. 41).

Som lastvarighetsklasser for de forskjellige lastene er det egentlig lastvarighetsklasse P (permanent last) for egenlast, lastvarighetsklasse B (halvårslast) for snølast, og lastvarighetsklasse C (korttidslast) for vindlast. Til tross for at det her er ulike lastvarighetsklasser, kan jeg sette fasthetsfaktoren $k_{mod} = 1$ fordi NS 3491 sier at snølast for klimaklasse 1 og 2 kan benytte $k_{mod} = 1$, som egentlig tilsier en korttidslast i klimaklasse 1 eller 2. Bruker materialfaktoren $\gamma_m = \gamma_1 * \gamma_2 = 1,1 * 1,1 = 1,21$. Bruker lastfordelingsfaktoren $k_{ls} = 1,0$.

Dimensjonerende materialfastheter:

$$\text{Trykk i fiberretningen: } f_{cod} = 27 \frac{N}{mm^2} * \frac{1*1}{1,21} = 22,3 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Trykk på tvers av fiberretningen: } f_{c90d} = 5,7 \frac{N}{mm^2} * \frac{1*1}{1,21} = 4,7 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Bøying: } f_{md} = 30 \frac{N}{mm^2} * \frac{1*1}{1,21} = 24,8 \frac{N}{mm^2}$$

Beregne hvor store dimensjoner på stendere og sviller som må brukes.

Bruker 48mm*198mm justert skurlast.

Tenker at stenderne vil bli spent fast i veggen i utlektingene på utsiden og skråavstiverne på innsiden, og på denne måten bare kan knekke om akselen som har en høyde på 198 millimeter.

Setter søylas knekk lengde l_k lik søylas lengde som er 3400 millimeter.

$$\text{Slankheten } \lambda = \frac{3400\text{mm}}{(0,29 \cdot 198\text{mm})} = 59$$

Når jeg nå har funnet slankheten $\lambda=59$ finner jeg knekkfaktoren $k_\lambda = 0,55$ i undervisningskompendiet Dimensjonering av trekonstruksjoner (Gillerhaugen, 2009, tabell 30, s. 35). Når jeg har funnet slankheten finner jeg også forholdet $k_\lambda/k_{ei} = 0,66$ i undervisningskompendiet Dimensjonering av trekonstruksjoner (Gillerhaugen, 2009, tabell 43, s. 49).

Dimensjonerende trykk i fiberretningen:

$$\sigma_{\text{cod}} = \frac{43 \cdot 10^3 N}{(48 \cdot 198) \text{mm}^2} = 4,52 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Arealmomentet til stenderen:

$$W = \frac{48\text{mm} \cdot (198\text{mm})^2}{6} = 313632 \text{mm}^3$$

Dimensjonerende bøyepening:

$$\sigma_{\text{md}} = \frac{3,49 \cdot 10^6 N\text{mm}}{313632 \text{mm}^3} = 11,1 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

For å kontrollere stenderen om den tåler kombinasjonen av både trykk og bøyepening benytter jeg formelen for trykk og bøyning som jeg finner i undervisningskompendiet dimensjonering av trekonstruksjoner (Gillerhaugen, 2009, s. 48). Bruker $k_n=1$ og $k_{vipp}=1$

$$\frac{4,52 \frac{N}{\text{mm}^2}}{22,3 \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot 0,55} + \frac{\frac{11,1 \frac{N}{\text{mm}^2}}{(1 \cdot 1)}}{24,8 \frac{N}{\text{mm}^2}} * \frac{1}{1 - 0,66 * \frac{4,52 \frac{N}{\text{mm}^2}}{22,3 \frac{N}{\text{mm}^2}}} \leq 1$$

$$0,37 + 0,45 * 1,15 \leq 1$$

$$0,89 \leq 1$$

Stenderen består kontrollen for kombinasjon av bøyepening og trykkspenning. Kan nevne at jeg først forsøkte med fasthetsklasse C 24 i samme dimensjon, men med den fasthetsklassen passerte stenderen akkurat ikke kontrollen for kombinasjon av spenninger, så jeg valgte heller å gå opp til C 30 fasthetsklasse.

Jeg vil også kontrollere svilletekket på bunn og toppen av stenderen, til dette benytter jeg formelen trykk på tvers av fiberretningen som jeg finner i undervisningskompendiet Dimensjonering av trekonstruksjoner (Gillerhaugen, 2009, s. 46). Setter $k_{c90} = 1$

$$\sigma_{c90d} = \sigma_{cod} = 4,52 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{4,52 \frac{N}{mm^2}}{4,7 \frac{N}{mm^2} * 1} \leq 1$$

$$0,96 \leq 1$$

Kontrollen av svilletekket er også i orden. Jeg velger derfor å benytte meg av dimensjonen 48mm*198mm i fasthetsklasse C30 til stendere, bunn og toppsviller rundt hele bygget.

Stripefundament under ringmuren.

For å være sikker på at ikke grunnen under stripefundamentet gir etter pga. for stor last ovenfra, må jeg finne ut hvor stor flate stripefundamentet må ha. Når det gjelder hvor stor kapasitet til å ta opp last som grunnen har, så velger jeg å benytte en lastkapasitet på 100 kN/m². Dette fordi jeg ikke har foretatt noen nøyaktige grunnundersøkelser, men jeg vet at det er morenejord på byggestedet, og får vite at fast lagret morenejord ofte har en lastkapasitet på mellom 150 og 200 kN/m² (Lars Gillerhaugen, personlig kommunikasjon). Derfor regner jeg med at jeg i hvert fall kan regne med at grunnen på byggestedet tåler 100 kN/m². Jeg tar da utgangspunkt i den totale vertikale krafta $F_{d \text{ vertikal}} = 43 \text{ kN}$. Lengden på stripefundamentet som disse 43 kN virker på er 1,2 meter siden det er 1,2 meter mellom stenderne.

Regner om til kN/m:

$$\frac{43 \text{ kN}}{1,2 \text{ m}} = 35,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}, \text{ altså } 35,8 \text{ kN pr meter stripefundament.}$$

I tillegg vil vekten av selve ringmuren og fundamentet gi en ekstra vertikal kraft som må tas opp under fundamentet. Tar da utgangspunkt i delen av ringmuren som er 2 meter høy

$$\text{Ringmur: } (25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 0,25\text{m} * 2,5\text{m} * 1\text{m}) = 15,6 \text{ kN}$$

$$\text{Fundament: (Usikker på nøyaktig volum så anslår } 0,2 \text{ m}^3) 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 0,2 \text{ m}^3 = 5 \text{ kN}$$

Total kraft som må tas opp under 1 meter av stripefundament: 56,4 kN

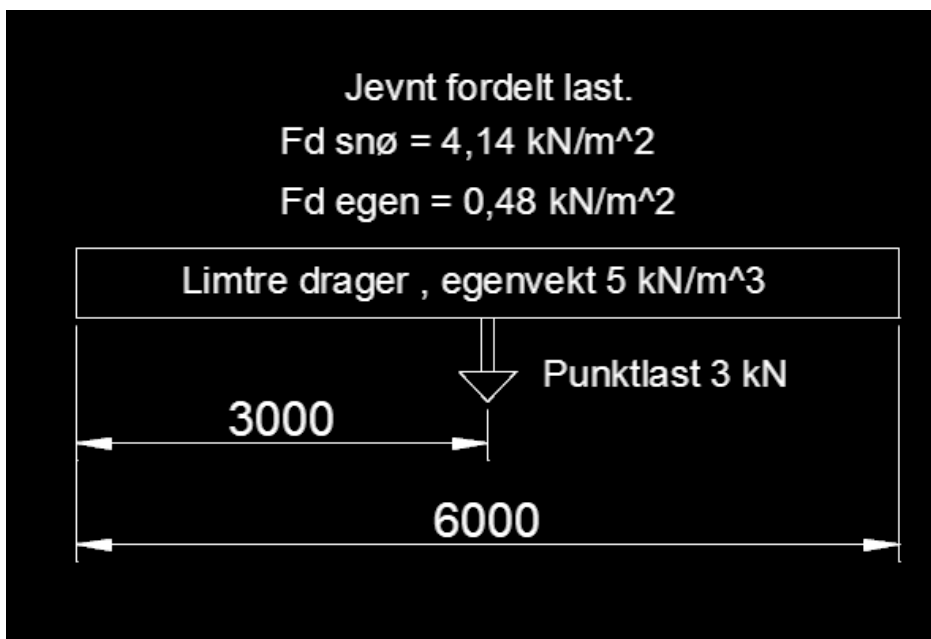
$$100 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 56,4 \text{ kN/ A (m}^2)$$

$$A = 0,56 \text{ m}^2$$

Lengden på dette arealet er 1 meter som gjør at bredden må være 0,56 m. Runder av oppover og velger at stripefundamentet under ringmuren skal være 0,6 m brett.

