

Aksel Vedeler & Adrian Wensaas

Fremtidens melkefjøs av tre

En kostbesparende ombygging til løsdrift

Bacheloroppgave i Byggingeniør, konstruksjon

Veileder: Guomin Ji

Mai 2021



Aksel Vedeler & Adrian Wensaas

Fremtidens melkefjøs av tre

En kostbesparende ombygging til løsdrift

Bacheloroppgave i Byggingeniør, konstruksjon
Veileder: Guomin Ji
Mai 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Oppgavens tittel:	Dato: 20.05-2021		
Fremtidens melkefjøs av tre	Antall sider: 59		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn:			
Aksel Vedeler & Adrian Wensaas			
Veileder:			
Guomin Ji			

Sammendrag:

Bacheloroppgaven tar for seg ombygging av et melkefjøs i tre, fra båsdrift til løsdrift. Studiet er basert på litteratursøk, befaringer og beregninger. Hovedmålet med studiet har vært å finne en gunstig konstruksjonsløsning for en besetning på 30 melkekyr i ombygningsfasen til løsdrift. Massivtre har blitt prioritert som byggemateriale, det har derfor blitt utforsket muligheter for benyttelse av massivtreelementer i deler av konstruksjonen.

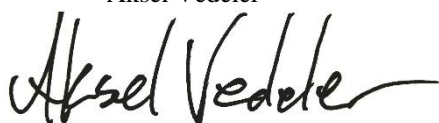
Norsk melkeproduksjon står ovenfor endringer før løsdriftskravet trer i kraft i 2034. Alle melkefjøs bygd etter 2004 skal bygges som løsdriftsfjøs, dette har vært en faktor i økt press for ombygging. (Landbruks- og matdepartementet, 2017). Nyskapende bærekraftige løsninger for ombygging er nødvendig, ettersom det kan observeres en trend der i gjennomsnitt to landbruk legges ned hver dag. (Bjørnstad, 2018). Melkebønder sliter økonomisk, noe som gjør kostbesparende tiltak uunnværlig for å kunne argumentere for videre drift etter en ombygging.

Det har blitt observert kostbesparende muligheter innen restverdi av gammelt fjøs, arealbegrensning innen planløsning og konstruksjon med elementer av massivtre. Resultatene i studiet viser at det er mulig å benytte massivtreelementer fra *Norsk Massivtre AS*, dersom en avstivning av gavlvegg foretas. Kraftresultantene viser at en avstivning ved hjelp av et vaierkryss vil være en mulig løsning for avstivning. Det konkluderes med at fremlagt plantegning samt avstivningsmetode vil være en gunstig løsning for en besetning på 30 melkekyr i ombygging til løsdrift.

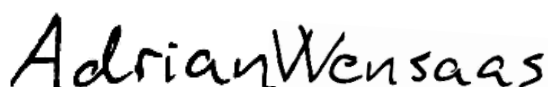
Stikkord:

Melkefjøs av tre
Løsdriftskrav
Plantegning
Dimensjonering for avstivning

Aksel Vedeler



Adrian Wensaas



FORORD

Denne bacheloroppgaven er skrevet ved Institutt for vareproduksjon og byggteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Oppgaven er en del av bachelorstudiet i byggingeniør med fordypning i konstruksjon.

Regjeringens løsdriftskrav har skapt stor økning i byggeaktivitet innen landbruksmiljøet. Økningen har gitt området ekstra fokus og er høyaktuelt for videre utvikling. I forbindelse med denne situasjonen foreslo NTNU Wood temaet; «Fremtidens melkefjøs av tre» som bacheloroppgave for bygg studenter ved NTNU Gjøvik. Det var tenkt at oppgaven skulle skrives parallelt med et forskningsprosjekt utført av NTNU Wood, men dette prosjektet fikk ikke gjennomslag. Gruppen valgte å fortsette å undersøke temaet uten like tett samarbeid med NTNU Wood og kom i kontakt med Lars Erik Ruud, prosjektleder for *Innlandsfjøset*.

Det rettes en stor takk til alle bønder som har tatt oss imot med åpne armer og vist oss rundt i fjøset. Under befaringer på ulike gårder ble vi overveldet av gjestfrihet og respons. Vi vil også rette en stor takk til Guomin Ji (Veileder NTNU) og Lars Erik Ruud (*Innlandsfjøset AS*).

ABSTRACT

The bachelor thesis explores the conversion of a wooden dairy barn from tie stalls to loose housing. The study is based on literature search, inspection and calculation. The main goal of the thesis has been to find a favorable construction solution for a herd of 30 dairy cows in the conversion phase to loose housing. Solid timber has been prioritized as a building material, therefore possibilities for the use of solid timber elements in parts of the construction have been explored.

Norwegian milk production is facing changes before the loose housing requirement comes into force in 2034. All livestock farms built after 2004 have to be built as loose housing livestock farms. This has been a factor in increased pressure for conversion and construction. (Landbruks- og matdepartementet, 2017). Innovative sustainable solutions for redevelopment are necessary, as a trend can be observed where an average of two farms are closed down every day. (Bjørnstad, 2018). Dairy farmers are struggling financially, which makes cost-saving measures necessary to be able to manage a further operation after a conversion.

Cost-saving opportunities have been observed within the residual value of old barns, area limitation within floor plan and construction with elements of solid timber. The results of the study show that it is possible to use solid timber elements from *Norsk Massivtre AS* if bracing of the gable wall is done. Further calculations of net forces show that a bracing of the gable wall with a wire cross will be a possible solution. It is concluded that the submitted floor plan and bracing method will be a possible solution for a herd of 30 dairy cows in conversion to loose housing.

ORDLISTE

AMS - Automatisk melkesystem. «Melkerobot, automatisk melkeutstyr for storfe som består av vaskeenhet, melkeenhet, innredning og styringsenhet med datamaskin.» (Sørbø, 2020).

Besetning (landbruk) – «Husdyrene på en gård, sett under ett eller gruppen av en enkelt dyreart, storfebesetning, svinebesetning osv. Ofte brukes buskap i samme betydning.» (leksikon, 2018).

BIM – «Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) (fra engelsk) *building information modeling* er det man kaller digitale modeller av et bygg. BIM er ment som kjernen i en samarbeidsmodell mellom de forskjellige bidragsyterne, som for eksempel byggherre, entreprenør, elektrikere, rørleggere, vedlikeholdere og offentlige myndigheter både under selve byggprosessen og senere gjennom hele bygningens levetid til og med eventuell riving og gjenvinning av materialer.» (Wikipedia, 2020).

Case-studie – «Case-studie er en studie av én enhet, på norsk også omtalt som kasusstudie eller eksempelstudie.» (Grønmo, 2020).

Driftsbygning – «Driftsbygning, bygning som står direkte i gårdsdriftens tjeneste med rom for avling, husdyr, fôr, maskiner, med mer.» (Dybdahl, 2021).

Gavl – «Gavl er den delen av tverrveggen for enden av et hus som mer eller mindre direkte slutter seg til de skrå takflatene på huset.» (Rygh, 2021).

Kraftforstasjon – En kraftforstasjon tildeler kyr kraftfor ut ifra en individuell fôrplan, basert på hvor kua er i laktasjonen. (Felleskjøpet, 2021a).

Løsdrift – «Løsdrift er husdyrhold der dyrene går løse i et inngjerdet område innendørs i stedet for å stå bundet på bås eller være stengt inne enkeltvis (fiksering).» (Åserud, 2021).

Massivtreelementer – «består av flere lameller eller bord av konstruksjonsvirke som settes sammen til større elementer ved hjelp av ulike typer forbindelsesmidler for statisk samvirke. De mest vanlige forbindelsesmidler er spiker/skruer, lim, tredybler og stålstag. Vi deler vanligvis massivtreelementer i to hovedgrupper ut ifra oppbygging: kantstilte elementer og flersjiktselementer.» (Wikipedia, 2015).

PBL - Plan og bygningsloven. (Regjeringen, 2017).

Spalteplank - Betongplater bygget opp av flere langsgående plank av betong med mellomrom, som vil slippe eventuell avføring ned til en kjeller eller renne. (Overhalla Betongbygg).

Årsku - «En årsku defineres som én ku med 365 fôrdager etter første kalving. En kvige teller altså ikke med som produktiv enhet før den har kalvet, uansett om den kalver ved 24 mnd eller senere.» (Lystad et al.).

FIGURLISTE

Figur 1: Modell for utgangspunktet for overbygget.....	3
Figur 3: Aktuelle avstivningsmetoder for et bygg	13
Figur 6 Formfaktor for snølast – saltak (Fig. 5.3).....	17
Figur 7: Vindlastsoner som beskrevet i NS 1991-1-4 (Standard Norge, 2009).....	19
Figur 8: fordelingen av vindlasten på et sal- eller trautak. (NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009)	20
Figur 9: Aktuell takstol med mål.....	22
Figur 10: Forenklet modell av fjøset mht. taklast	23
Figur 11: Viser utformingen av et element i gavlveggen med last fra oversiden.	25
Figur 12: Modell av fjøset. Hvit farge viser hvor det er antatt at alle horisontale krefter skal kunne tas opp i gavlveggen.	26
Figur 13: Oversikt over de horisontale kreftene som påvirker gavlveggen i beregningene. ...	26
Figur 14: Hjørnet på gavlveggen med reaktanten for kreftene som utgjør moment.	27
Figur 15: Forenklet gavlvegg med avstivningsstag.....	28
Figur 16: Figuren viser strekkraften i avstivningsstaget faktorisert.....	29
Figur 17: Plantegning med kontorbygg innlemmet på nordvendt langvegg.....	31
Figur 18: Plantegning med kontorbygg innlemmet på vestvendt gavlvegg.	32
Figur 19: Plantegning med kontorbygg på nordvendt langvegg, og det gamle fjøset innlemmet på vestvendt gavlvegg.	32
Figur 20: Plantegning med eldre fjøs innlemmet på gavlvegg. Kontorbygget er tegnet på nordvendt vegg inntil båsfjøsets langvegg.	33
Figur 21: Figurene viser aktuelt utforming av gavlvegg.....	35
Figur 22:Plantegning med mulighet for utvidelse av kapasitet fra 30 til 42 melkekyr.	47
Figur 23: Plantegning med forslag til utvidelse av kapasitet fra 30 til 54 melkekyr.	48
Figur 24: Plantegning med mulighet til påbygg i form av ungdyraveling på sørvendt langvegg.	49

TABELLISTE

Tabell 1: Forhåndsbestemmelser for konstruksjonen.....	3
Tabell 2: Tabell hentet fra Veileder til forskrift om hold av storfe omhandlende krav til dimensjoner av båser og gangarealer. (Mattilsynet, 2020).	10
Tabell 3: Materialfastheter, stivhetsmoduler og densitet for planker i Norsk Massivtre(Sintef, 2020).....	14
Tabell 4: Formfaktorer for snølast (Tabell 5.2).....	17
Tabell 5:Tabell 7.1 fra NS-1991-1-4(Standard Norge, 2009).....	19
Tabell 6: Tabell for karakteristiske fastheter i NorskMassivtre (Sintef, 2020).....	25

INNHold

Forord	ii
Abstract	iii
Ordliste	iv
Figurliste.....	v
tabelliste	vi
1 Innledning.....	1
1.1 Problemstilling og målformulering	1
1.2 Case	1
1.2.1 Generelt	2
1.2.2 Planløsning og funksjoner	2
1.2.3 Konstruksjon	2
1.3 Avgrensninger	4
1.4 Samfunnsperspektiv.....	4
2 Teori	6
2.1 Lovverk og forskrifter	6
2.1.1 Plan- og bygningsloven.....	6
2.1.2 Byggeteknisk forskrift (TEK17)	6
2.1.3 Norsk Standard NS-EN 1991	7
2.1.4 Forskrift om hold av storfe.....	7
2.1.5 Løsdriftsfjøs	9
2.2 Generell utforming	9
2.2.1 Dyrerom og gangarealer.....	10
2.2.2 Smittesluse	10
2.2.3 Tekniske rom og melkerom.....	11

2.2.4	Melkerobot	11
2.3	Teorigrunnlag for konstruksjon og beregninger	12
2.3.1	Påkjenninger	12
2.4	Norsk Massivtre	14
2.4.1	Teknisk Godkjenning	14
3	Metode	15
3.1	Generell metode	15
3.1.1	Befaring	15
3.1.2	Litteratursøk	15
3.2	Metode for valg av planløsning	16
3.3	Gavlvegg	16
3.3.1	Lastvirkning	17
3.3.2	Bæring gavlvegg	23
3.3.3	Avstivning gavlvegg	26
3.4	Lønnsomhet	29
4	Resultat	30
4.1	Planløsning	30
4.1.1	Hoveddel	30
4.1.2	Kontordel	30
4.1.3	Plantegning 1	31
4.1.4	Plantegning 2	32
4.1.5	Plantegning 3	32
4.1.6	Plantegning 4	33
4.2	Gavlvegg	33
4.2.1	Massivtre-elementer	33
4.2.2	Takstol	34
4.2.3	Avstivning	34

4.3	Befaringer	35
5	Diskusjon.....	36
5.1	Planløsning	36
5.1.1	Hoveddel	36
5.1.2	Kontordel.....	37
5.1.3	Innlemmelse i driftsbygningen.....	38
5.1.4	Mulighet for utvidelse	39
5.2	Gavlvegg.....	39
5.2.1	Massivtre-elementer	40
5.2.2	Avstivningsstag	41
5.2.3	Takstol	41
5.3	Befaringer	42
5.4	Konklusjon.....	42
6	Referanser.....	44
7	Vedlegg	47
7.1	Vedlegg 1.....	47
7.1.1	Plantegning 5.....	47
7.1.2	Plantegning 6.....	48
7.1.3	Plantegning 7.....	49

1 INNLEDNING

1.1 PROBLEMSTILLING OG MÅLFORMULERING

Økningen av byggeaktivitet i landbruksmiljøet har avslørt utfordringer knyttet til ombygging av melkefjøs for mindre bestander. Dette studiet har til hensikt å undersøke muligheter for kostbesparing i ombyggingsprosessen ved å svare på følgende problemstilling:

«Prosjekter et kostbesparende melkefjøs i ombyggingsfasen til løsdrift»

Dette studiet tar for seg en fiktiv case omhandlende en gjennomsnittlig bonde med behov for kostbesparende løsninger under ombyggingen til løsdrift. Casen inneholder rammer og forhåndsbestemmelser som vil spisse studiet mot nødvendige og nyskapende resultater. Før studiet konkluderes ønskes det at følgende delmål er oppnådd:

- Utforme en gunstig planløsning ut ifra case og forhåndsbestemmelser, som tar hensyn til kostnadsbesparing og mulighet for utvidelse.
- Utforske muligheten for bruk av elementer fra *Norsk Massivtre AS* som materiale i gavlvegg.
- Fremstille en løsning for avstivning av gavlvegg.

1.2 CASE

For å best mulig kunne løse problemstillingen, vil det benyttes en case for å lettere kunne analysere resultater og utforme metoder. Casen er fiktiv og laget for å best mulig representere målgruppen for prosjektet. Her beskrives hva som anses å være situasjonen til den gjennomsnittlige bonden med behov for alternative ombyggingsmetoder.

Det medfølger forhåndsbestemmelser for valg knyttet til utforming og konstruksjon av fjøset. Disse forhåndsbestemmelsene er basert på kommunikasjon med representanter fra *Norsk Massivtre AS* og *Prosjekt Innlandsfjøset*, i tillegg til forhåndsaksepterte løsninger fra *Byggforsk*.

Forhåndsbestemmelsene er antagelser for hva som kan tenkes å være aktuelle løsninger, utviklet i samarbeid med kvalifiserte fagpersoner. Det legges vekt på at antakelsene ikke er undersøkt på et grundig nivå, men det kan argumenteres for at innholdet danner et

tilstrekkelig grunnlag for å svare på problemstillingen. Dette kommer av at resultatet fortsatt vil være relevant om forhåndsbestemmelsene endres. Dette drøftes nærmere i kapittel 5, Diskusjon.

1.2.1 Generelt

Dette studiet tar utgangspunkt i et tenkt melkefjøs som befinner seg i Gjøvik kommune. Fjøset er utformet som et båsfjøs med areal på 280m², er bygget i 1990, har 25 melkekyr og produserer 150 tonn melk per år. På grunn av løsdriftskravene må bonden planlegge ombygging til løsdrift innen 2034. Noen valg for funksjoner og utforming er allerede bestemt, men bonden må få ned totalprisen på ombyggingen og ser etter områder hvor det kan reduseres kostnader.

1.2.2 Planløsning og funksjoner

Casen har forhåndsbestemmelser som gjelder dimensjoner og funksjoner for det sammensatte driftsbygget. Det nye løsdriftsfjøset skal skaleres opp til 30 melkekyr, noe som er en økning på 5 melkekyr fra det eldre båsfjøset. Løsdriftsfjøset skal inneha en melkerobot, ettersom avlastning i arbeidsmengde er ønskelig. Fjøset skal tegnes med en kraftfôrstasjon, som skal fore melkekyrne med kraftfôr sammen med melkeroboten. Det nye fjøset skal bygges inntil den eldre delen, slik at de to delene blir en felles driftsbygning. Kostnadsbesparing står i fokus, noe som gjør det ønskelig å benytte restverdien av båsfjøset til oppstalling av ungdyr og okser. Det er også ønskelig å bygge løsdriftsfjøset inntil båsfjøset på en måte som gjør det mulig å benytte en felles forsentral i den eldre delen. Planløsningen skal inneholde en egen kontordel med melketank og tekniske rom. Prosjektet har begrensede midler for ombyggingen, noe som gjør det essensielt med kostbesparende løsninger. Det er derimot et ønske om en økning i besetning i nærmeste fremtid, noe som gjør muligheten for utvidelse og påbygg til en prioritet. Geografiske faktorer på gårdsområdet er ikke en hindring i videre utbygging.

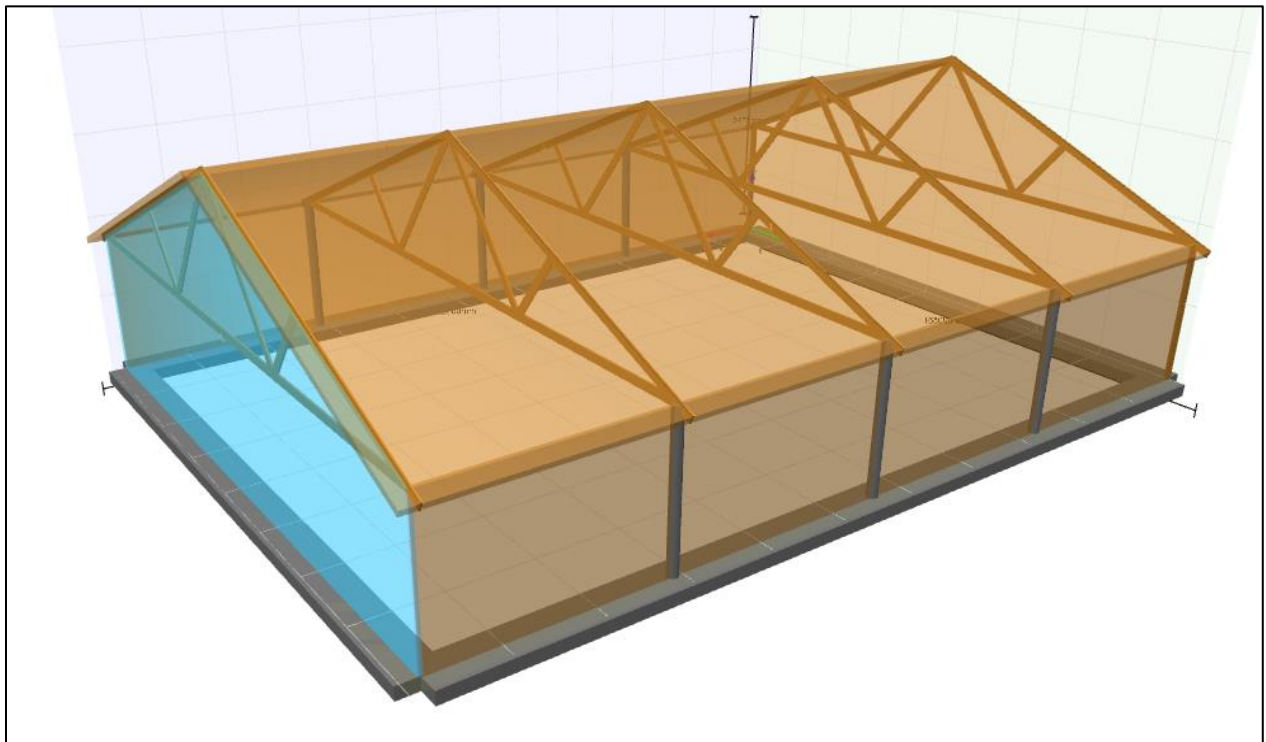
1.2.3 Konstruksjon

Med hensyn til forhåndsbestemmelsene i *tabell 1*, er det ønskelig å undersøke om det finnes potensiale for å senke totalprisen gjennom alternative løsninger tilknyttet gavlveggen. *Norsk Massivtre AS* produserer rimelige elementer som kunne blitt brukt i gavlveggen. De kantstilte massivtre-elementene vil trolig tåle lasten fra taket, men har reduserte egenskaper når det kommer til avstivning. Hypotesen er at ved bruk av slike elementer kan en redusere totalkostnaden av prosjektet. For å bruke slike er en avhengig av å finne en alternativ

avstivningsmetode som gir motstand for vind mot langvegg. Modellen i *Figur 1* viser hvordan den generelle utformingen av overbygget vil se ut. Området i blått markerer gavlveggen hvor det er aktuelt å utforske alternative avstivningsmetoder. Tabellen under viser forhåndsbestemmelsene som allerede er etablert i tilknytning til konstruksjonen av bygget.

Fjøset bruker elementer fra <i>Norsk Massivtre AS</i> med som tak. Elementene har en tykkelse på 145mm, bredde på 414mm og lengde på opptil 14meter ut ifra hva som går opp med lengden på fjøset. Elementene skal ligge over to spenn og hviler på takstoler.
På langveggen av bygget benyttes betongsøyler som er støpt fast i fundamentet. Søylene er dimensjonert for både vertikal og horisontal last og det antas at bygget er tilstrekkelig avstivet for vind mot gavlvegg. I langveggen brukes 95mm tykke kantstilt massivtre-elementer i langsgående retning.
Fundament støpes i betong med gjødselkjeller og utformingen vil tilpasse seg ønsket planløsning
I taket benyttes W-takstoler i (48 x 198mm), 22grader takvinkel og 400mm utstikk. Her benyttes buntet takstoler etter behov basert på dimensjonerende last.
Bygget skal bestå hovedsakelig av tre som byggemateriale.

tabell 1: Forhåndsbestemmelser for konstruksjonen



Figur 1: Modell for utgangspunktet for overbygget

1.3 AVGRENSNINGER

Grunnet tidsmessige begrensinger vil en fullstendig prosjektering av ombyggingen være for omfattende for studiet. Studiet vil derfor være avgrenset til de etablerte delmålene fra målformuleringen. Punktene under beskriver områder som kunne vært aktuelle for studiet, men som er utlatt.

Materialvalg: Materialets egenskaper i form av diffusjon, lyd, termiske egenskaper og U-verdi kan anses å være relevant for problemstillingen. I dette studiet er det valgt å primært fokusere på egenskaper knyttet til det strukturelle med materialet. Denne beslutningen er tatt med grunnlag i møter med representanter fra produsenten av materialet.

Generell utforming av bygg: I studiet blir det hovedsakelig utført grundig analyse av planløsning og gavlvegg. Resten av byggets spesifikasjoner er fastslått i forhåndsbestemmelser som er presentert i case. Prioritering er gjort da det antas å være størst potensiale for å redusere totalkostnadene ved å finne en alternativ løsning for gavlveggen. Denne beslutningen er tatt på grunnlag av møter med representanter fra *Norsk Massivtre AS* og *Prosjekt Innlandsfjøset*.

Prisantydning: Det ville vært aktuelt å vurdere totalprisen av ombyggingen for sammenligning med andre løsninger. Dette ville gitt et mer nøyaktig bilde av potensiale for lønnsomhet, men en slik løsning krever ressurser som ikke har vært tilgjengelig i dette studiet. Vurdering av lønnsomhet er derfor begrenset til enkle vurderinger av materialbruk, arbeidskraft og antagelser utviklet med kvalifiserte fagpersoner.

1.4 SAMFUNNSPERSPEKTIV

Norsk melkeproduksjon står ovenfor store endringer og investeringer før løsdriftskravet trer i kraft for fullt. En observerer en fremtredende trend der de mindre landbrukene innen melkeproduksjon sliter med å finne en bærekraftig løsning for ombygging til løsdrift. Det gjennomsnittlige melkefjøset ligger på mellom 20 og 25 kyr. «Det blir hevda at skal en få lønnsomhet i investeringene må det investeres for en produksjon på minst 300 tonn. Det tilsvarer minst 40 kyr. Mange har ikke ressursgrunnlag til å investere i så stor produksjon. Dette gir frykt for at mange vil legge ned produksjonen i distriktene.» Aktive gårdsbruk

fortsetter å gå ned, noe som fører til tap av verdifulle jordbruksarealer. «I 2017 ble det lagt ned i overkant av to gårdsbruk hver eneste dag og antallet er bruk i drift er for første gang under 40.000.» (Bjørnstad, 2018).

Det eksisterer argumenter både for og imot lokal matproduksjon i Norge. De økonomiske aspektene har i mange år presset markedet til å importere mer mat fra utlandet. Dette har ført til at norsk landbruk i dag produserer under 50% av maten det norske folk konsumerer (Norges Bondelag, 2012, Norges Bondelag, 2021). Miljømessig er det flere fordeler med å produsere matvarer lokalt i Norge. Med tanke på klimagassutslipp står transport for 31% i Norge og 18% på verdensbasis (Miljødirektoratet, 2020, Energi og Klima, 2021). Hvis en kunne begrenset langdistansetransport av matvarer, ville dette vært en hjelpende faktor i nedtrappingen av klimagassutslipp. Etisk sett er det også argumenter for å konsumere egenprodusert mat i Norge. «1000 millioner mennesker i verden sulter. Vi har et moralsk ansvar og en etisk forpliktelse til å brødfø egen befolkning.» (Norges Bondelag, 2012). I sammenheng med argumentene ovenfor, er det relevant å trekke frem to mål fra *FNs bærekraftsmål*. «FNs bærekraftsmål er verdens felles arbeidsplan for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringene innen 2030.» (FN, 2021).

2. – Utrydde sult: «Utrydde sult, oppnå matsikkerhet og bedre ernæring, og fremme bærekraftig landbruk.»(FN, 2021).

13. – Stoppe klimaendringene: «Handle umiddelbart for å bekjempe klimaendringene og konsekvensene av dem.» (FN, 2021).

Norsk mat sikrer trygg mat, Norge er i verdenstoppen når det gjelder både plante og dyrehelse. Norge er også det landet i Europa som bruker minst antibiotika og er mest restriktive i bruken av sprøytemidler til behandling (Norges Bondelag, 2021).

Ettersom dette studiet tar for seg kostbesparende konstruksjonsløsninger for et melkefjøs med liten besetning, kan det argumenteres for at resultatene kan ha innvirkning på samfunnet. Flere bønder med begrenset areal, kvote eller ressurser er splittet om de skal bygge om til løsdrift eller legge ned. Hvis det kan utarbeides en enkel og kostbesparende konstruksjonsløsning for mindre besetninger, kan dette være med på å gjøre ombyggingen til løsdrift mer innbydende. Dette kan føre til lokal produksjon og kortreist melk til det norske folk.