5.8.2. Dimensjonering av dragere over portåpning til maskinhall for snølast.

Til dragere over de 6 meter brede portåpningene inn til maskinhallen tenker jeg å benytte limtre dragere. På figur 7 har jeg tegnet lastbilde som denne drageren blir utsatt for. Antar også her at lasta fra hver takstol er jevnt fordelt og hviler like mye på hvert opplegg på hver side av bygningen. Selv om oppleggene fra taksolene som hviler på drageren vil fungere som punktlaster på drageren velger jeg å regne med at lasta fra takstolene som hviler på drageren er jevnt fordelt over hele drageren. Bøyemomentet vil blir tilnærmet likt det samme om man regner lasta som punktlaster eller jevnt fordelt last på drageren (Lars Gillerhaugen, personlig kommunikasjon). Punktlasta på 3 kN skal representere skyveporten som er montert på skinner til drageren, regner med at punktlasta virker midt på drageren.



Figur 7. Lastbilde drager over portåpning til maskinhall.

Dimensjonerende laster og moment:

Dimensjonerende snølast pr. meter drager:

$$F_{d \text{ snø}} = 4,14 \text{ kN/m}^2 * \frac{15,5 \text{ m}}{2} = 32,1 \text{ kN/m}$$

Dimensjonerende egenlast fra takstoler pr. meter drager:

$$F_{d \text{ egen tak}} = 0,48 \text{ kN/m}^2 * \frac{15,5 \text{ m}}{2} = 3,72 \text{ kN/m}$$

Dimensjonerende egenvekt til drager pr. meter drager:

Dimensjon limtredrager: 215mm* 450 mm

$$F_{d \text{ egen drager}} = 5 \text{ kN/m}^3 * (0,215\text{m}*0,45\text{m}) * 1,2 = 0,58 \text{ kN/m}$$

Dimensjonerende punktlast (porten):

$$F_{d \text{ punkt}} = 3 \text{ kN} * 1,5 = 4,5 \text{ kN}$$

Dimensjonerende moment:

$$\text{Jevnt fordelt last: } M_{d \text{ jevnt fordelt}} = \frac{\left(32,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 3,72 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0,58 \frac{\text{kN}}{\text{m}}\right) * (6\text{m})^2}{8} = 163,8 \text{ kNm}$$

$$\text{Punktlast: } M_{d \text{ punkt}} = \frac{4,5 \text{ kN} * 6\text{m}}{4} = 6,75 \text{ kNm}$$

$$\text{Totalt dimensjonerende moment: } M_{d \text{ tot}} = 163,8 \text{ kNm} + 6,75 \text{ kNm} = 170,6 \text{ kNm}$$

Beregner opplagerkrafta ved hvert opplegg til drageren:

$$F_o = \frac{\left(32,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 3,72 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0,58 \frac{\text{kN}}{\text{m}}\right) * 6 \text{ m}}{2} + \frac{4,5 \text{ kN}}{2} = 111,5 \text{ kN}$$

Velger fasthesklasse for drageren og beregner dimensjonerende matrialfasthet.

Jeg velger fasthetsklasse GL32C for limtredrageren. Lastvarighetsklassene for de forskjellige lastene er lastvarighetsklasse B for snølast, og lastvarighetsklasse P for egenvekta til takkonstruksjonen, egenvekta til drageren og vekta til skyveporten. Forutsetter fremdeles klimaklasse 2 og får fasthetsfaktoren $k_{\text{mod}}=1$ som i beregningeksemplet for stenderen fordi NS 3491 sier at snølast for klimaklasse 1 og 2 kan benytte $k_{\text{mod}}= 1$. Setter $k_{\text{vip}} = 1$.

Matrialfaktoren $\gamma_m = \gamma_1 * \gamma_2 = 1,1 * 1,1 = 1,21$. Lastfordelingsfaktoren $k_{\text{is}}=1$. Setter

høydefaktoren $k_h=1$

Dimensjonerende materialfastheter:

$$\text{Bøyning : } f_{\text{md}} = 32 \frac{N}{\text{mm}^2} * \frac{1*1}{1,21} = 26,5 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Trykk på tvers av fiberretningen : } f_{c90d} = 5,7 \frac{N}{\text{mm}^2} * \frac{1*1}{1,21} = 4,7 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Skjærkrefter: } f_{\text{vd}} = 3,0 \frac{N}{\text{mm}^2} * \frac{1*1}{1,21} = 2,5 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Beregner hvor stor dimensjon på drageren som må brukes

Bruker dimensjonen som jeg regnet ut egenvekta til drageren til, som er en drager som er 215mm bred og har ti lameller på 45mm i høyden som gir den er total høyde på 450mm. I undervisningskompendiet Dimensjonering av trekonstruksjoner (Gillerhaugen, 2009, punkt 1.06, s. 14). står det forklart hva slags dimensjoner som er aktuelle for limtre. Denne dimensjonen jeg bruker her vil være en dimensjon som er mulig å få tak på ifølge det som står forklart der.

Motstandsmomentet til drageren:

$$W = \frac{215\text{mm} * (450\text{mm})^2}{6} = 7256250 \text{ mm}^3$$

Dimensjonerende bøyespennning:

$$\sigma_{\text{md}} = \frac{170600000\text{Nmm}}{7256250\text{mm}^3} = 23,5 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Kontrollerer drageren for bøyespenninger:

$$\frac{23,5 \frac{N}{\text{mm}^2}}{26,5 \frac{N}{\text{mm}^2} * 1 * 1} \leq 1$$

$$0,89 \leq 1$$

Drageren har nok kapasitet til å tåle bøyespenningene den blir utsatt for.

Når jeg nå har konstatert at drageren tåler bøyespenningene den blir utsatt for, vil jeg kontrollere at den tåler de vertikale skjærkreftene ved opplegget på søylene.

Drageren har ikke innsnitt ved opplegget og derfor setter jeg $k_v=1$

$$\tau_{\text{vd}} = \frac{3}{2} * \frac{F_{\text{opplager}}}{A \text{ drager}} * \frac{1}{k_v} = \frac{3}{2} * \frac{111500\text{N}}{(215*450)\text{mm}^2} * \frac{1}{1} = 1,15 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Kontrollerer skjærkrefetene ved opplegget:

$$\frac{1,15 \frac{N}{mm^2}}{2,5 \frac{N}{mm^2}} \leq 1$$

$$0,46 \leq 1$$

Drageren har mer enn nok kapasitet til å tåle de vertikale skjærkreftene ved opplegget.

Jeg vil også kontrollere trykket på flata til opplegget på drageren, altså det trykket som blir på tvers av fiberretningen ved opplegget. Tenker at jeg vil benytte søyler av limtre til å holde drageren oppe, og at disse limtre søylene vil ha lameller som har bredde som er lik drageren, altså 215mm og ha f.eks minimum 3 lameller på hver 45mm som da blir en lengde på 135mm, altså blir arealet på oppleggsflata $A_{\text{opplegg}} = 215\text{mm} \cdot 135\text{mm} = 29025\text{mm}^2$

$$\sigma_{c90d} = \frac{F_{\text{opplager}}}{A_{\text{opplegg}}} = \frac{111500N}{29025\text{mm}^2} = 3,9 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Kontroller for trykk på tvers av fiberretningen:

$$\frac{3,9 \frac{N}{\text{mm}^2}}{4,7 \frac{N}{\text{mm}^2}} \leq 1$$

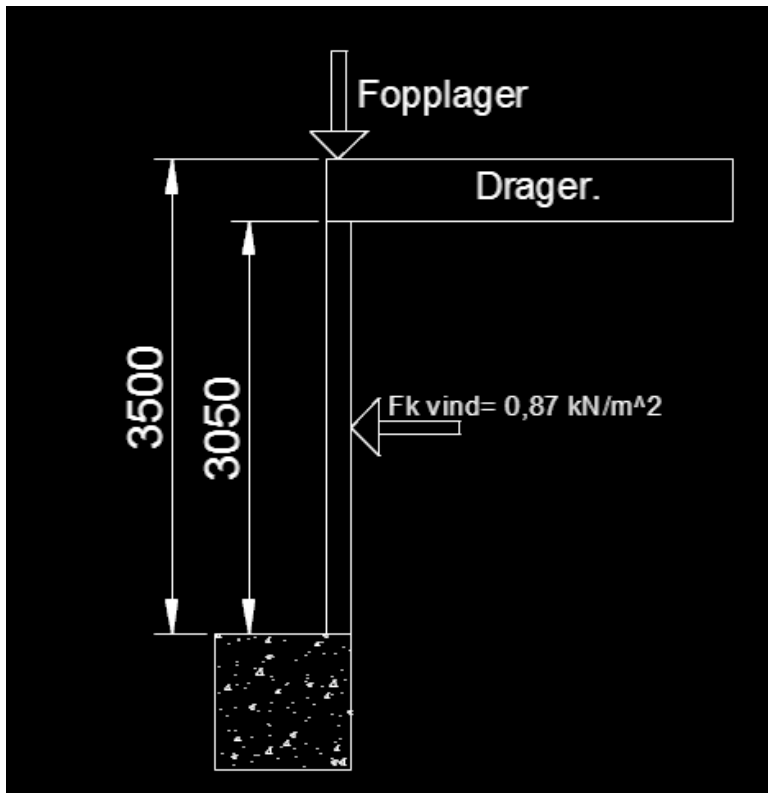
$$0,83 \leq 1$$

Trykket på tvers av fiberretningen ved opplegget til drageren er innenfor hva som er kravet. Nå som drageren har bestått kontrollen for bøyepenninger, skjærkrefter ved opplegget, og flatetrykket ved opplegget, kan jeg konstatere at den vil tåle de belastningene den blir utsatt for av snølasta på taket. Når man ser på de forskjellige kontrollene jeg har utført, ser man jo at drageren er litt overdimensjonert på enkelte punkter. Har prøvd meg fram med å benytte andre fasthetsklasser og dimensjoner, men fant ut at jeg ikke kan gå ned noe på fasthet eller noe betydelig på dimensjonen uten at kontrollene for bøyepenninger og flatetrykk ved opplegget ikke oppfyller kravet. Derfor velger jeg å benytte denne dimensjonen og fasthetsklassen på drageren som jeg har regnet på her.

Søyla og punktfundamentet som holder dragerene oppe.

Når jeg har funnet ut at drageren over portåpningen holder, vil jeg se på hva slags søyler som må benyttes for å holde den oppe. Tenker som nevnt tidligere å benytte limtre til disse søylene også. Med utgangspunkt i opplagerkrafta F_0 til drageren får jeg ett nytt lastbilde som er vist på figur 8. Tar også med den horisontale vindlast som virker på det lille veggpartiet mellom

portåpningene som igjen virker på søylene. Tenker som før at vindlasta som virker på denne vegg blir jevnt fordelt på de to søylene som vegg er festet til, og regner med en samlet formfaktor for vindlasta på vegg er 1,6.



Figur 8. Lastbilde søyle, 6 meter portåpning.

Dimensjonerende laster og moment:

Total dimensjonerende vertikal last: $F_{\text{tot vertikal}} = F_{\text{opplager}} = 111,5 \text{ kN}$

Dimensjonerende vindlast:

$$F_{d \text{ vind}} = (0,87 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1,5 * 1,6) * \frac{1,25 \text{ m}}{2} = 1,3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Dimensjonerende moment p.g.a. horisontal vindlast:

$$M_d = \frac{1,3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * (3,05 \text{ m})^2}{8} = 1,5 \text{ kNm}$$

Velger fasthetsklasse og beregner dimensjonerende materialfastheter:

Velger fasthetsklasse GL32C for limtresøyla også. Ellers blir forutsetningene her ganske like som under drageren og henter noen tall direkte derfra: $k_{\text{mod}}=1$, $k_{\text{vip}} = 1$, $\gamma_m = 1,21$, $k_{\text{is}}=1$.

$k_{\text{h}}=1$. Setter samtidig søylas kneklengde $l_k = 3050 \text{ mm}$

Dimensjonerende materialfastheter:

$$\text{Bøyning : } f_{\text{md}} = 32 \frac{N}{\text{mm}^2} * \frac{1*1}{1,21} = 26,5 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Trykk i fiberretningen : } f_{\text{cod}} = 26,5 \frac{N}{\text{mm}^2} * \frac{1*1}{1,21} = 21,9 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Beregner hvor store dimensjoner søylene må ha:

Bruker den dimensjonen som jeg brukte tidligere i beregningene når det gjeld trykket ved oppleggsflata som var en søyle på 215mm*135mm .

Dimensjonerende trykk i fiberretningen:

$$\sigma_{\text{cod}} = \frac{111500N}{(215\text{mm}*135\text{mm})} = 3,8 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Motstandsmomentet til søyla:

$$W = \frac{215\text{mm}*(135\text{mm})^2}{6} = 653063 \text{ mm}^3$$

Dimensjonerende bøyespenninger:

$$\sigma_{\text{md}} = \frac{1500000 \text{ Nmm}}{653063\text{mm}^3} = 2,3 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Slankheten λ til søyla:

$$\lambda = \frac{3050\text{mm}}{0,29*135} = 78$$

I undervisningskompendiet Dimensjonering av trekonstruksjoner (Gillerhaugen, 2009, tabell 31, s. 35) finner jeg knekkfaktoren $k_\lambda = 0,47$, og forholdet $k_\lambda/k_{\text{eu}} = 0,77$

Siden søyla vil bli utsatt for en kombinasjon av trykk og bøyespenninger, må jeg kontrollere den med formelen for kombinasjon av spenninger som jeg benyttet tidligere under dimensjonering av stendere i veggen.

$$\frac{3,8 \frac{N}{\text{mm}^2}}{21,9 \frac{N}{\text{mm}^2} * 0,47} + \frac{\frac{2,3 \frac{N}{\text{mm}^2}}{(1*1)}}{26,5 \frac{N}{\text{mm}^2}} * \frac{1}{1 - 0,77 * \frac{3,8 \frac{N}{\text{mm}^2}}{21,9 \frac{N}{\text{mm}^2}}} \leq 1$$

$$0,37 + 0,09 * 1,15 \leq 1$$

$$0,47 \leq 1$$

Som vi kan se ut ifra kontrollen, har en limtresøyle på 215mm*135mm av fasthetsklasse GL32C mer enn nok kapasitet til å tåle opplagerkraften og bøyespenningene fra vindlasten den blir utsatt for. Jeg har derfor prøvd meg litt fram ved å gå ned på dimensjonen på søyla, men fant da ut at hvis jeg går noe særlig ned på dimensjonen på søyla, vil jeg fort få problemer med trykket på tvers av fiberretningen på oppleggsflata til drageren. Derfor velger jeg å benytte denne søyla som jeg har beregnet her, da den både oppfyller sine egne krav, men også kravet om at ikke trykket på tvers av fiberretningen på oppleggsflata skal bli for stor.

Punktfundament under søylene.

For å være sikker på at ikke lastene som blir ført fra søylene og ned til punktfundamentene er for store, slik at grunnen gir etter, må jeg også finne ut hvor stort areal disse punktfundamentene må ha for å kunne tåle belastningen som den blir påført ovenfra. Jeg tar da utgangspunkt i opplagerkrafta F_o som er 111,5 kN, og regner også med at egenvekta til ringmuren og punktfundamentet som søyla hviler på vil veie litt. Jeg anslår ett volum for disse, og får dermed en ekstra vertikal last som må tas opp under punktfundamentet.

$$F_o = 111,5 \text{ kN}$$

$$\text{Egenvekt ringmur: } \left(\frac{1,25m}{2} * 0,25m * 1,5 m\right) * 25 \frac{kN}{m^3} = 5,9 \text{ kN}$$

$$\text{Egenvekt fundament: (Usikker på nøyaktig volum så bare anslår } 0,3 \text{ m}^3)$$

$$0,3 \text{ m}^3 * 25 \frac{kN}{m^3} = 7,5 \text{ kN}$$

Total vertikal last som må tas opp av punktfundament blir da 124,9 kN

Som jeg nevnte under tidligere utregninger i oppgaven regner jeg med at lastkapasitetet til grunnen er på $100 \frac{kN}{m^2}$.

$$\text{Formel for trykk : } P(\text{trykk}) = F(\text{kraft}) / A(\text{areal})$$

$$100 \text{ kN/m}^2 = 124,9 \text{ kN} / A (\text{m}^2) \rightarrow A = 1,25 \text{ m}^2$$

Hvis jeg da tenker at jeg lager en kvadratisk flate til punktfundamentet: $\sqrt{1,25m^2} = 1,12 \text{ m}$

Punktfundamentet under søylene som holder dragerne, som har en spennvidde på 6 meter må dermed ha ett areal på $1,25 \text{ m}^2$, og hvis det skal være ett kvadratisk punktfundament må det altså punktfundamentet være $1,12\text{m} * 1,12\text{m}$. Til ringmuren mellom de to 6 meters portåpningene, som bare er 1 meter lang tenker jeg at det vil være naturlig å lage ett felles punktfundament for de to søylene som hviler på denne ringmuren, siden de ligger så nære hverandre. Dette doble punktfundamentet må da ha ett areal på $2,5 \text{ m}^2$, noe som tilsvarer ett kvadratisk areal på $1,58\text{m}*1,58\text{m}$.

5.8.3. Dimensjonering av dragere over portåpningene til kornlager og korntørke for snølast.

Siden bredden på disse portåpningene er 4 meter, altså 2 meter mindre en bredden på portåpningene inn til maksinhallen, kan man med logisk tankegang tenke at det ikke vil være behov så kraftige dragere, søyler, og punktfundament når man regner med samme snø, og egenlast på taket som vil være over portåpningene, som jeg har beregnet tidligere i oppgaven, som var 6 meter. Dragerene over disse åpningene vil heller ikke bli utsatt for punktlasta fra skyveportene slik de andre dragerne blir utsatt for. Derfor velger jeg å dimensjonere disse dragerne, søylene og punktfundamentene, slik at jeg kan benytte litt mindre dimensjoner her. Framgangsmåten for å dimensjonere disse delene vil så å si bli helt lik som dimensjoneringen jeg gjorde i forrige avsnitt. Lastbilde for drageren er vist på figur 9.