2 TEORI

2.1 LOVVERK OG FORSKRIFTER

2.1.1 Plan- og bygningsloven

Plan- og bygningsloven er essensiell for all byggevirkksomhet og arealforvaltning i Norge. Alle bygninger i Norge er underlagt plan- og bygningsloven. Loven omhandler planlegging, utbygging, saksbehandling og håndheving av regler. Plan og bygningsloven ofte referert til som «PBL» ble publisert i 2008 som erstatning for den tidligere loven fra 1985. Byggeteknisk forskrift(TEK17) har hjemmel i plan- og bygningsloven (lovdata, 2021, Regjeringen, 2017).

2.1.2 Byggeteknisk forskrift (TEK17)

§ 1-1. Formål:

«Forskriften skal sikre at tiltak planlegges, prosjekteres og utføres ut fra hensyn til god visuell kvalitet, universell utforming og slik at tiltaket oppfyller tekniske krav til sikkerhet, miljø, helse og energi» (lovdata, 2017).

Byggeteknisk forskrift omhandler nærmere utdypning og utfylling av plan- og bygningsloven. Forskriften tredde i kraft i 2017, derav navnet TEK17. Byggeteknisk forskrift er essensiell ved utbygging av offentlige og private byggverk. studiet omhandler en alminnelig driftsbygning i landbruket, noe som gir fritak fra spesifikke krav i TEK17. Fritak fra spesifikke krav krever at bygningen er definert som en «alminnelig driftsbygning» definisjonen for dette er som følger:

«Bygninger som er et nødvendig ledd i driften eller som er et driftsmiddel i forbindelse med landbruksdrift, anses som driftsbygning» (*byggkvalitet, 2021*).

Tiltak som omfattes av plan- og bygningsloven § 20-4 første ledd bokstav b om alminnelige driftsbygninger i landbruket, er:

- a) «Oppføring, plassering, vesentlig endring, vesentlig reparasjon, riving eller varig og tidsbestemt bruksendring til driftsbygning inntil 1000 m² bruksareal (BRA)»
- b) «Tilbygg til driftsbygning dersom bygningens totale areal inkludert tilbygget ikke overstiger 1000 m² bruksareal (BRA)» (*byggkvalitet, 2021*).

Et melkefjøs definert som en alminnelig driftsbygning gir fritak fra en rekke krav, det er allikevel spesifikke krav en må oppfylle.

Driftsbygninger i landbruket og tilsvarende bygninger for husdyr utenom landbruket skal oppfylle kravene i:

- a) kapittel 1 til 7
- b) § 8-1 og § 8-4 første ledd
- c) kapittel 9 til 11
- d) § 12-1 første ledd, § 12-4 første ledd, § 12-5, § 12-6 første til fjerde ledd, § 12-7 første ledd, § 12-13 første ledd og annet ledd bokstav a og d, § 12-14 første ledd og femte ledd bokstav b, § 12-15, § 12-16 første ledd, § 12-17 og § 12-18 første og annet ledd
- e) § 13-1 første ledd, § 13-6 første ledd første punktum og tredje ledd, § 13-7 og § 13-9 til § 13-16
- f) kapittel 14 med unntak av § 14-4 g) kapittel 15 til 17 (byggkvalitet, 2021).

2.1.3 Norsk Standard NS-EN 1991

Norsk standard fungerer som et verktøy for å tilfredsstille kravene fra TEK-17. Standarden er utviklet og publisert av Standard Norge, og beskriver hvordan noe skal lages eller gjennomføres. Videre vil noen av de mest relevante standardene presenteres med en kort forklaring.

Norsk Standard NS-EN 1991-1-1 tar for seg allmenne laster på konstruksjonen fra egenvekt og nyttelaster. Standarden tilbyr nødvendige tabeller knyttet til tetthet og ligninger for dimensjonering med hensyn til egenvekt og nyttelaster (Standard Norge, 2008a).

Norsk standard NS-EN 1991-1-3 tar for seg snølast. Standarden tilbyr nødvendige tabeller og ligninger knyttet til snømengde, tetthet, formfaktor og dimensjonering av bygg med hensyn til snølast (Standard Norge, 2008b).

Norsk Standard NS-EN 1991-1-4 tar for seg vindlast. Standarden tilbyr blant annet nødvendige tabeller og ligninger knyttet til vindhastighetstrykk, vindtrykk på overflater, formfaktor for bygninger og generell dimensjonering av bygg med hensyn til vindlast (Standard Norge, 2009).

2.1.4 Forskrift om hold av storfe

Landbruks- og matdepartementets forskrift om hold av storfe gjelder for alt av oppdrett og hold av storfe i Norge. Fram til forskriftens publisering i 2004 var det «*Forskrift om hold av storfe og svin*» (1996) som gjaldt. Forskriften inneholder regelverket som omhandler dyrevelferd rundt blant annet fjøs og utgjør derfor en stor faktor i ombyggingen av fjøs (Landbruks- og matdepartementet, 2017).

Forskrift om hold av storfe inneholder en rekke paragrafer som er spesielt aktuelle i sammenheng med gjeldende problemstilling. Videre vil noen av de mest aktuelle punktene bli presentert sammen med utfyllende forklaring basert på mattilsynets veiledning til forskrift om hold av storfe (Mattilsynet, 2020).

§ 1. Formål

«Formålet med forskriften er å legge forholdene til rette for god helse og trivsel hos storfe, og sikre at det tas hensyn til dyras naturlige behov.» (Landbruks- og matdepartementet, 2017)

Utrykkene «god helse og trivsel» og «naturlige behov» er ikke målbart i seg selv og må derfor defineres med grunnlag i både gjeldende samfunnsnormer og vitenskapelig kunnskap. I veilederen tar mattilsynet utgangspunkt i Brambell-kommisjonens fem friheter. (Mattilsynet, 2020). De fem friheter er kriterier som må tilfredsstilles for å oppnå god dyrevelferd. De fem kriteriene er:

- Frihet fra sult, tørst og feilernæring
- Frihet fra unormal kulde og varme
- Frihet fra frykt og stress
- Frihet fra smerte lidelse ved skade, sykdom og død
- Frihet til å utøve normal atferd.

§ 7. Bygning, rom m.m.

«Husdyrrom skal være utformet og innredet slik at dyra ikke påføres eller påfører seg selv skade.» (Landbruks- og matdepartementet, 2017)

Paragrafen beskriver hva som skal være på plass for å unngå at dyr kommer til skade. Her er det snakk om skade dyret kan påføre seg selv i form av strømførende ledning og andre materialer dyrene kan komme i kontakt med. Dyret skal heller ikke bli utsatt for skade i form av smitte fra eksterne kilder. Det er derfor krav om smittesluse for å unngå smitte mellom fjøs. Mer om smittesluse i 2.2.2. Videre står det:

«Materialer som brukes i husdyrrom og innredning som storfe kommer i kontakt med, skal ikke være skadelige for dyra, og skal kunne rengjøres.» (Landbruks- og matdepartementet, 2017)

«Strømførende ledning skal ikke brukes som bingeskilte eller på annen måte for å avgrense dyras oppholdsplass innendørs.» (Landbruks- og matdepartementet, 2017)

«Storfe skal oppstalles i løsdrift med de unntak som er gitt i overgangsregler i § 32.»
(Landbruks- og matdepartementet, 2017)

2.1.5 Løsdriftsfjøs

§. 7 og §. 32 i forskrift om hold av storfe fastslår løsdriftskravet. Det har vært krav om at alle nybygg som bygges etter 2004 skal utformes som løsdriftsfjøs. Dette gjelder både nye frittstående bygg, så vel som omfattende ombygginger og utvidelser av eksisterende fjøs. For eksisterende fjøs bygget før 2004 skal løsdriftskravet være oppfylt innen 1. januar 2034. Opprinnelig krav hadde frist til 1. januar 2024, men i 2016 ble denne fristen utvidet med hensyn til de økonomiske utfordringene knyttet til utbyggingen (Mattilsynet, 2020).

Løsdriftsfjøs har til hensikt å kunne sikre god dyrevelferd gjennom blant annet å oppnå bedre kondisjon, bevegelse, helse, fruktbarhet og generell trivsel. En løsdriftsordning kan også skape bedre arbeidsmiljø for bonden. For at et fjøs skal kunne regner som et løsdriftsfjøs må følgende punkter oppfylles (Landbruks- og matdepartementet, 2017).

- Utformingen skal tillate at dyrene skal kunne bevege seg fritt mellom liggebåser og forbrett.
- I løsdrift skal det være minst en sykebinge for hvert påbegynte antall av 25 kyr. Bingen skal kunne benyttes til å holde dyr bundet i kortere til for prøvetakning og annen behandling.
- Per storfe i løsdriftsavdelingen skal det være minst en liggebås med tett gulv og mykt underlag.

Spaltegulv benyttes ofte i løsdriftsfjøs kombinert med skraperobot eller manuell skraping for å holde gulvet rent.

2.2 GENERELL UTFORMING

Det er mange faktorer som spiller inn i utformingen av et fjøs. Bevegelsesmønster, adferd og behov er sentrale begreper i utformingen av en planløsning. Som melkebonde står en relativt fritt i utformingen av en planløsning. I forbindelse med utformingen av en planløsning er det relevant å trekke frem noen sentrale punkter fra *Forskrift om hold av storfe* som direkte påvirker prosessen.

2.2.1 Dyrerom og gangarealer

Høyeste levende vekt (kg)	Liggebås, bredde (m)	Liggebås, lengde ved lukket front (m)	Liggebås, lengde ved åpen front (m)	Gangbredde ved førbrett (m) ¹	Gangbredde mellom liggebåser (m) ²
150	0,70	1,50	1,40	2,20	1,30
250	0,80	1,75	1,65	2,50	1,50
350	0,90	2,10	1,90	2,70	1,80
450	1,05	2,30	2,00	2,90	2,15
550	1,20	2,40	2,10	3,00	2,30
650	1,25	2,60	2,20	3,00	2,30

Tabell 2: Tabell hentet fra *Veileder til forskrift om hold av storfe omhandlende krav til dimensjoner av båser og gangarealer*. (Mattilsynet, 2020).

2.2.2 Smittesluse

- «Inngangspartiet til husdyrrom skal være utstyrt med smittesluse for å motvirke smitteoverføring og sikre god hygiene.» (Landbruks- og matdepartementet, 2017)

En smittesluse er essensielt for å redusere smitterisiko til et akseptabelt nivå. Den beste løsningen for smitte ville vært å ha et eget rom der trafikk mellom husdyrrom og gården blir sluset gjennom (Mattilsynet, 2020). Dette vil skape en klar grense mellom husdyrrom og resten av gården og dermed begrense smittefaren. Det kommer derimot frem i *Veileder til Forskrift om hold av storfe* at det ikke er pålagt med et eget rom til smittesluse.

- «Praktiske forhold tilsier likevel at slusen også kan være et avgrenset og merket areal uten å være et eget rom i bygningen. Slusen skal være i umiddelbar tilknytning til inngangen til husdyrrommet/-sonen.» (Mattilsynet, 2020)

Det er ikke påbudt å benytte smitteslusen for gårdens personell, besøkende til gården er derimot pålagt å benytte smitteslusen på vei inn til dyrerommet. Viktigheten av smitteslusen er direkte avhengig av smittesituasjonen i området, noe som fører til store variasjoner fra sted til sted. Særlig i større samdrifter og melkefjøs der mange personer er involvert anbefales det å sette opp en smittevernplan med klare rutiner for å forhindre smitte. Dersom smitteslusen benyttes som inngang skal de vanlige rutinene følges. (Landbruks- og matdepartementet, 2017, Mattilsynet, 2020, Vik, 2013)

2.2.3 Tekniske rom og melkerom

- «Personell skal ha adgang til mjølkerom, fôrlager og servicerom uten å måtte gå gjennom dyrerommet eller gangareal hvor det ferdes dyr.» (Landbruks- og matdepartementet, 2017)

Teknisk utstyr som lager støy, vibrerer eller produserer varme kan med fordel plasseres i et eget rom. I *Forskrift om hold av storfe* heter det at en skal ha egen inngang til teknisk rom, melkerom og fôrlager. Ettersom teknisk rom og melkerom trenger egen inngang er det hensiktsmessig å plassere disse i nærheten av hverandre slik at en kan benytte samme inngang. Hvis en trenger å utføre service eller reparasjoner på utstyr er det også praktisk at det er lett å komme til for å utføre jobben. Med tanke på smittefare er det gunstig at eventuelle servicepersonell ikke trenger å være innom dyrerom slik at en minimerer risikoen for overføring av smitte til andre fjøs.

- «Tankbilsjåfør skal ha adgang til melkerom og melketank på en måte som er smitemessig forsvarlig.» (Mattilsynet, 2020)

Tankbilsjåføren er den personen som er innom flest melkefjøs i løpet av et år. En kan dermed argumentere for at tankbilsjåføren er en av de største smittefarene. Egen inngang til gårdstanken fra utsiden er dermed essensielt for å begrense smittefare. En egen inngang til melketanken vil også gjøre jobben til tankbilsjåføren enklere ettersom tømning av tanken vil gå fortere. (melk.no, 2021, Landbruks- og matdepartementet, 2017)

2.2.4 Melkerobot

En melkerobot automatiserer melkingen av kyr i et melkefjøs. Dyrene går frivillig bort til melkeroboten da de blir foret med kraftfor under melkingen. Roboten identifiserer dyret med hjelp av en elektronisk ørebrikke som registreres ved inngangen til melkeroboten. Dersom dyret er klar for melking, slippes kua inn i roboten og melkingen foregår helt uten at bonden behøver å være til stede. En vanlig melkerobot har kapasitet til å melke 50-70 dyr opp til 3 ganger hver dag. Hensikten med en melkerobot er å oppnå redusert arbeidsbelastning for bonden, effektiv melkeproduksjon og bedre dyrevelferd grunnet mer fleksible tider for melking. Disse fordelene kommer på bekostning av en høy startpris i tillegg til ressursbruk knyttet til vedlikehold og reparasjon. (Vasseljen, 2016, melk.no, 2021)

2.3 TEORIGRUNNLAG FOR KONSTRUKSJON OG BEREKNINGER

Konstruksjonen skal prosjekteres i henhold til gjeldene lovverk i Norsk Standard. I prosjekteringen prioriteres spesielt bestandighet, funksjonalitet, miljøavtrykk og lønnsomhet. Bygget skal prosjekteres slik at konstruksjonen tåler de lastene som kan oppstå, det unngås overflødig bruk av materiale og funksjonaliteter ivaretas. Byggets bestandighet er konstruksjonens evne til å motstå ytre påkjenninger og slitasje for å sikre strukturell integritet gjennom levetiden.

2.3.1 Påkjenninger

Snølast

For å kunne dimensjonere et bygg må vi ta høyde for vekten av snøen som kan legge seg på taket om vinteren. Dette kalles snølast og beregnes basert på tabeller som tar høyde for plassering i landet og høyde over havet. Dette gir oss en antatt verdi oppgitt i kN/m^2 som kan brukes for å dimensjonere konstruksjoner hvor det kan legge seg snø. Tabeller og snøkart hentes fra NS-EN 1991 1-3 og baserer seg på metrologiske observasjoner av snømengde, snødybde og beregninger av tetthet utført av metrologisk institutt. Beregninger knyttet til snølast på tak, formfaktor og lastfordeling skal baserer seg på lovverk og ligninger fra NS-EN 1991 1-3. (Standard Norge, 2008b)

Vindlast

Av lastene som virker på en bygning er det vindpåvirkning som utgjør den største horisontale påkjenningen. Vindlaster virker 90 grader på overflaten av lukkede konstruksjoner og varierer med tiden. Lasten oppstår både i form av trykk og sug basert på hvilken side av bygget det er snakk om ut ifra vindretningen. Omfanget av lasten varierer med lokale faktorer som eksponering og klima, basert på geografisk plassering av konstruksjonen, så vel som variabler i selve bygget som størrelse, form og dynamiske egenskaper. Det er den maksimale vindhastigheten som skal benyttes i dimensjoneringen av et bygg.

Beregninger knyttet til vindpåvirkning på bygg skal basere seg på lovverk og ligninger fra NS-EN 1991 1-4. (Standard Norge, 2009)

Egenlast

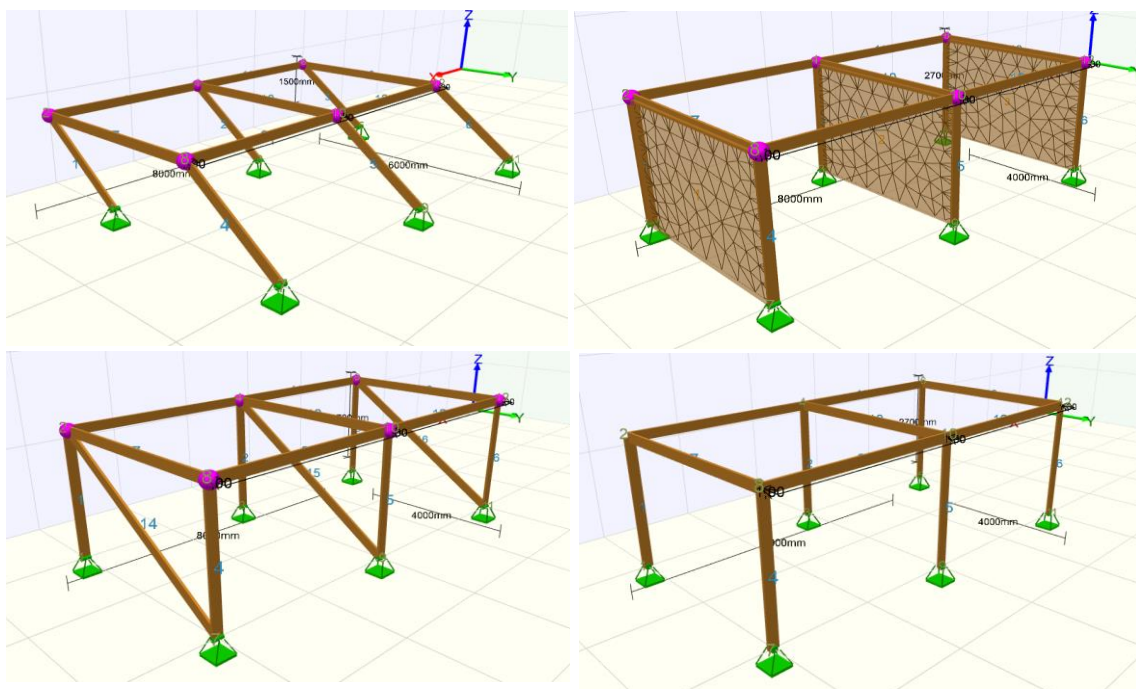
Egenlasten for ett bygg regnes som alle faste permanente deler av et bygg. Dette inkluderer ikke-bærende installasjoner. Egenlast beregnes basert på materialets volum og tyngdetetthet.

NS-EN 1991-1-1 tilbyr nødvendige tabeller og ligninger for dimensjonering med hensyn til egenlast. (Standard Norge, 2008a)

Avstivning

Hensikten med å avstive et bygg er for å motvirke effekten av horisontale krefter som kan skape forskyvning. Disse kreftene kan oppstå som et resultat av vindlast, jordskjelv eller skjevlast på grunn av geometriske avvik. (Bell, 2017). Uten tilstrekkelig avstivningssystem vil bygningen kollapse da det alltid vil oppstå former for horisontale krefter. Fast innspenne søyler/forbindelser, krysstag og bruk av plater er vanlige måter for å avstive et bygg på. Avstivningsstag har til hensikt å ta opp strekkrefter og kan bestå av blant annet sål-vaier, trebjelker eller flatstål. Ved å innføre et strekkstag lager man en trekantet skive og systemet blir stiv i den ene retningen. Da strekkstag i utgangspunktet kun tar opp strekkrefter er det behov for to strekkstag fra hver ende for å avstive bygget i begge retninger. (Bell, 2017)

Figurene under viser 3 eksempler på avstivning og et eksempel på hvordan en konstruksjon uten avstivning vil kollapse av horisontal kraft. Modellene er presentert i programmet Focus Construction (Focus Software, 2021) og belastes med en horisontal kraft fra negativ y-retning (fra høyre i figuren). Øverst til venstre: Uten avstivningsmetode, frie opplager og ledd. Øverst til høyre: Frie opplager og ledd med plater som avstivningsmetode. Nederst til venstre: Frie opplager og ledd med krysstag som avstivningsmetode. Nederst til høyre: Fast innspent opplager med faste forbindelser.



Figur 2: Aktuelle avstivningsmetoder for et bygg

2.4 NORSK MASSIVTRE

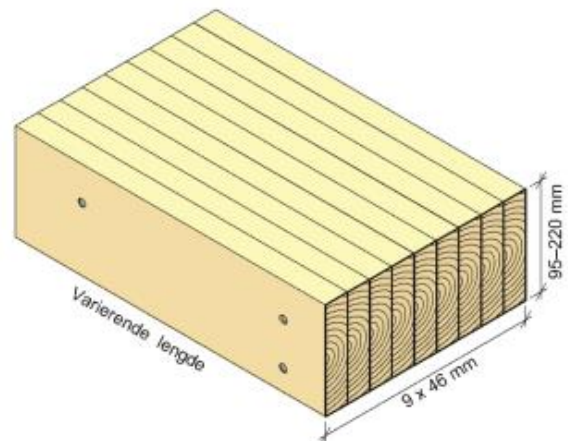
Norsk Massivtre AS er en leverandør for massivtre-elementer og holder til i Begna, Innlandet. Elementene skiller seg fra andre tre-elementer i det at de er satt sammen av kantstilte trelameller, festet med skruer, fremfor å være forbundet med lim. På denne måten oppnår man at alle fibre står i spennretning. Elementene er relativt simple å produsere og kan tilby sterkt bæreevne med gode termiske egenskaper til en lav pris. (Norsk Massivtre, 2021). Sintef har gjennomført en teknisk godkjenning for produktet som inneholder generell informasjon om produktene så vel som tekniske spesifikasjoner og kapasiteter. Videre følger et utvalg relevant informasjon fra den tekniske godkjenningen angående kantstilte massivtre-elementer. (Sintef, 2020)

2.4.1 Teknisk Godkjenning

Elementene er satt sammen av planker på høykant med dimensjon 46mm x 95 – 220mm og leveres i fasthetsklasse T22, T15 og C14 iht. EN338. Et typisk element er sammensatt av 9 planker som utgjør en bredde på 414mm. Plankene sikres i hverandre med 5 – 8mm HECO treskruer og elementene skjøtes med innborede skruer med skrueavstand 800mm.

Kantstilte elementer brukes primært i bærende elementer som i etasjeskiller og tak og kan benyttes i klimaklasse 1 og 2 iht. NS-EN-1995-1-1. Elementene er egnet for bruk i risikoklasse 1 – 6 i brannklasse 1 og 2. For å kunne brukes i høyere brannklasse må elementenes brannsikkerhet dokumenteres gjennom analytisk brannteknisk prosjektering.

Elementene er ikke ansett som miljøfarlige da de ikke inneholder prioriterte miljøgifter eller andre stoffer av den mengden som anses som helse og miljøfarlig. (Sintef, 2020)



Figur 3: Oppbygging av kantstilt massivtre-element (Sintef, 2020).

Egenskap		Fasthetsklasse			
		C14 N/mm ²	C18 N/mm ²	T15 N/mm ²	T22 N/mm ²
Karakteristiske fastheter					
Bøyefasthet	$f_{m,k}$	14	18	22	30,5
Strekfasthet, - lengderetning - tverretning	$f_{t,0,k}$	7,2	10	15	22
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4
Trykkfasthet, - lengderetning - tverretning	$f_{c,0,k}$	16	18	21	26
	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,5	2,7
Skjærfasthet	$f_{v,k}$	3,0	3,4	4,0	4,0
Stivheter for stabilitetsberegninger					
Elastisitetsmodul	$E_{0,05}$	4 700	6 000	7 700	8 700
Stivheter for deformasjonsberegninger					
Elastisitetsmodul - i fiberretningen - på tvers av fiberretn.	$E_{0,mean}$	7 000	9 000	11 500	13 000
	$E_{90,mean}$	230	300	380	430
Skjærmodul	$G_{0,mean}$	440	560	720	810
Densiteter					
Midlere densitet	ρ_{mean}	350	380	430	470
Karakt. densitet	ρ_k	290	320	360	390

Tabell 3: Materialfastheter, stivhetsmoduler og densitet for planker i Norsk Massivtre. (Sintef, 2020)

3 METODE

3.1 GENERELL METODE

Bacheloroppgaven er utført som en case-studie hvor det er benyttet litteratursøk, beregninger, møter med aktuelle fagpersoner/bedrifter og befaringer til aktuelle fjøs, for å best mulig kunne løse problemstillingen. Det er valgt å benytte kvalitativ metode for studiet da det er viktig å basere metoden på å skaffe mye data rundt hver enkel enhet. Studiet omfatter flere enheter i form av litteratur, personer, fjøs og beregninger.

3.1.1 Befaring

Befaringer har vært en metode for å danne en generell forståelse for temaet. For å komme i kontakt med aktuelle fjøs har det blitt benyttet hjelp fra organisasjoner som *Innlandsfjøset*, *Tine* og *Norsk landbruksrådgivning*. Bøndene selv har også bidratt til å få oss i kontakt med andre aktuelle fjøs.

Gruppen har reist til aktuelle fjøs og møtt kontaktpersonen som i alle tilfeller var eier av driften. Befaringene varte mellom 2 og 3 timer og inkluderte en grundig gjennomgang av fjøsets utforming og funksjoner, så vel som en kontinuerlig dialog med bonden. Opprinnelig tanke var at en rapport med spørreskjema, generelle notater og illustrasjoner skulle føres på alle befaringer og bli inkluderte i studiet som et datagrunnlag for å trekke konklusjoner fra. Denne type datainnsamling er avhengig av et omfattende utvalg av befaringer for å kunne trekke konkrete konklusjoner, noe som ble utfordrende å anskaffe grunnet restriksjoner i forbindelse med COVID-19.

3.1.2 Litteratursøk

Innsamling av relevant litteratur har blitt utført i form av litteratursøk. Her har målet vært å finne data og stoff som kan benyttes for å løse på problemstillingen. Spesielt fokus har vært rettet mot å finne relevante studier, artikler, bachelor/masteroppgaver og statistikk.

Metode for å tilegne stoffet vil være todelt. Det har blitt benyttet vanlige søk etter offentlig tilgjengelig litteratur på internett. I tillegg er det oppsøkt litteratur direkte fra forskjellige aktører. Dette gjorde det mulig å anskaffe relevant data og litteratur direkte fra aktørene som ellers ikke ville vært offentlig tilgjengelig.

3.2 METODE FOR VALG AV PLANLØSNING

Kvalitativ metode er brukt for innhenting av relevant informasjon og meninger rundt utformingen av plantegningene. Befaringer har vært en viktig del av metoden for å utvikle en praktisk og realistisk løsning basert på meninger og erfaringer fra fagpersoner og bønder. Møter med prosjektleder for *Innlandsfjøset* har hatt spesiell innvirkning på prosjektet. En åpen dialog har blitt opprettholdt der forskjellige planløsninger har blitt drøftet for å fastsette ulike fordeler og ulemper med forskjellige løsninger. Innsamling av relevant litteratur har blitt utført i form av litteratursøk. Et spesielt fokus har være rettet mot å finne relevante studier, artikler, bachelor/masteroppgaver og statistikk.

Plantegningene er utarbeidet med BIM i programmet Autodesk Revit 2019. Ved hjelp av BIM har det vært mulig å fremstille nøyaktige plantegninger der sammenligninger har blitt gjort for å finne en gunstig løsning for den aktuelle casen. Forskjellige perspektiver i Autodesk Revit 2019 har blitt brukt for å simulere og utforske ulike løsninger i 2D og 3D. Med ulike perspektiver har det vært mulig å oppleve ulike muligheter gjennom simulering og rendering av fasader og løsninger.