Figur 9. Lastbilde drager over portåpning som er 4 meter brei, snølast.

Dimensjonerende laster og moment:

Dimensjonerende snølast pr. meter drager:

$$F_{d \text{ snø}} = 4,14 \text{ kN/m}^2 * \frac{15,5 \text{ m}}{2} = 32,1 \text{ kN/m}$$

Dimensjonerende egenlast fra takstoler pr. meter drager:

$$F_{d \text{ egen tak}} = 0,48 \text{ kN/m}^2 * \frac{15,5 \text{ m}}{2} = 3,72 \text{ kN/m}$$

Dimensjonerende egenvekt til drager pr. meter drager:

$$F_{d \text{ egen drager}} = 5 \text{ kN/m}^3 * (0,165\text{m} * 0,36\text{m}) * 1,2 = 0,36 \text{ kN/m}$$

Dimensjonerende moment:

$$\text{Jevnt fordelt last: } M_{d \text{ jevnt fordelt}} = \frac{\left(32,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 3,72 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0,36 \frac{\text{kN}}{\text{m}}\right) * (4\text{m})^2}{8} = 72,4 \text{ kNm}$$

Beregner opplagerkrafta F_o ved hvert opplegg til drageren:

$$F_o = \frac{\left(32,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 3,72 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0,36 \frac{\text{kN}}{\text{m}}\right) * 4 \text{ m}}{2} = 72,4 \text{ kN}$$

Velger fasthesklasse for drageren og beregner dimensjonerende matrialfasthet.

Jeg velger fasthetsklasse GL28C. Lastvarighetsklassene B og klimaklasse 2 gir $k_{\text{mod}}=1$ for snølast . $k_{\text{vipp}} = 1$. $\gamma_m = 1,21$. $k_{\text{ts}}=1$. $k_h=1$

Dimensjonerende matrialfastheter:

$$\text{Bøying : } f_{\text{md}} = 28 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * \frac{1*1}{1,21} = 23,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Trykk på tvers av fiberretningen : } f_{\text{c90d}} = 5,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * \frac{1*1}{1,21} = 4,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Skjærkrefter: } f_{\text{vd}} = 2,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * \frac{1*1}{1,21} = 2,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Beregner hvor stor dimensjon på drageren som må brukes.

Velger 165mm * 360mm til drageren

Motstandsmomentet til drageren:

$$W = \frac{165\text{mm} * (360\text{mm})^2}{6} = 3564000 \text{ mm}^3$$

Dimensjonerende bøyepening:

$$\sigma_{\text{md}} = \frac{72400000 \text{ Nmm}}{3564000 \text{ mm}^3} = 20,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kontrollerer drageren for bøyepenninger:

$$\frac{20,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{23,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 1 * 1} \leq 1$$

$$0,89 \leq 1$$

Drageren har nok kapasitet for å tåle bøyepenningerne

Vertikale skjærkrefter ved opplegget:

Drageren har ikke innsnitt ved opplegget, $k_v=1$

$$\tau_{\text{vd}} = \frac{3}{2} * \frac{72400 \text{ N}}{(165 * 360) \text{ mm}^2} * \frac{1}{1} = 1,22 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kontrollerer skjærkrefetene ved opplegget:

$$\frac{1,22 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \leq 1$$

$$0,56 \leq 1$$

Drageren består kontrollen for vertikale skjærkrefetene ved opplegget med god margin.

Trykket på tvers av fiberretningen på oppleggsflata:

Benytter søyle av limtre for å holde denne drageren oppe også. Bredden på søyla velger jeg lik bredden på drageren som er 165mm, tenker at søyla minimum må bestå av 3 lameller på 45mm som gjør at: $A_{\text{opplegg}} = 165 \text{ mm} * 135 \text{ mm} = 22275 \text{ mm}^2$

$$\sigma_{c90d} = \frac{F_{\text{opplager}}}{A_{\text{opplegg}}} = \frac{72400 \text{ N}}{22275 \text{ mm}^2} = 3,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kontroller for trykk på tvers av fiberretningen:

$$\frac{3,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{4,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \leq 1$$

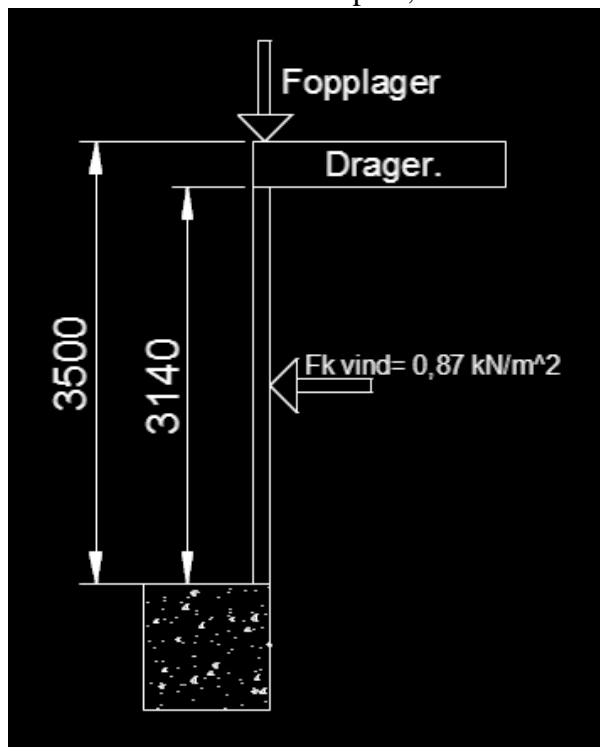
$$0,75 \leq 1$$

Trykket på tvers av fiberretningen på oppleggsflata består kontrollen.

Drageren med en dimensjon på 165mm*360mm i fasthetsklasse GL28C består kontrollene, og jeg velger derfor å benytte meg av disse limtre dragerne over portåpningene som er 4 meter brede.

Søyle og punktfundament som holder 4 meters dragerne oppe.

Regner også med at disse søylene blir utsatt for en liten horisontal vindlast fra veggpartiene mellom portene, tenker som før at vindlasta blir fordelt likt mellom søylene, og bruker en samlet formfaktor for vind på 1,6. Lastbilde er illustrert på figur 10.



Figur 10 Lastbilde søyle for 4 meters drager.

Dimensjonerende laster og moment:

Total dimensjonerende vertikal last: $F_{\text{tot vertikal}} = F_{\text{opplager}} = 72,4 \text{ kN}$

Dimensjonerende vindlast:

$$F_{d \text{ vind}} = (0,87 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1,5 * 1,6) * \frac{1,25 \text{ m}}{2} = 1,3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Dimensjonerende moment p.g.a. horisontal vindlast:

$$M_d = \frac{1,3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * (3,14 \text{ m})^2}{8} = 1,6 \text{ kNm}$$

Velger fasthetsklasse og beregner dimensjonerende materialfastheter:

Velger fasthetsklasse GL28C. Ellers blir også forutsetningene her ganske like som for drageren og henter noen tall direkte derfra: $k_{\text{mod}}=1$, $k_{\text{vipp}} = 1$, $\gamma_m = 1,21$, $k_{\text{is}}=1$. $k_{\text{h}}=1$.

knekk lengde $l_k = 3140 \text{ mm}$

Dimensjonerende materialfastheter:

$$\text{Bøying : } f_{\text{md}} = 28 \frac{N}{\text{mm}^2} * \frac{1*1}{1,21} = 23,1 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Trykk i fiberretningen : } f_{\text{cod}} = 24 \frac{N}{\text{mm}^2} * \frac{1*1}{1,21} = 19,8 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Beregner hvor store dimensjoner søylene må ha:

Bruker den dimensjonen som jeg brukte tidligere i beregningene når det gjaldt trykket ved oppleggsflata, da jeg antok at jeg måtte ha en søyle med dimensjon 165mm*135mm

Dimensjonerende trykk i fiberretningen:

$$\sigma_{\text{cod}} = \frac{72400N}{(165\text{mm}*135\text{mm})} = 3,3 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Motstandsmomentet til søyla:

$$W = \frac{165\text{mm}*(135\text{mm})^2}{6} = 501188 \text{ mm}^3$$

Dimensjonerende bøyepeninger:

$$\sigma_{\text{md}} = \frac{1600000 \text{ Nmm}}{501188\text{mm}^3} = 3,2 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Slankheten λ til søyla:

$$\lambda = \frac{3140\text{mm}}{0,29*135} = 80$$

Fra tabell: knekkfaktoren $k_\lambda = 0,45$, og $k_\lambda/k_{\text{eu}} = 0,78$

Siden også denne søyla vil bli utsatt for en kombinasjon av trykk og bøyepeninger må jeg kontrollere den med formelen for kombinasjon av spenninger.

$$\frac{3,3 \frac{N}{\text{mm}^2}}{19,8 \frac{N}{\text{mm}^2} * 0,45} + \frac{3,2 \frac{N}{\text{mm}^2}}{(1*1) \frac{N}{\text{mm}^2}} * \frac{1}{1 - 0,78 * \frac{3,3 \frac{N}{\text{mm}^2}}{19,8 \frac{N}{\text{mm}^2}}} \leq 1$$

$$0,37 + 0,14 * 1,15 \leq 1$$

$$0,53 \leq 1$$

Søyla har mer enn nok kapasitet til å tåle belastningene den blir utsatt for av snølasten. Det vil da være naturlig å prøve å se om man kan benytte en mindre dimensjon på søyla, har regnet og prøvd de, men kommer nok en gang frem til at det blir trykket på tvers av fiberretningen på oppleggsflata som blir den begrensende delen her, og at jeg derfor ikke kan gå ned noe betydelig på arealet til søyla. Eventuelt kunne jeg kanskje ha prøvd med større materialfasthet, og sett om jeg kunne minsket dimensjonen på drageren og søyla noe, men ville også da fått trykket på tvers av fiberretningen som en begrensende del av konstruksjonen, og ville nok ikke ha endt opp med så alt for mye mindre dimensjoner. Derfor velger jeg å benytte søyla av dimensjon 165mm*135mm i fasthetsklasse GL28C.