3.3 GAVLVEGG

For å løse problemstillingen er det nødvendig å undersøke alternativer for utforming av gavlvegg. Som nevnt i casen er det antatt at det vil være lønnsomt å benytte seg av kantstilte massivtre-elementer i gavlveggen dersom det utformes en aktuell avstivningsmetode og massivtreet kan ta trykklasten fra taket. Metoden for å utforske dette vil deles inn i to deler. Begge delene er avhengig av å kartlegge påkjenninger i form av laster.

Den ene delen tar for seg selve bæringen i gavlveggen. Det nevnes i casen at kantstilte T15 massivtre-elementer med tykkelse på 120mm vil kunne fungere som bærende elementer uten behov for andre søyler. Dette må bekreftes med bruk av beregninger.

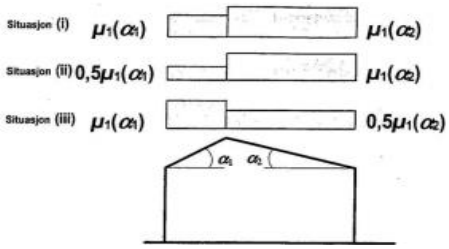
Den andre delen vil ta for seg avstivning mot horisontale krefter på langvegg. Som nevnt i case og teori, har ikke massivtre-elementene særlig gode egenskaper når det kommer til avstivning i denne retningen. Her må det utforskes aktuelle løsninger ved bruk av beregninger.

Dersom både bæreevne til massivtre-elementene og avstivningsstagene blir dimensjonert og kontrollert kan det konkluderes med at løsningen er aktuell.

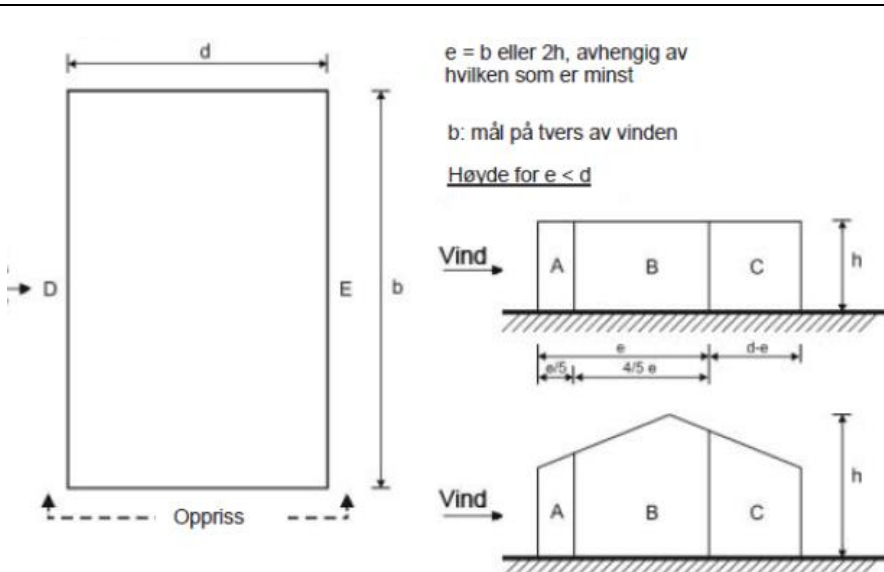
3.3.1 Lastvirkning

For å gjennomføre nødvendige beregninger må aktuelle laster identifiseres. Snølast, egenlast og vindlast er de mest aktuelle påkjenningene som må bli tatt hensyn til for å sikre bestandigheten i bygget. Videre følger metode og utregning for å finne dimensjonerende laster.

Snølast

<p align="center">Snølast (NS-EN-1991-1-3:2003+NA:2008):</p> <p align="center">Karakteristisk snølast for Gjøvik kommune: $S_{k,0}=4,5\text{kN/m}^2$.</p> <p align="center">Byggehøyde=H_g for kommune. Det vil si at $S_k = S_{k,0}=4,5\text{kN/m}^2$</p> <p align="center">Eksponeeringsfaktor $C_e=1,0$</p> <p align="center">Termisk faktor $C_t=1,0$</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" data-bbox="699 902 1145 1126"> <thead> <tr> <th>Takvinkel α</th> <th>$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\mu_1(\alpha)$</td> <td>$\mu_1(0^\circ) \geq 0,8$</td> </tr> <tr> <td>$\mu_2(\alpha)$</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>$\mu_3(\alpha)$</td> <td>$0,8 + 0,8 \alpha/30$</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p align="center">Formfaktor for saltak:</p> <p align="center">Formfaktor for taket på 22° vil være 0.8</p> <p align="center">Snølast på tak:</p> <p align="center">$S = \mu_1 * C_e * C_t * S_k$, hvor:</p> <p align="center">μ_i = Formfaktor (5.2(3a))</p> <p align="center">C_e: Eksponeeringsfaktor (Standard</p> <p align="center">C_t = Termisk faktor Norge, 2008b)</p> <p align="center">S_k = Karakteristisk snølast</p> <p>Tilfelle 1: $S(\mu_1=0,8) = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 4,5 = \underline{3,6\text{kN/m}^2}$ på hver side</p> <p>Tilfelle 2 og 3: Da takkonstruksjonen er symmetrisk vil situasjon 2 og 3 være speilvendt av hverandre.</p> <p align="center">$S_1(\mu_1=0,8) = \underline{3,6\text{kN/m}^2}$</p> <p align="center">$S_2(\mu_1=0,5 * 0,8) = \underline{1,8\text{kN/m}^2}$</p> <p align="center">Tilfelle 1 blir dimensjonerende da vi kun skal se på trykkraft i gavlveggen.</p>	Takvinkel α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$\mu_1(\alpha)$	$\mu_1(0^\circ) \geq 0,8$	$\mu_2(\alpha)$	0,8	$\mu_3(\alpha)$	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	<p align="center">Tabell NA.4.1(901) (5.2(7 og 8)) (Standard Norge, 2008b)</p> <p align="center">Fig. 5.3 Tab. 5.2 (Standard Norge, 2008b)</p>
Takvinkel α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$								
$\mu_1(\alpha)$	$\mu_1(0^\circ) \geq 0,8$								
$\mu_2(\alpha)$	0,8								
$\mu_3(\alpha)$	$0,8 + 0,8 \alpha/30$								

<p>Vindlaster (NS-EN-1991-1-4:2005+NA:2009) (Standard Norge, 2009)</p> <p>Referansevindhastighet i Gjøvik: $V_{b,0}=22\text{m/s}$</p> <p>Terrengkategori: II, Landbruksområde, område med spredte små bygninger eller trær.</p> <p>$K_w(z=7\text{m}, \text{Terrengkategori=II})=1,65$</p> <p>Vindhastighetstrykket: $q_p(z)=k_w*v_{b,0}^2$ $q_p(z)=1,65*22^2=\underline{0,799\text{kN/m}^2}$ $a_{\min}=4*6,7\text{m}=26,8\text{m}>21,6\text{m}, \Rightarrow \underline{F_{fr}=0}$</p> <p>$a_{\min}$ er større enn byggets totale lengde, dermed blir det ingen friksjonskraft langs bygget.</p> <p>Vindsoner på vegg iht. figur 7.4: $6,7<21,6 \Rightarrow h<b \Rightarrow$ En vindsoner</p> <p>Soneforhold: $h/d=6,7/16=0,42 \Rightarrow 0,25<h/d<1$ $e_{\min}=2*h=2*6,7=13,4\text{m}$</p>	<p>(Tab. NA.4(901.1)) (Standard Norge, 2009) (Tab. NA.4.1) (Standard Norge, 2009)</p> <p>(NA.7.2.2) (Standard Norge, 2009)</p> <p>(NA.7.4(2)) (Standard Norge, 2009)</p>
---	---



Figur 5: Vindlastsoner som beskrevet i NS 991-1-4 (Standard Norge, 2009)

Tabell 7.1 - Utvendige formfaktorer for vertikale vegger i rektangulære bygninger

Sone	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0		-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0		-0,5
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,7	1,0		-0,3

MERKNAD For mellomliggende verdier av forholdet h/d kan det interpoleres lineært

Tabell 5: Tabell 7.1 fra NS-1991-1-4(Standard Norge, 2009)

Lastareal $> 10\text{m}^2 \Rightarrow$ Benytter $C_{pe,10}$

Formfaktorer for vind, gavlvegg:

Sone A = -1,4

Sone B = -1,1

Sone C = -0,5

Lastsoner for vind på langvegg:

$$\text{Sone D} = 0,7 + \left(0,1 \cdot \frac{0,42 - 0,25}{1 - 0,25}\right) = 0,72$$

$$\text{Sone E} = -0,3 - \left(0,2 \cdot \frac{0,42 - 0,25}{1 - 0,25}\right) = -0,35$$

Utvendige krefter i vindretning:

$$F_D = 0,72 \cdot 0,799 \text{ kN/m}^2 = 0,575 \text{ kN/m}^2$$

$$F_E = -0,35 \cdot 0,799 \text{ kN/m}^2 = -0,28 \text{ kN/m}^2$$

Fig.7.5(Standard Norge, 2009)

Tab. 7.1(Standard Norge, 2009)

Lastsoner for vind på saltak

Vindretning=0°

Takvinkel=22°

Vindhastighetstrykket: $q_p(z)=0,799\text{kN/m}^2$

Areal av tak > 10 m² => Vi bruker $C_{pe,10}$

Interpolering av 22 fra 15 til 30 = $\frac{22-15}{30-15} = 0,46$

Sone F = $0,799\text{kN/m}^2 * (0,2 + (0,7 - 0,2) * 0,46) = \underline{0,257\text{kN/m}^2}$

Sone G = $0,799\text{kN/m}^2 * (0,2 + (0,7 - 0,2) * 0,46) = \underline{0,257\text{kN/m}^2}$

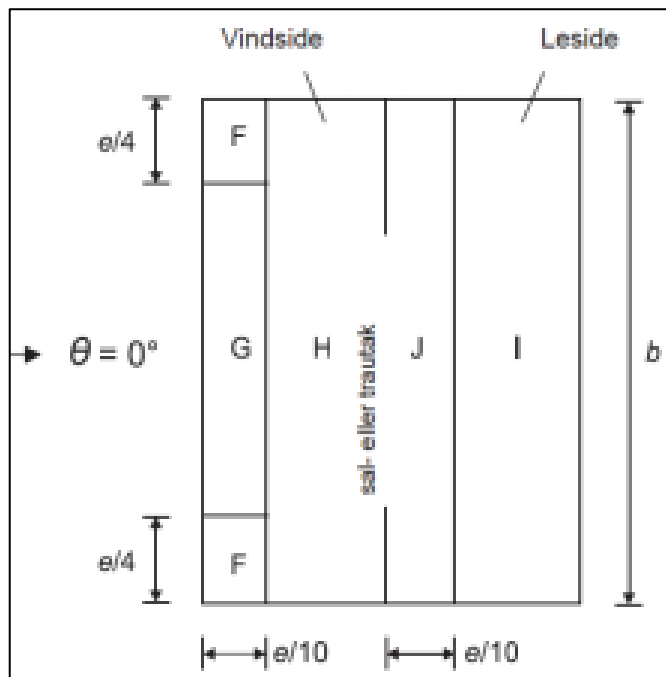
Sone H = $0,799\text{kN/m}^2 * (-0,2 + (0,4 - 0,2) * 0,46) = \underline{0,185\text{kN/m}^2}$

Sone I = $0,799\text{kN/m}^2 * (-0,4 + (-0,4 + 0,4) * 0,46) = \underline{-0,32\text{kN/m}^2}$

Sone J = $0,799\text{kN/m}^2 * (-1 + (-1 + 0,5) * 0,46) = \underline{-0,551\text{kN/m}^2}$

e=b eller 2h avhengig av hvilken som er minst. I vårt tilfelle er det minste 2h=13,4meter.

Maksimal vindlast i form av trykk vil oppstå i sone F.



Figur 6: fordelingen av vindlasten på et sal- eller trauteak. (NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009)

Vi faktorerer kraften for å se hvor mye som fungerer som blir horisontal last, og hvor mye som blir vertikal last.

Horisontalt:

Sone F = $\sin(22^\circ) * 0,257\text{kN/m}^2 = \underline{0,096\text{kN/m}^2}$

Sone G = $\sin(22^\circ) * 0,257\text{kN/m}^2 = \underline{0,096\text{kN/m}^2}$

Tab.7.4a(Standard Norge, 2009)

Fig.7.8(Standard Norge, 2009)

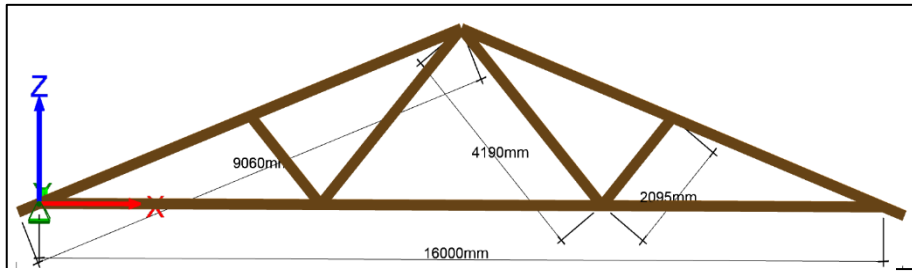
<p>Sone H= $\sin(22^\circ)*0,185\text{kN/m}^2=0,069\text{kN/m}^2$</p> <p>Sone I= $\sin(22^\circ)*(-0,32\text{kN/m}^2)=-0,12\text{kN/m}^2$</p> <p>Sone J= $\sin(22^\circ)*(-0,551)=-0,21\text{kN/m}^2$</p> <p>Sone</p> <p>Vertikalt:</p> <p>Sone F= $\cos(22^\circ)*0,257\text{kN/m}^2=0,238\text{ kN/m}^2$</p> <p>Sone H= $\cos(22^\circ)*0,185\text{kN/m}^2=0,172\text{kN/m}^2$</p>	
---	--

Egenlast

Omfang av egenlast beregnes basert på tabeller for tyngdedensitet og volumet av materialet. I den aktuelle konstruksjonen må gavlveggen motstå påkjenninger i form av egenlast fra tak elementene, takstolene og kledningen som ligger på elementene.