Punktfundament under søylene.

$$F_0 = 72,4 \text{ kN}$$

$$\text{Egenvekt ringmur: } \left(\frac{1,25m}{2} * 0,25m * 1,5 m\right) * 25 \frac{kN}{m^3} = 5,9 \text{ kN}$$

Egenvekt fundament: (Usikker på nøyaktig volum så bare anslår 0,3 m³)

$$0,3 \text{ m}^3 * 25 \frac{kN}{m^3} = 7,5 \text{ kN}$$

Total vertikal last som må tas opp av punktfundament blir da 86 kN

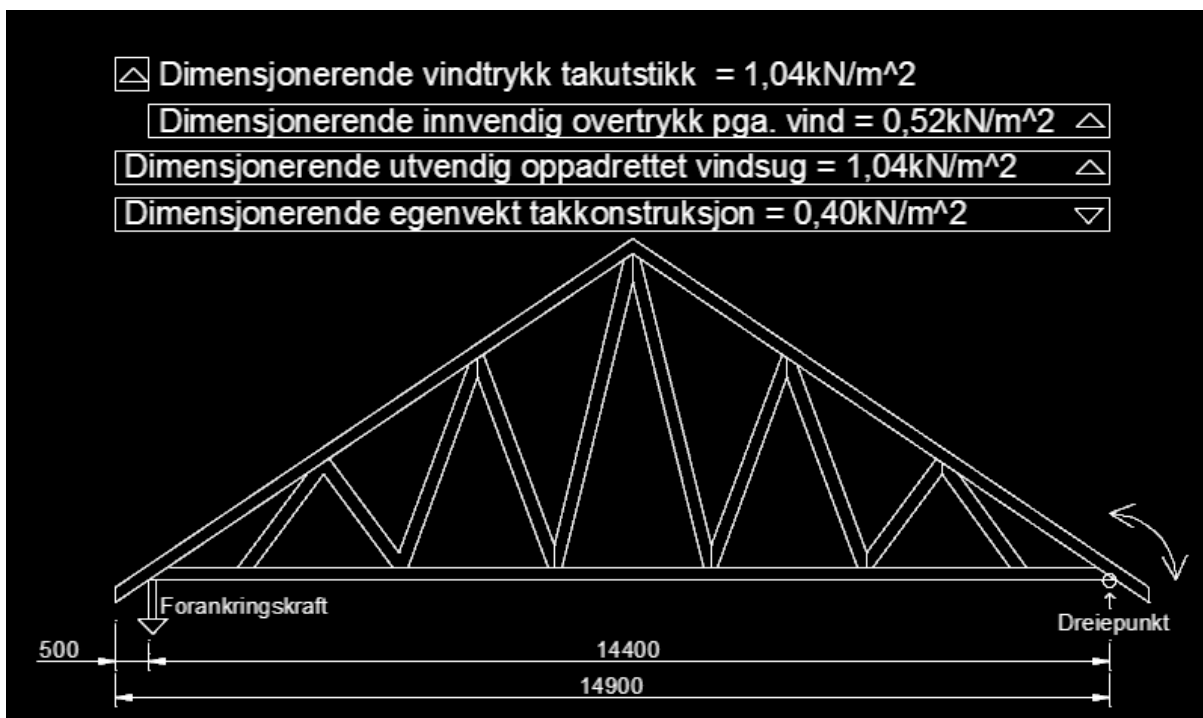
$$100 \text{ kN/m}^2 = 86 \text{ kN} / A \text{ (m}^2) \rightarrow A = 0,86 \text{ m}^2$$

Hvis jeg da tenker at jeg lager en kvadratisk flate til punktfundamentet: $\sqrt{0,86\text{m}^2} = 0,93 \text{ m}$

Punktfundamentet under søylene som holder dragerne som har en spennvidde på 4 meter må altså ha ett areal på 0,86 m². Hvis det skal være ett kvadratisk punktfundament, må det altså være 0,93m* 0,93 m. Det vil også her være naturlig å lage ett felles punktfundament for søylene som hviler på ringmuren mellom portåpningene. Dette doble punktfundamentet må da ha ett areal på 1,72 m², noe som tilsvarer ett kvadratisk areal på 1,31 m*1,31 m.

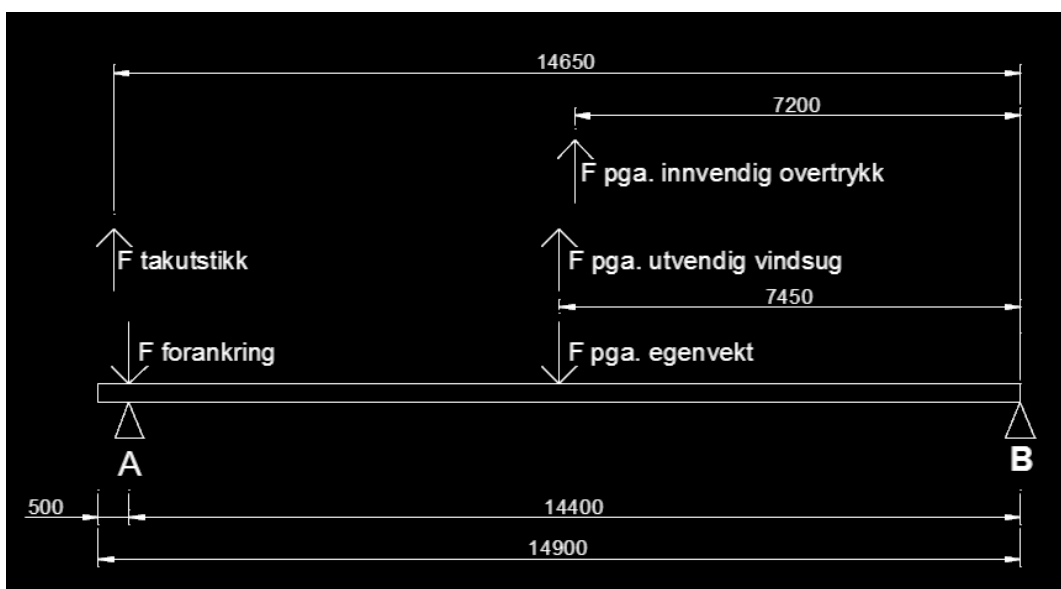
5.8.4. Dimensjonering av forankringen av tak og vegger mot vertikale vindkrefter.

Taket på bygningen vil bli utsatt for vindkrefter som skaper ett oppadrettet sug på takplanet som dermed vil forsøke å lette takkonstruksjonen, veggene, ringmuren og fundamentet opp fra bakken. Det er derfor viktig at takkonstruksjonen er forankret tilstrekkelig til veggene, og at veggene igjen er forankret skikkelig til ringmuren, og til slutt at ringmuren og fundamentet er tungt nok, slik at det ikke kan lettes oppover av vindkreftene. Dette er beskrevet kort i boka Trehus (Edvardsen & Ramstad, 2010, s. 111) , og er mer detaljert beskrevet i byggdetalj 520.241 og 520.243 (SINTEF byggforsk, 2008). Derfor har jeg tenkt til å dimensjonere festene til takstolene mot bindingsverket, og festene av bunnsvilla mot ringmuren for de oppadrettede vertikale kreftene som taket vil bli utsatt for. Måten man beregner nødvendig forankringskraft på, som i mitt tilfelle da takstolene kun hviler på ett opplegg på hver ende av huset, er ved å anta at taket kan dreie som en stiv enhet om opplegget på den ene ytterveggen, og dermed må holdes igjen ved det andre opplegget av en forankringskraft, dette er forklart i boka Trehus (Edvardsen & Ramstad, 2010, s. 111). Med bakgrunn i dette kan man sette opp en momentlikning for å regne seg fram til hva forankringskrafta må være når man kjenner lastene som virker og målene på arealet de virker på og målene på bygget . I tillegg til det oppadrettede suget som virker på takplanet, bør man regne med ett ekstra vindtrykk under utstikket til taket, der man benytter formfaktor for vindlast tilsvarende den som ytterveggen på lo(trykkside) siden av bygget har. I regnestykket skal man også ta med egenvekten av takkonstruksjonen som vil motvirke det oppadrettende suget som vinden vil forårsake, man skal imidlertid ikke regne med noen lastfaktor for denne siden den virker avlastende. Jeg må også regne med overtrykket inne i bygget som vil virke i samme retning som vindlasten oppover. Ut ifra disse forutsetningene kan jeg nå tegne ett lastbilde. Dette lastbilde er illustrert på figur 11. Firkantene med skrift over takstolen på figur 11 skal representere det skrifta inni eller ved siden av dem sier. Bredden på selve firkantene skal representere hvilket område av taket de virker på.



Figur 11 Lastbilde vertikalt oppadrettet vindsug.

På figur 12 har jeg tegnet ett forenklet lastbilde for situasjonen. For enkelthetens skyld velger jeg å kalle punktet der forankringskrafta virker A og dreiepunktet kaller jeg B. Regner med at det jevnt fordelte trykket fra lastene forårsaker en resultantkraft F midt på arealet der trykket virker for de forskjellige lastene, og dermed finner jeg avstandene fra punkt B til hvor disse resultantkreftene virker (momentarmene) som er vist på figur 12.



Figur 12 Forenklet lastbilde oppadrettet vindsug.

Regner som før med at hver takstol med senteravstand 1,2 m må ta opp kreftene ifra halvparten av avstanden mellom takstolene på hver side slik at bredden på arealet som kreftene på takstolen virker på blir 1,2 m.

Utregning av laster, krefter og momenter.

Resultantkraft pga. egenvekt for takkonstruksjonen:

$$F_{\text{egen}} = 0,4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1,2 \text{ m} * 14,9 \text{ m} = 7,2 \text{ kN}$$

Moment forårsaket av egenvekt:

$$M_{\text{egen}} = 7,2 \text{ kN} * 7,45 \text{ m} = 53,6 \text{ kNm}$$

Dimensjonerende utvendig vindsug på tak:

$$0,87 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1,5 * 0,8 = 1,04 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Resultantkraft pga. utvendig vindsug på takflata:

$$F_{\text{utv. vindsug}} = 1,04 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1,2 \text{ m} * 14,9 \text{ m} = 18,6 \text{ kN}$$

Moment forårsaket av utvendig vindsug:

$$M_{\text{utv. vindsug}} = -18,6 \text{ kN} * 7,45 \text{ m} = -138,6 \text{ kNm}$$

Dimensjonerende innvendig overtrykk:

$$0,87 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1,5 * 0,4 = 0,52 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Resultantkraft pga. innvendig overtrykk:

$$F_{\text{innv. overtrykk}} = 0,52 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1,2 \text{ m} * 14,4 \text{ m} = 9,0 \text{ kN}$$

Moment forårsaket av innvendig overtrykk:

$$M_{\text{innv. overtrykk}} = -9,0 \text{ kN} * 7,2 \text{ m} = -64,8 \text{ kNm}$$

Dimensjonerende vindtrykk under takutstikk:

$$0,87 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1,5 * 0,8 = 1,04 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Resultantkraft pga. vindtrykk under takutstikk:

$$F_{\text{takutstikk}} = 1,04 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1,2 \text{ m} * 0,5 \text{ m} = 0,6 \text{ kN}$$

Moment forårsaket av vindtrykk under takutstikk:

$$M_{\text{takutstikk}} = -0,6 \text{ kN} * 14,65 \text{ m} = -8,8 \text{ kNm}$$

Moment forårsaket av forankringskraft:

$$M_{\text{forankring}} = F_{\text{forankring}} * 14,4 \text{ m}$$

Utrening av forankringskraften.

For at en konstruksjon skal være i statisk likevekt er det to betingelser som må være oppfylt.

Summen av krefter som virker på konstruksjonen må være null ($\Sigma F=0$), og summen av momentene må være null ($\Sigma M=0$).

$\Sigma M=0$ (summen av momenter om punkt B må være null). Det vil si:

$$M_{egen} + M_{utv. vindsug} + M_{innv. overtrykk} + M_{takutstikk} + M_{forankring} = 0$$

$$53,6 \text{ kNm} + (-138,6 \text{ kNm}) + (-64,8 \text{ kNm}) + (-8,8 \text{ kNm}) + (F_{forankring} * 14,4 \text{ m}) = 0$$

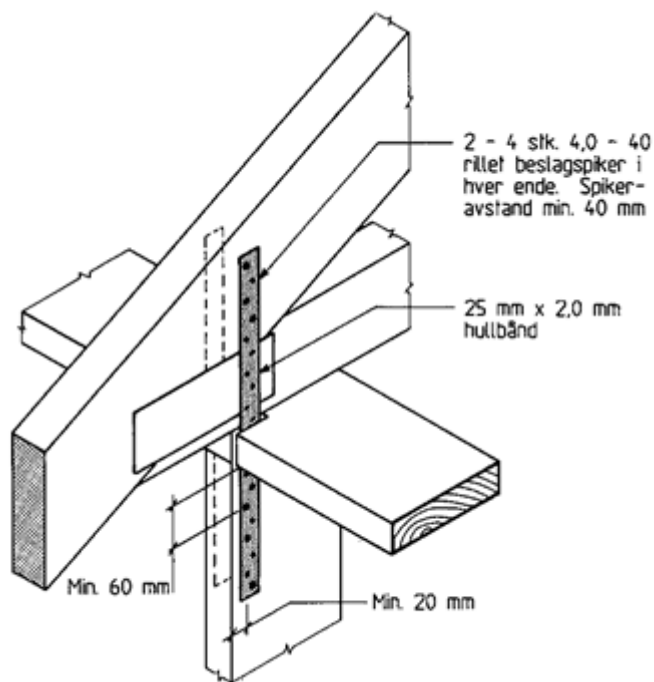
$$F_{forankring} = \frac{138,6 \text{ kNm} + 64,8 \text{ kNm} + 8,8 \text{ kNm} - 53,6 \text{ kNm}}{14,4 \text{ m}}$$

$$F_{forankring} = 11,0 \text{ kN}$$

Forankringskraften blir altså 11,0 kN. Forankringen mellom takstol og bindingsverket, og mellom bindingsverket og ringmur må altså ha en kapasitet til å tåle minimum 11 kN. Ved hjørneutstikkene til taket vil det da være behov for forankring med noe mer kapasitet enn 11 kN.

5.8.4.1. Velger forankring av takstoler til bindingsverk.

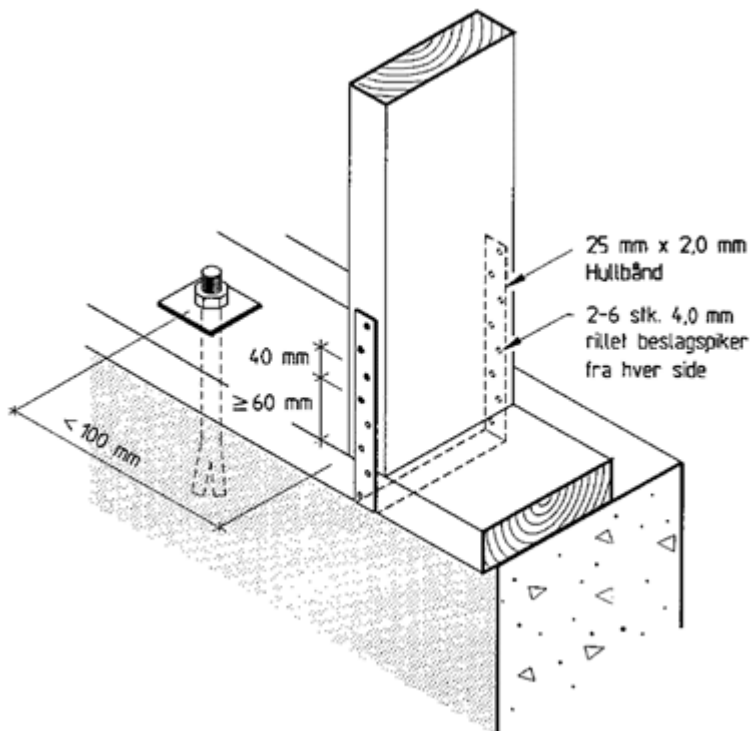
For å feste takstolene til bindingsverket tenker jeg å benytte to 25mm*2mm hullbånd som blir festet på hver side av takstolen og stenderen slik som er vist på figur 13. I byggdetalj 520.243 (SINTEF byggforsk, 2008, punkt 33) oppgir dimensjonerende vertikal kapasitet på slik forankring til 12 kN når hullbåndene festes med 4 spiker i hver ende som vist på figur 13.



Figur 13. Hentet fra: SINTEF byggforsk, byggdetalj 520.243.