<p style="text-align: center;">Egenlaster</p> <p style="text-align: center;">Takelementer:</p> <p style="text-align: center;">Egenvekt takelementer:</p> <p style="text-align: center;">$E_{\text{takelementer}}[\text{Kg}] = \text{Densitet} * \text{Volum} = \rho_{\text{mean}}[\text{Kg/m}^3] * V[\text{m}^3]$</p> <p style="text-align: center;">Fordelt egenvekt:</p> <p style="text-align: center;">$Q_{\text{EL,takelementer}}[\text{Kg/m}^2] = \text{Densitet} * \text{tykkelse} = \rho_{\text{mean}}[\text{Kg/m}^3] * d[\text{m}]$</p> <p style="text-align: center;">Her benyttes kantstilte massivtre-elementer fra <i>Norsk Massivtre AS</i> med fasthetsklasse T15 og tykkelse på 145mm</p> <p style="text-align: center;">Densitet av T15 elementer. $\rho_{\text{mean,T15}}=430\text{kg/m}^3$</p> <p style="text-align: center;">$Q_{\text{EL,Takelementer}}=430\text{kg/m}^3*0,145\text{m}=62,35\text{Kg/m}^2=0,612\text{kN/m}^2$</p>	<p style="text-align: center;">(Standard Norge, 2008a)</p> <p style="text-align: center;">(Sintef, 2020)</p>
---	--

Takstoler:



Figur 7: Aktuell takstol med mål.

Tverrsnittet av alle bjelkene er $48\text{mm} \times 198\text{mm} = 0,01\text{m}^2$

Egenvekt for takstolen kan beregnes med:

$$E_{\text{takstol}}[\text{Kg}] = \text{densitet}[\text{Kg/m}^3] * \text{volum}[\text{m}^3]$$

Densitet av C24 heltre = $\rho_{\text{mean,C24}} = 420\text{kg/m}^3$ *

Volum av en takstol

$$V_{\text{Takstol}} = 0,01\text{m}^2 * (16\text{m} + 2 * 9,06\text{m} + 2 * 4,19\text{m} + 2 * 2,095\text{m}) = 0,467\text{m}^3$$

$$EV_{\text{Takstol}} = 420\text{Kg/m}^3 * 0,467\text{m}^3 = 196,14\text{Kg} = 1,92\text{kN}$$

Fordelt over hele gavlveggen gir dette en egenlast på,

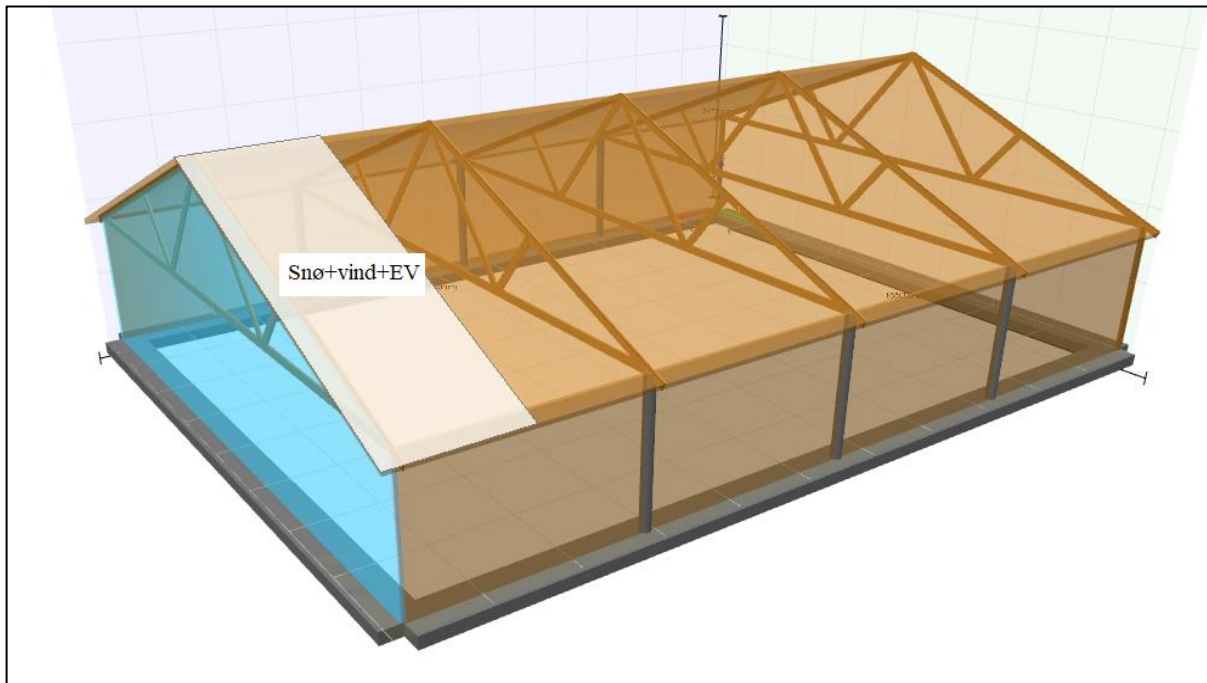
$$Q_{\text{EL,Takstol}} = 0,12\text{kN/m}$$

I utregning av vertikale krefter i kapittel 3.3.4, kommer det frem at krysstaket som er koblet til takstolen vil ta opp en vertikal kraft på 17,4kN nedover. Denne kraften er definert som en vindkraft, men fordeles til gavlveggen gjennom takstolen.

(Standard Norge, 2008a)

3.3.2 Bæring gavlvegg

Gavlveggen må kunne motstå vertikal påkjenning fra snølast, egenvekt og vindlast. For å undersøke dette må lastpåkjenningene kombineres og sammenlignes opp mot kapasiteten til materialet. Beregningene for bæringen i gavlveggen vil ta hensyn til vertikale krefter som inntreffer fra midten av det ytterste fakket og ut til enden av taket slik som vist på *figur 10*. Takstolen som er festet på innsiden av gavlveggen inngår også som egenlast. *Figur 10* viser en forenklet modell av fjøset med aktuell gavlvegg markert i blått. Det hvite området markerer segmentet av taket hvor lasten tas opp i gavlveggen.



Figur 8: Forenklet modell av fjøset mht. taklast

Vertikal last

Dimensjonerende last ved lastkombinering kan beregnes med 6.10a og 6.10b. Den av situasjonene som påfører bygget størst belastning skal benyttes. Det hvite område inkluderer både sone F og H fra *figur 10*. I denne utregningen benytter vi oss av verdien fra sone F da vi er ute etter maksimal trykkraft på massivtre-elementene.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.10a)$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.10b)$$

I våres tilfelle kan ligningene skrives om til:

$$1,35 \cdot G_{k,j} + 1,5 \cdot \Psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} 1,5 \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.10a)$$

$$1,20 \cdot G_{k,j} + 1,5 \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} 1,5 \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.10b)$$

Hvor,

$G_{k,j}$ – egenlast (fra tak og

takstol) = $(0,612 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,1 \text{ m}) + 0,12 \text{ kN/m} = 2,02 \text{ kN/m}$

$Q_{k,1}$ - dominerende nyttelast (snølast) = $3,6 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,1 \text{ m} = 11,16 \text{ kN/m}$

$Q_{k,i}$ - Øvrige nyttelaster (vertikal vindlast og vertikal last fra avstivningsstag som må tas opp i veggen. Denne er beregnet til å bli 17,4 kN og forenklet til å være jevnt fordelt over hele veggen på 16 m)

= $0,172 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,1 \text{ m} + 17,4 \text{ kN} / 16 \text{ m} = 1,62 \text{ kN/m}$

$\Psi_{0,i}$ – Nyttelastfaktor = 0,7

6.10a: $1,35 \cdot 2,02 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 11,16 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,62 = 16,146 \text{ kN/m}$

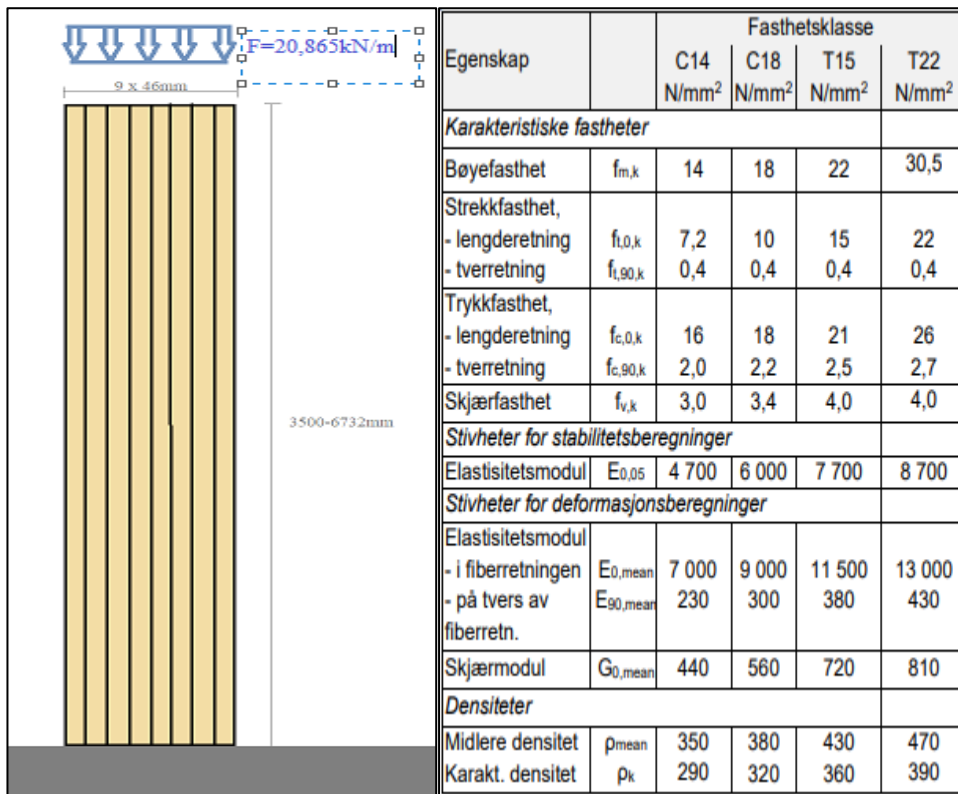
6.10b: $1,20 \cdot 2,02 + 1,5 \cdot 11,16 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,62 = 20,865 \text{ kN/m}$

6.10b = 20,865 kN/m er dimensjonerende for den vertikale kraften.

Lig. 6.10a og
6.10b (Standard
Norge, 2008a)

Tab.
A1.1 (Standard
Norge, 2008a)

Kontroll for trykk parallelt på fiberretning



Figur 9: Viser utformingen av et element i gavlveggen med last fra oversiden.

Tabell 6: Karakteristiske fastheter for planker i elementene fra Norsk massivtre AS (Sintef, 2020).

Kontroll for trykk i fiberretning iht. EC5 6.1.4 :

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}, \text{ hvor,}$$

Dimensjonerende trykkfasthetet i fiberretningen, $f_{c,0,d} = f_{c,0,k} (k_{mod} / \gamma_m) k_{sys}$

$$\sigma_{c,0,d} = \text{Dimensjonerende trykkraft/bruttoarealet} = N_d / A$$

Vi kontrollerer for trykk i hver plank i elementet. Veggen består av 348 stolper på 46mm hver.

$$\text{Total last fra taket på gavlveggen} = 20,865 \text{ kN/m} * 16 \text{ m} = 333,84 \text{ kN}$$

Trykklast i hver av plankene, $N_d = 333,84 \text{ kN} / 348 = 0,96 \text{ kN} = 960 \text{ N}$ per plank

$$\text{Areal for en plank, } A = 120 \text{ mm} * 4,6 \text{ mm} = 552 \text{ mm}^2$$

$$f_{c,0,k} (\text{T15}) = 21 \text{ N/mm}^2$$

Klimaklasse 2, mellomlangtidslast => $k_{mod} = 0,8$

Materialfaktor, $\gamma_m = 1,25$

$$k_{sys} = 1$$

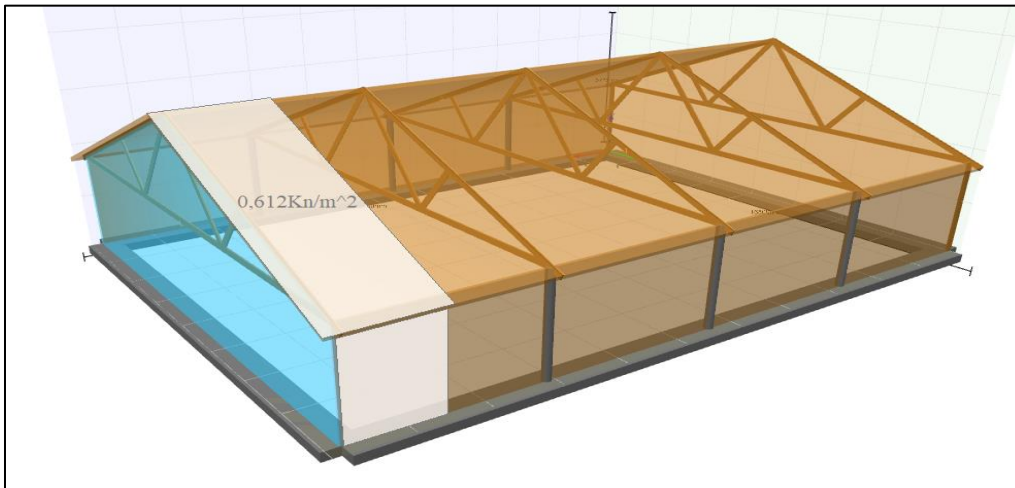
$$f_{c,0,d} = 21 * (0,8 / 1,25) * 1 = f_{c,0,k} (k_{mod} / \gamma_m) k_{sys} = 13,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = 960 \text{ N} / 552 \text{ mm}^2 = 1,74 \text{ N/mm}^2$$

EC5 6.1.4
(Porteous and
Kermani,
2013)

3.3.3 Avstivning gavlvegg

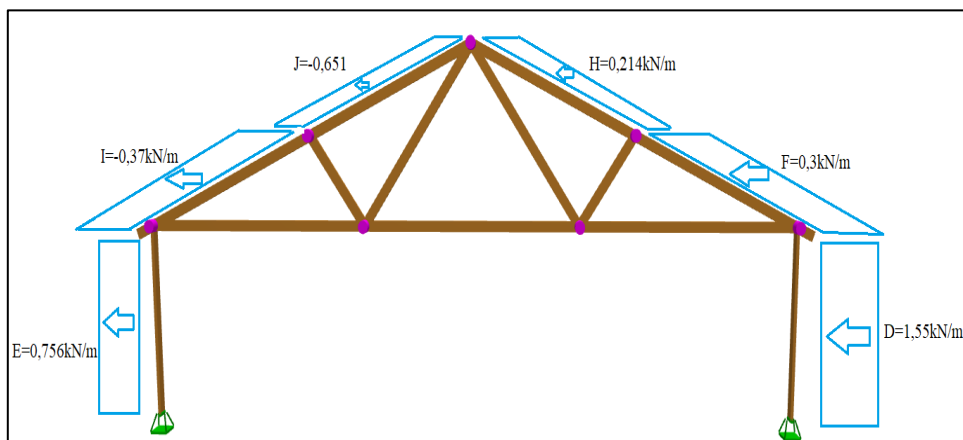
Antar at alle krefter som treffer fra midten av siste fakket og ut til enden av taket, må tas opp i gavlveggen. Det kantstilte massivtreet har begrenset motstand for horisontale krefter. Målet er dermed å dimensjonere avstivningsstag som tåler horisontale krefter dersom taket kun står på to søyler med ledd i opplager og avstivningsstag. Først kartlegges horisontale krefter som virker på gavlveggen.