5.8.4.2. Velger forankring av stender til bunnsvill.

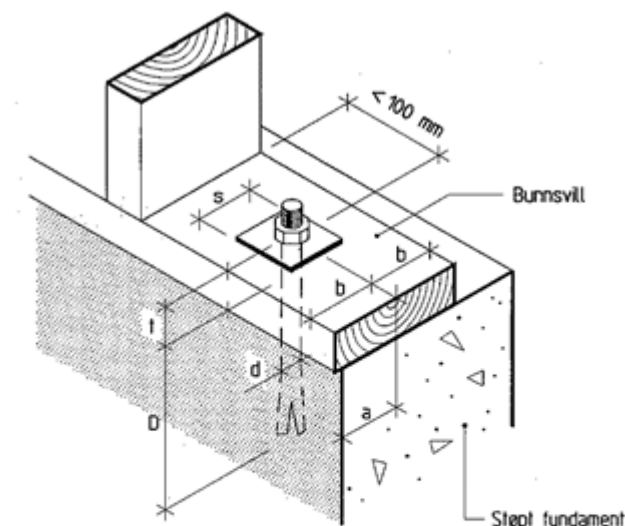
For å forankre stenderen til bunnsvilla tenker jeg også å benytte 25mm*2,5 mm hullbånd slik som vist på figur 14. Byggetalj 520.243 (SINTEF byggforsk, 2008, punkt 23) oppgir dimensjonerende vertikal kapasitet for denne forankringsmetoden til 12 kN når hullbåndet festes med 4 spiker på hver side, som er vist på figur 14.



Figur 14. Hentet fra: SINTEF byggforsk, byggetalj 520.243

5.8.4.3. Velger forankring av stender til bunnsvill.

For å forankre bunnsvilla til ringmuren, tenker jeg å benytte ekspansjonsbolter slik som er vist på figur 15. Punkt 23 i byggdetalj 520.243 angir største dimensjonerende vertikale kapasitet til slike ekspansjonsbolter til 10,0 kN når det benyttes en 12mm ekspansjonsbolt som monteres i henhold til spesielle kriterier. Det vil da ikke bli nok kapasitet i forankringa av bunnsvilla med kun å benytte 1 bolt pr. stender, da den vertikale forankringskrafta som prøver å løfte hver stender er 11,0 kN. Derfor velger jeg å benytte meg av to stk. ekspansjonsbolter pr. stender, slik at det blir montert en ekspansjonsbolt på hver side med en avstand til stenderen på mindre enn 100mm som er vist på figur 15. Ifølge byggdetalj 520.243 (SINTEF byggforsk, 2008, punkt 23) har en 10mm ekspansjonsbolt en dimensjonerende vertikal kapasitet på 7 kN når den monteres i henhold til beskrivelsene som er beskrevet i den lille tabellen på figur 15. Ved å benytte 2 stk 10mm bolter blir da den totalt dimensjonerende vertikale kapasiteten til disse to boltene 14 kN.



d	D	t	a	b	s	Orienterende dim. vertikal kapasitet
mm	mm	mm	mm	mm	mm	
8	≥ 55	48	≥ 55	≥ 35	24	4,5 kN
10	≥ 60	48	≥ 60	≥ 40	30	7,0 kN
12	≥ 80	48	≥ 80	≥ 50	36	10,0 kN

Figur 15. Hentet fra: SINTEF byggforsk, byggdetalj 520.243

5.8.4.4. Er ringmuren og stripefundamentet tungt nok ?

For at ikke hele bygget skal lette når det blir utsatt for de oppadrettende vindsug kreftene, må jeg også sjekke om ringmuren og stripefundamentet er tungt nok i seg selv til å holde igjen mot vindkreftene. Jeg velger å ikke ta med egenvekta av veggene. Jeg velger å ta utgangspunkt for denne kontrollen der ringmuren, som er 1 meter høy er da det er denne delen av ringmuren er lavest og dermed lettest. Forankringskraften som blir tatt opp gjennom forankringen av takstolene, stenderne og bunnsvilla regner jeg med at virker på 1,2 meters lengde av ringmuren og stripefundamentet i underkant.

Oppadrettet vindsug pr. meter ringmur/stripefundament blir da : $\frac{11 \text{ kN}}{1,2 \text{ m}} = 9,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Vekta til ringmuren: $25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * (0,25 \text{ m} * 1,5 \text{ m} * 1 \text{ m}) = 9,4 \text{ kN}$

Vekta til fundamentet: $25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * (0,2 \text{ m} * 0,6 \text{ m} * 1 \text{ m}) = 3 \text{ kN}$

Samlet vekt av ringmur og fundament pr. meter : 12,4 kN

Stripefundamentet og ringmuren er tungt nok til å ikke bli lettet opp av de oppadrettede vindsug kreftene som de blir utsatt for.

5.9. Kostnadsoverslag.

Jeg har ikke utarbeidet noe fullstendig kostnadsoverslag for bygget, da jeg mangler en god del priser. Likevel har jeg satt opp ett kostnadsestimat for noe materialer og arbeid, for å få en indikasjon på hva jeg kan forvente meg at kostnadene for bygget i hvert fall vil bli, dette estimatet er lagt ved oppgaven som vedlegg.

De forskjellige mengdene av materialene i kostnadsoverslag har jeg regnet ut ifra målene på de forskjellige tegningene jeg har laget. Prisene i kostnadsoverslaget er veiledende priser som jeg har hentet hos lokale byggvareforhandlere. Jeg har ikke tatt med noen rabatter på byggevarene i kostnadsoverslaget, selv om det i virkeligheten vil være muligheter for en del rabatter på noen av byggevarene som blir kjøpt inn, da gården er med i Brandbu og Tingelstad Allmenning, som har en del gode rabatter. Jeg synes det er greit å ta utgangspunkt i disse prisene da jeg har valgt entreprisformen med å kjøpe inn materialene og tjenestene selv, og det vil antageligvis være hos de lokale byggvareforhandlerne jeg kjøper inn det meste av materialene. Prisene på pukk, betong, limtre og brannsikre dører er erfaringstall, og pristilbud på takstolene er hentet inn fra RingAlm Tre.

Materiallista i kostnadsoverslaget er ikke helt fullstendig, og det er viktig å huske på det når man leser kostnadsoverslaget, da materialkostnadene vil bli høyere enn det jeg har regnet ut, siden ikke alt av materialer er tatt med. Jeg er ikke sikker på hvor mye armering betongkonstruksjonene i bygget vil trenge, og har derfor valgt ikke å ta med armering i de estimerte materialmengdene. Andre ting som ikke er tatt med i kostnadsoverslaget, er beslag til å feste og forankre limtredragere og søyler, takrenner, materiell til avstiving av vegger og takkonstruksjon, materiell til å forsterke takutstikket ved gavlveggene, lister og foring til dører, og elektriske lamper, brytere, kabler osv. Prisen på selve korntørkeanlegget er heller ikke tatt med da jeg ikke har mottatt noe konkret pristilbud på dette fra selgerne jeg har vært i kontakt med.

Arbeidslista i kostnadsoverslaget er heller ikke fullstendig og også her må man huske på at det vil komme mer kostnader. Jeg har vært i kontakt med noen lokale entreprenører som jeg ser for meg at kan være aktuelle å ansette til oppføringen av bygget, både når det gjelder

betongarbeid og overbygget. Har beskrevet hva som skal bygges for dem , og de gav meg ett anslag på hvor lang tid det er realistisk å bruke på jobben som skal gjøres, og timeprisen de tar for arbeidet. En god del av arbeidskostnadene ellers er basert på egeninnsats, selv om det vil være veldig aktuelt å leie inn hjelp til noe av dette arbeidet. Jeg har ikke tatt med elektrikerarbeid i kostnadsoverslaget da jeg er usikker på omfanget av det.

Det er en del andre kostnader som heller ikke er tatt med i overslaget. Dette er kostnader som for eksempel leie av kran til å heise på plass takstolene, leie av forskalingssystem, leie av stillasje, montering av korntørkeanlegget, samt administrative kostnader som forsikringer, byggesøknad, avfallshåndtering osv.

Som man skjønner, gir da ikke kostnadsoverslaget jeg har satt opp noe fullstendig bilde av hvor mye byggekostnadene for dette bygget vil kunne bli, men allikevel mener jeg man kan se noe ut ifra disse tallene. Som kostnadsestimatet viser, er den totale estimerte prisen inkl. moms ca. 1,25 millioner kroner. Kostnadsgrensa som jeg satte for dette bygget er 1,5 millioner kroner inkl. MVA. Jeg mener derfor at kostnadsgrensa som jeg har satt er noe lav hvis bygget skal bygges slik jeg har planlagt, og at jeg nok må regne med at byggekostnadene blir noe høyere enn denne når man regner med alle de kostnadene som jeg ikke har tatt med i kostnadsestimatet. Så hvis det blir sånn at det blir aktuelt at bygget skal bygges, vil jeg måtte få utarbeidet ett mer nøyaktig kostnadsoverslag og da heller ta en ny vurdering ut ifra det om det vil være økonomisk forsvarlig å bygge eller ikke.

6. Diskusjon.

Når det gjelder planlageret der kornet skal lagres, er det all grunn til å ta opp spørsmålet om man heller skal bygge ett kjørbart luftegulv i stedet for ett tett betonggulv. Slik jeg har tenkt med denne løsningen jeg har valgt her, er at kornet blir kjølt ned i varmluftstørka etter at tørkeprosessen der er gjort, og at det deretter blir lagret på det tette betonggulvet. Slik jeg ser det burde dette ikke være noe problem så lenge tørka får tilstrekkelig tid til å kjøle ned kornet og det må selvfølgelig være montert dampsperre under betonggulvet som sikrer at vanddamp fra grunnen ikke kan trenge opp til kornet! Det er klart at ved å gjøre det på denne måten, må man ha veldig fokus på at alt kornet som forlater tørka er tilstrekkelig tørket og kjølt ned slik at det er lagerstabil, da det ikke er noen mulighet for å ”blåse på det” etter at det er lagret i planlagerene. Det finnes utstyr for å lufte på korn som er lagret i slike planlager med tett gulv som man kan bruke, men jeg har ingen erfaring med å bruke slikt utstyr, så jeg skal ikke argumentere for mye for å bruke dette. Derfor vil det jo være en fordel med å lage i stand ett luftegulv med kjørbare rister slik at man har muligheten til å blåse på kornet etter at det er lagret i planlagerene, hvis man skulle ha greid å få lagret for varmt eller for fuktig korn der. Ved å lage i stand ett slikt gulv med kjørbare rister kan man jo også bruke det til ett bufferlager med mulighet til å blåse på rått korn hvis man skulle være ”kø” før det blir ledig på varmluftstørka. Akkurat det mener jeg ikke at det vil være ett så stort behov for på denne gården da det er egen trekser på gården og vi styrer treskinga selv, og varmluftstrøka har såpass stor tørkekapasitet. Som sagt strekker innhøstingsperioden seg over ca 1 mnd og det blir som regel ikke tresket større mengder korn enn at tørka skal greie å tørke det som kommer inn etter hvert. Argumentet imot å bygge ett slikt luftegulv er jo da at det koster, og vil føre til at byggekostnadene blir større. Allikevel er det som sagt all grunn til å vurdere å bygge det i stedet for tett betonggulv, da det vil kunne være noe som kan skille om tørke og lageranlegget fungerer optimal, eller ikke. Om ikke annet er det jo også en investering i ekstra sikkerhet om å enkelt kunne håndtere korn som har blitt feillagret og som ikke er lagerstabil.

Når det gjaldt valg av tørkeanlegg vurderte jeg også muligheten med en universaltørke, siden det gir mulighet for det jeg er ute etter som er tørke og lagringsplass for korn, samt lagringsplass for maskiner og redskap når den ikke benyttes som kornlager. Det eneste gode argumentet jeg imidlertid finner imot ei universaltørke, er at det er en kaldluftstørke, noe som er mindre ønskelig som forklart tidligere, og derfor valgte jeg å heller planlegge ett

varmluftstørkeanlegg til dette bygget. Alikevel syns jeg løsningen med universaltørke er veldig interessant, og passer bra for denne gården, da det er flere traktorer med laster og skuffe. Samt at hvis universaltørka bare blir bygd stor nok, vil den nok kunne dekke tørke og lagringsbehov til kornproduksjonen, og også innfri ønsket om lite og enkel handtering av kornet. Hvis det skulle bli aktuelt å bygge, og jeg da heller skulle velge en universaltørke i stedet for varmluftstørkeanlegget som jeg har valgt her i denne oppgaven, så vil ikke bygget bli så veldig annerledes, og jeg vil fremdeles kunne bruke mye av de planene jeg har lagt for selve bygget her. Forskjellen vil jo være innvendig i den enden som er korntørke og lager, da man ikke vil trenge fyrrommet og tippesjakta osv. samt at man ikke vil trenge så mange innvendige skillevegger i betong. Etter det jeg har hørt, uten at jeg har noen nøyaktige tall å vise til er visst kostnaden ved å bygge ei universaltørke generelt lavere enn det å sette inn ett varmluftstørkeanlegg også, i så fall er det jo da også helt klart ett argument som taler for å bygge ei universaltørke. Så hvis det blir aktuelt å bygge dette bygget, vil jeg nok sterkt vurdere å heller bygge ei universaltørke, i stedet for ett varmluftstørkeanlegg, og heller lage i stand solfangertak, og i tillegg muligheten til å bruke ei byggtørke eller lignende til å forvarme lufta til tørka med. Uansett må jeg jo vente og se hvordan situasjonen og forutsetningene ved gården da er. Det er vanskelig å spå dette nå mange år i forkant, og dermed også egentlig vanskelig å vite nøyaktig hva slags behov for korntørke og kornlager det vil være.

Når det gjelder dimensjonering som er en bit av planleggingen jeg har valgt å fokusere på, så er det fremdeles en god del utregninger og kontroller som må gjøres før jeg kan si meg helt ferdig med den biten. I forhold til oppgaven så syns jeg det var greit å velge ut noen deler som er av de mest essensielle og dimensjonere disse. Måten jeg har gjort utregningene på i denne oppgaven ved å regne dem ut for hånd, og så skrevet dem inn i oppgaven, innså jeg etter hvert var en tungvinn måte å gjøre utregningene på. Har måttet sittet og prøvd meg fram med mange forskjellige dimensjoner og fastheter, og da hele tiden måttet gå tilbake å begynne på nytt når dimensjonene jeg har prøvd ikke har bestått kontrollene. Derfor gikk veldig mye av tiden til utregningene med til prøving og feiling. Hvis jeg skulle utført mange flere slike regneeksempler, tror jeg nok jeg ville tatt meg tid til å lage noen excel regnemodeller for forskjellige bygningsdeler, som f. eks. for søyler og dragere. Da kunne jeg bare lagt inn tall for bla. laster, mål, fastheter og dimensjoner i regnemodellen, og med en gang fått svar på om

delene består kontrollene, og jeg ser for meg at jeg ville spart veldig mye tid på dette i lengden.

Når det gjelder taket og takvinkelen, så fant jeg ut at det kan være grunn til å vurdere en mindre takvinkel siden det skal benyttes prefabrikerte takstoler. I og med at det er en såpass stor takvinkel og at takstolene går over ett såpass bredt spenn, gjør det at høyden på takstolene blir så stor at de må deles opp i to deler for å få transportert dem langs veien, og at da de to takstol delene må monteres sammen på byggeplassen. Etter å ha sendt ut prisforespørsel til forskjellige takstolprodusenter, fant jeg ut at det blir betydelig dyrere, enn om man kan lage takstolene som en del. Derfor vil jeg nok i hvert fall vurdere en mindre takvinkel hvis bygget skal bygges, og at det da heller går på bekostning av at bygget ikke får helt lik takvinkel som låven ved siden av.

7. Konklusjon.

Jeg synes jeg har kommet fram til en god løsning for hvordan bygget skal være, men byggekostnadene blir nok noe høyere enn det som er ønskelig å bygge for. Jeg tror bygningen det vil passe godt inn der jeg har tenkt at det skal ligge. Hvis det i fremtiden skulle bli slik at jeg skal bygge et slikt bygg, mener jeg at jeg her har kommet fram til et godt utgangspunkt for bygget, som helt klart vil være aktuelt å vurdere og jobbe videre med i forhold til andre alternative løsninger.

8. Litteraturliste.

- Linnestad, S. (2004). Tørketeknikk utstyr og metoder. I *Post høvst teknologi: 2LB130: Undervisningskompendie* [2010]. Hamar: Høyskolen i Hedmark, Avd. for økologi og landbruk.
- Tornum. (s.a.). Lokalisert på <http://www.tornum.se/?p=5844&lang=sv>
- Stokstad, L. H. (2009). *Ombygging av låven på Ringvoll Gård* (Bacheloroppgave, Høyskolen i Hedmark [HIHM]). Hamar: HIHM.
- Opstad, O.-H. (2008). *Planlegging og dimensjonering av driftsbygning på Opstad Øvre* (Bacheloroppgave, Høyskolen i Hedmark [HIHM]). Hamar: HIHM.
- Norsk institutt for skog og landskap (s.a.). Lokalisert på <http://www.skogoglandskap.no/>
- Gillerhaugen, L.W. (2011). Rollen som byggherre. Administrasjon av planleggings- og byggeprosesser. I *Bygningsteknikk 2: 5LT374: Undervisningskompendium* [2011]. Hamar: Høyskolen i Hedmark, Avd. for økologi og landbruk.
- SINTEF byggforsk. (2008). *Byggforsk kunnskapsystemer cd-rom*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Edvardsen, K.I., & Ramstad, T. (2010). *Trehus*. [Oslo]: SINTEF Byggforsk.
- Gillerhaugen, L.W. (2009). Dimensjonering av trekonstruksjoner. I *Bygningsteknikk 1: 5LT37:3 Undervisningskompendie* [2009]. Hamar: Høyskolen i Hedmark, avdeling for økologi og landbruk.

Oversikt over vedlegg:

1. Situasjonsplan.
2. Utskrift av excel-program for beregning av vindlast.
3. Plantegning.
4. Snitt.
5. Fasade nordvest.
6. Fasade Sørøst
7. Fasade Sørvest
8. Fasade Nordøst.
9. Estimerte material og arbeidskostnader.