Figur 10: Modell av fjøset. Hvit farge viser hvor det er antatt at alle horisontale krefter skal kunne tas opp i gavlveggen.

Horisontale krefter på gavlvegg

Vi benytter oss av vindtrykket for sone F,H,J,I,D og E, regnet ut i 3.3.2. Lastene som virker på taket er multiplisert med 3,1meter for å ta hensyn til overhenget og lastene på veggen er multiplisert med 2,7meter. Verdiene er tegnet inn i *figur 13*. Lengden på felt F og J på figuren er 1,45m langs taket.



Figur 11: Oversikt over de horisontale kreftene som påvirker gavlveggen i beregningene.

Reaktantenes høyde over opplager, h:

$$h_{D,E}=3,5\text{m}/2=1,75\text{m}$$

$$h_F=3,5+1,45*\sin(22)/2=3,77\text{ m}$$

$$h_H=3,77+\sin(22)*(9,06-1,45)/2=5,19\text{m}$$

$$h_I=3,5+(9,06-1,45)*\sin(22)/2=4,93\text{m}$$

$$h_J=4,93+\sin(22)*(9,06-1,45)/2=6,36\text{m}$$

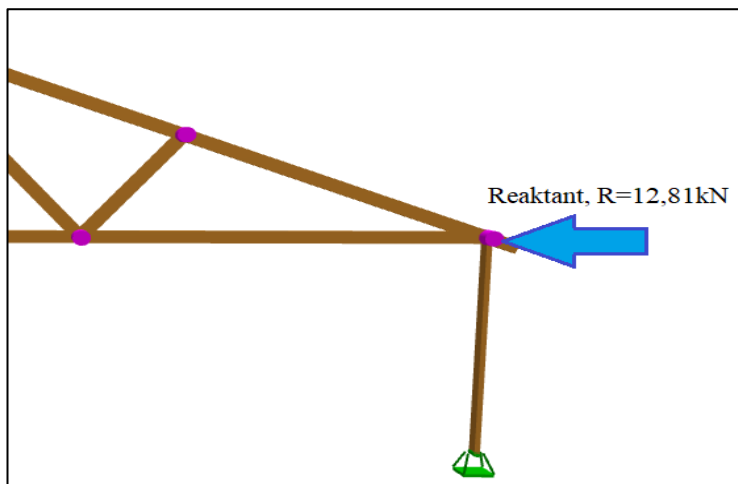
Samlet moment over opplagerne:

$$M=(1,55+0,756)*3,5*1,75+0,3*1,45*3,77+0,214*(9,06-1,45)*5,19+0,37*(9,06-1,45)*5,19+0,651*1,45*6,36=44,833\text{kNm}$$

Vi lager en reaktant for de horisontale kreftene over høyre opplager ved

$$h=3,5\text{m}:$$

$$h*R=44,833\text{kNm}\Rightarrow R=44,833/3,5=\underline{12,81\text{kN}}$$

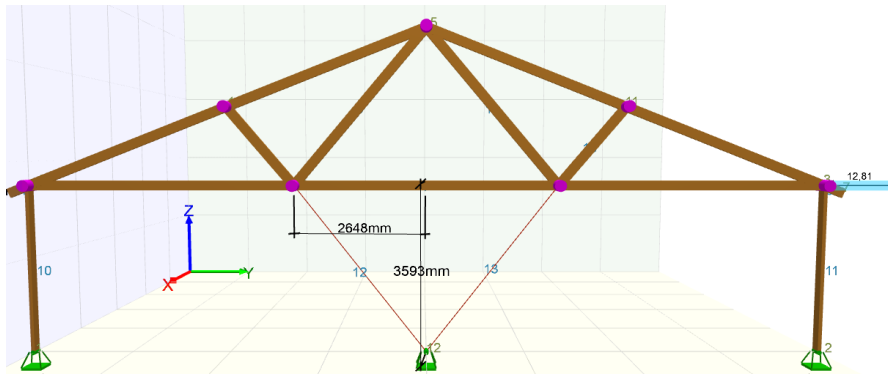


Figur 12: Hjørnet på gavlveggen med reaktanten for kreftene som utgjør moment.

Dimensjonering av krysstag

Med hensyn til plassering av dører forøkes det å dimensjonere gavlveggen med to stålvaiere som festes i midten av gulvet og i hvert knutepunkt i undergurten på takstolen, som vist på *figur 15*. Stagene fungerer som vaiere, og tar kun opp strekkraft.

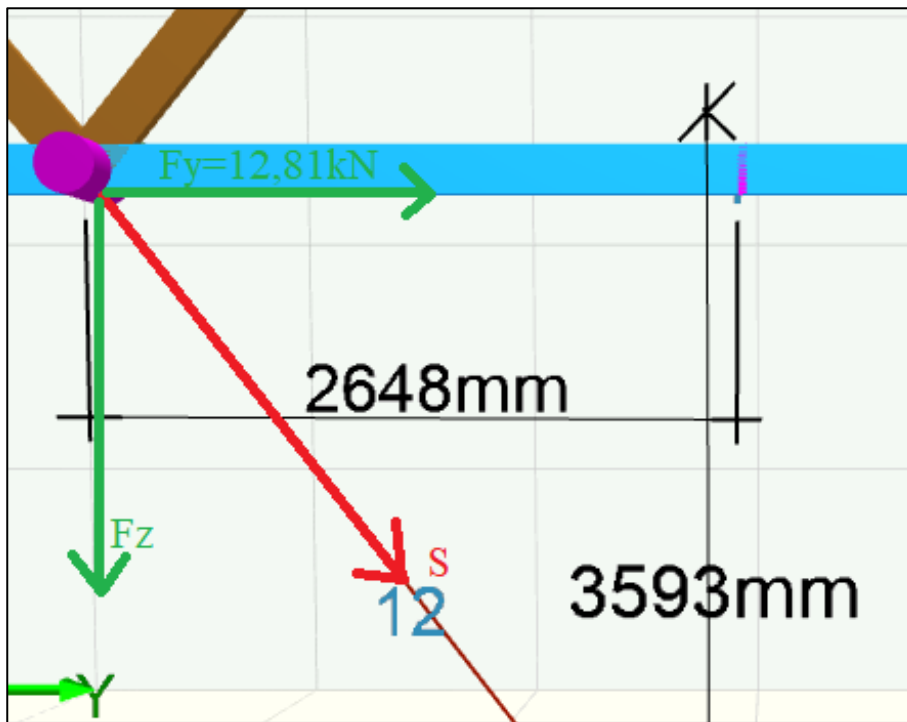
Her er gavlveggen forenklet til en takstol som ligger over to søyler med fri rotasjon om x-asken i opplagerne og i leddene til takstolen.



Figur 13: Forenklet gavlvegg med avstivningsstag.

Vi finner dimensjonerende strekk-kraft i staget som går mot venstre, med horisontal last fra høyre:

Strekraften i venstre stag kan faktoriseres for y og z retning hvor y retningen må være like stor, og motsatt rettet av den vertikale lasten fra høyre for å oppnå likevekt. Altså, $S_y=12,81\text{kN} \rightarrow$



Figur 14: Figuren viser strekkraften i avstivningsstaget faktorisert.

Vinkel mellom S og $F_y = \tan^{-1}(3593/2648) = 53,6^\circ$

Lengde på et stag = $\sqrt{3593\text{mm}^2 + 2648\text{mm}^2} = 4,46\text{m}$

Dimensjonerende strekkraft for avstivningsstag,

$$S = 12,81 / \cos(53,6) = \underline{21,6\text{kN}}$$

$F_z = \sin(53,6) * 21,6\text{kN} = \underline{17,4\text{kN}}$ i vertikal retning. Denne kraften må kunne tas opp i gavlveggen via takstolen og er benyttet i utregningen for kontroll av trykk i fiberretning.

3.4 LØNNSOMHET

Det ville vært aktuelt å vurdere totalprisen av ombyggingen for sammenlignet med andre løsninger. Da dette ville gitt et nøyaktig bilde av potensiale for lønnsomhet, krever en slik løsning mer ressurser som ikke har vært tilgjengelig i dette studiet. Vurdering av lønnsomhet er derfor begrenset til enkle vurderinger av materialbruk, arbeidskraft og antagelser utviklet med kvalifiserte fagpersoner.

4 RESULTAT

4.1 PLANLØSNING

Det er mange faktorer som spiller inn i utformingsprosessen av en planløsning. Krav fra *Forskrift om hold av storfe* påvirker beslutningene ettersom ulike områder av melkefjøset må være utformet på en spesiell måte. Krav til dimensjoner for ulik innretning påvirker beslutningene, men videre står en relativt fritt til hvor en vil plassere ulik innretning i fjøset. I dette studiet er det valgt å dele fjøset inn i to deler, en hoveddel og en kontordel. Hoveddelen av fjøset er 21,6 x 16 meter og inneholder selve dyrerommet. Kontordelen er 8 x 5 meter og består av kontor og tekniske rom. Høyde fra bunnsvill til takstol er satt til 3,5m. Videre vil plasseringen av de ulike delene av fjøset bli beskrevet.

4.1.1 Hoveddel

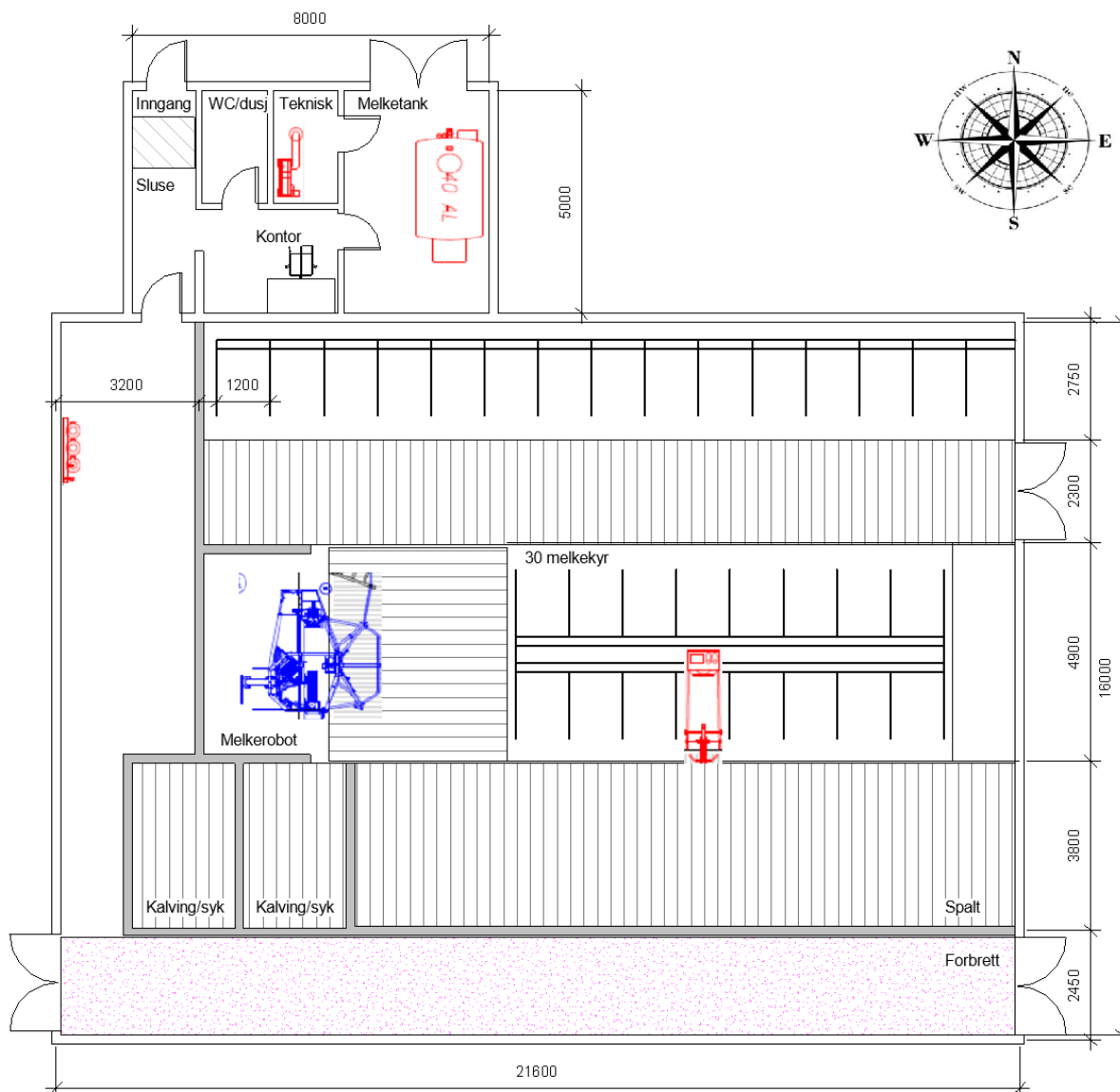
Hoveddelen av fjøset er selve dyrerommet. De mest fremtredende elementene innad i hoveddelen er liggebåser, spalt, melkerobot og forbrett (figur 17). Liggebåsene må oppfylle krav fra *Forskrift om hold av storfe* som er beskrevet nærmere i teoridel, kapittel 2.2.1. I midtdelen av fjøset er det satt av 4,8 meter for totalt 15 liggebåser med åpen front. Inklusiv i denne doble raden med liggebåser er det en kraftforstasjon. Videre er det satt av 2,7 meter til liggebåser langs langveggen øverst i plantegningen.

Melkefjøset er tegnet med hel møkkjeller, dette forutsetter at all gjødsling fra kyrne må falle eller trækkes gjennom spaltegulvet. Spalteplank er tegnet inn i plantegningen med linjer som understreker hvilken retning de ligger. Melkeroboten er tegnet inn i blå farge i plantegningen. Kraftforstasjonen er tegnet inn integrert i den midterste doble raden med liggebåser og er markert med rød i plantegningen. Grind, nakkebom og front med fanghekk er tegnet inn i plantegningen som grå, fylte vegger (figur 17).

4.1.2 Kontordel

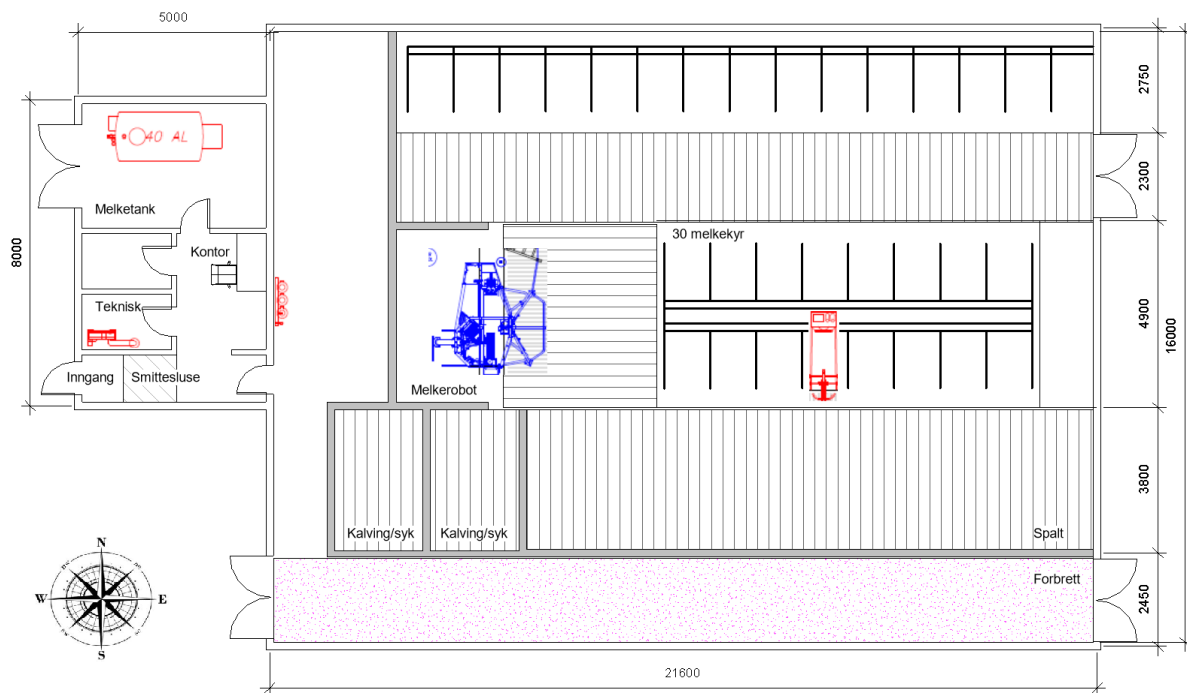
Kontordelen av bygget består av inngang, smittesluse, kontor, teknisk rom, melkerom og evt. wc/dusj (figur 17). Smitteslusen er tegnet inn i plantegningen som et skravert felt. Melketanken er plassert i et eget rom med egen inngang, som gjør den lett tilgjengelig fra utsiden. Kontordelen er tegnet som et frittstående rektangulært bygg, som deler en felles vegg med hoveddelen. Ettersom kontordelen ikke er en del av den bærende konstruksjonen i hoveddelen, vil den være fleksibel for plassering. Videre vil to forskjellige plantegninger bli presentert som mulige løsninger for plassering.

4.1.3 Plantegning 1



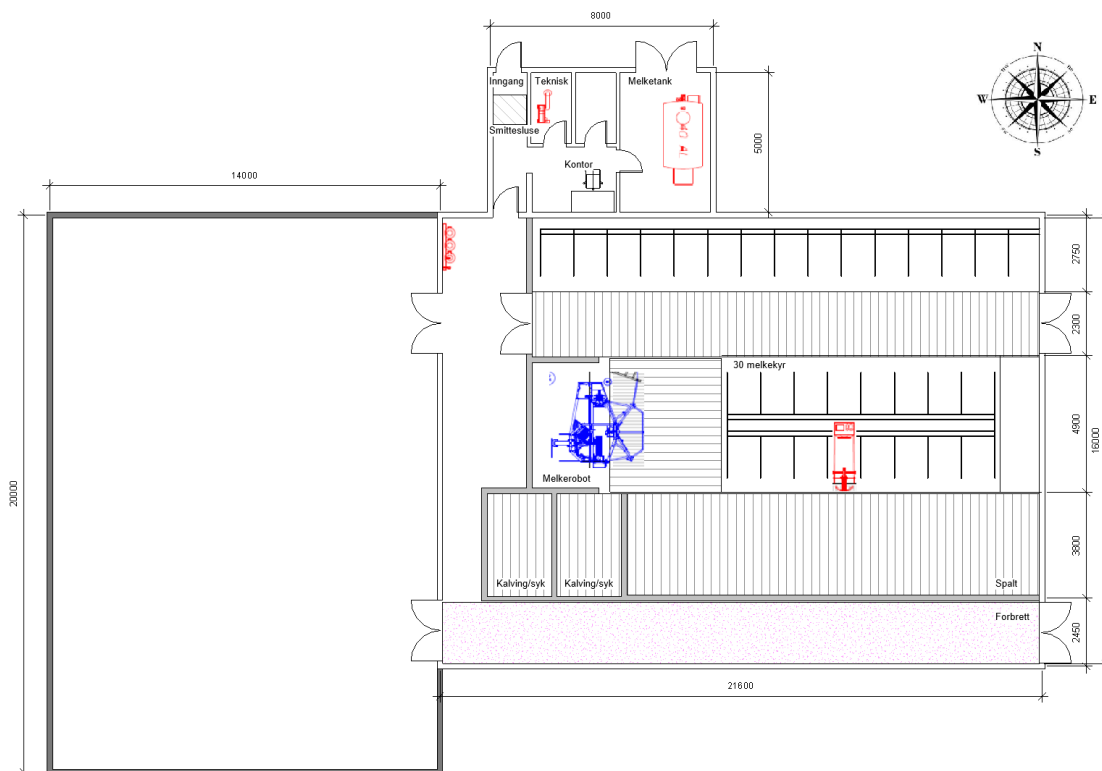
Figur 17: Plantegning med kontorbygg innlemmet på nordvendt langvegg.

4.1.4 Plantegning 2



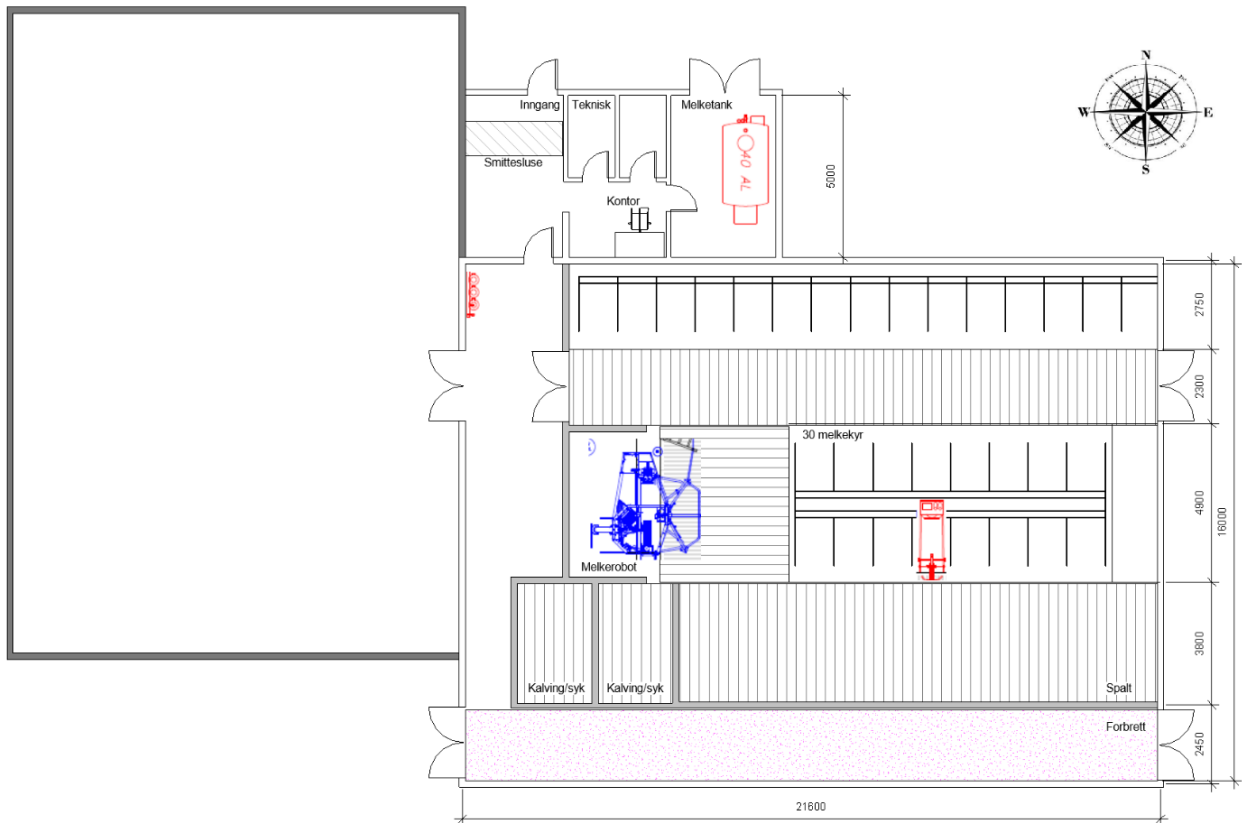
Figur 16: Plantegning med kontorbygg innlemmet på vestvendt gavlvegg.

4.1.5 Plantegning 3



Figur 17: Plantegning med kontorbygg på nordvendt langvegg, og det gamle fjøset innlemmet på vestvendt gavlvegg.

4.1.6 Plantegning 4



Figur 18: Plantegning med eldre fjøs innlemmet på gavlvegg. Kontorbygget er tegnet på nordvendt vegg inntil båsfjøsets langvegg.

4.2 GAVLVEGG

Som nevnt i casen er det antatt at en utforming med bruk av elementer fra *Norsk Massivtre AS* (Norsk Massivtre, 2021) vil være kostbesparende. For å løse problemstillingen var det dermed nødvendig å undersøke alternative løsninger for gavlveggen. Ved bruk av kunnskap tilegnet gjennom litteratursøk, befaring, utforming av planløsning og beregninger har vi kommet fram til et forslag for hvordan vi kan utforme gavlveggen som benytter kantstilte massivtre-elementer.

4.2.1 Massivtre-elementer

Gavlveggen vil bestå av kantstilte massivtre-elementer fra *Norsk Massivtre AS* med mål på 120x414x3500-6730mm og fasthetsklasse T15. Elementene er plassert kontinuerlig over 16m langs gavlveggen på den måten at fiberretningen går parallelt med lastretningen. For å

kontrollere elementene for trykk parallelt med fiberretningen, er det blitt beregnet dimensjonerende last på hver enkel plank i elementene og sammenlignet med trykkkapasiteten til materialet. Verdiene under viser resultatet fra beregningene.

$$f_{c,0,d} = \underline{13,44\text{N/mm}^2}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \underline{1,74\text{N/mm}^2}$$

Dvs. $f_{c,0,d} > \sigma_{c,0,d}$, som forteller oss at dimensjonerende trykkspenning i fiberretning er lavere enn den dimensjonerende trykkfastheten i materialet. Materialet i gavlveggen tåler vertikale laster fra taket med god kapasitet.

4.2.2 Takstol

På innsiden av gavlveggen er det buntet fast en takstol for å sikre stivhet i øvre del av gavlvegg. Takstolen tar ingen last fra selve taket, men er boltet fast til gavlveggen kun for avstiving. På denne måten ser man på nedre del av gavlveggen som en individuell konstruksjon som må avstives for horisontale laster. Her benyttes en W-takstol med 16m spenn, 22° takvinkel og 400mm utstikk.

Som nevnt i kapittel 1.3, Avgrensninger er det ikke gjennomført grundig dimensjonering for forbindelsen mellom takstolen og gavlveggen. Det kan likevel argumenteres for at resultatene fortsatt er relevante for problemstillingen. Mer om dette i kapittel 5.2.3, Diskusjon Takstol.

4.2.3 Avstivning

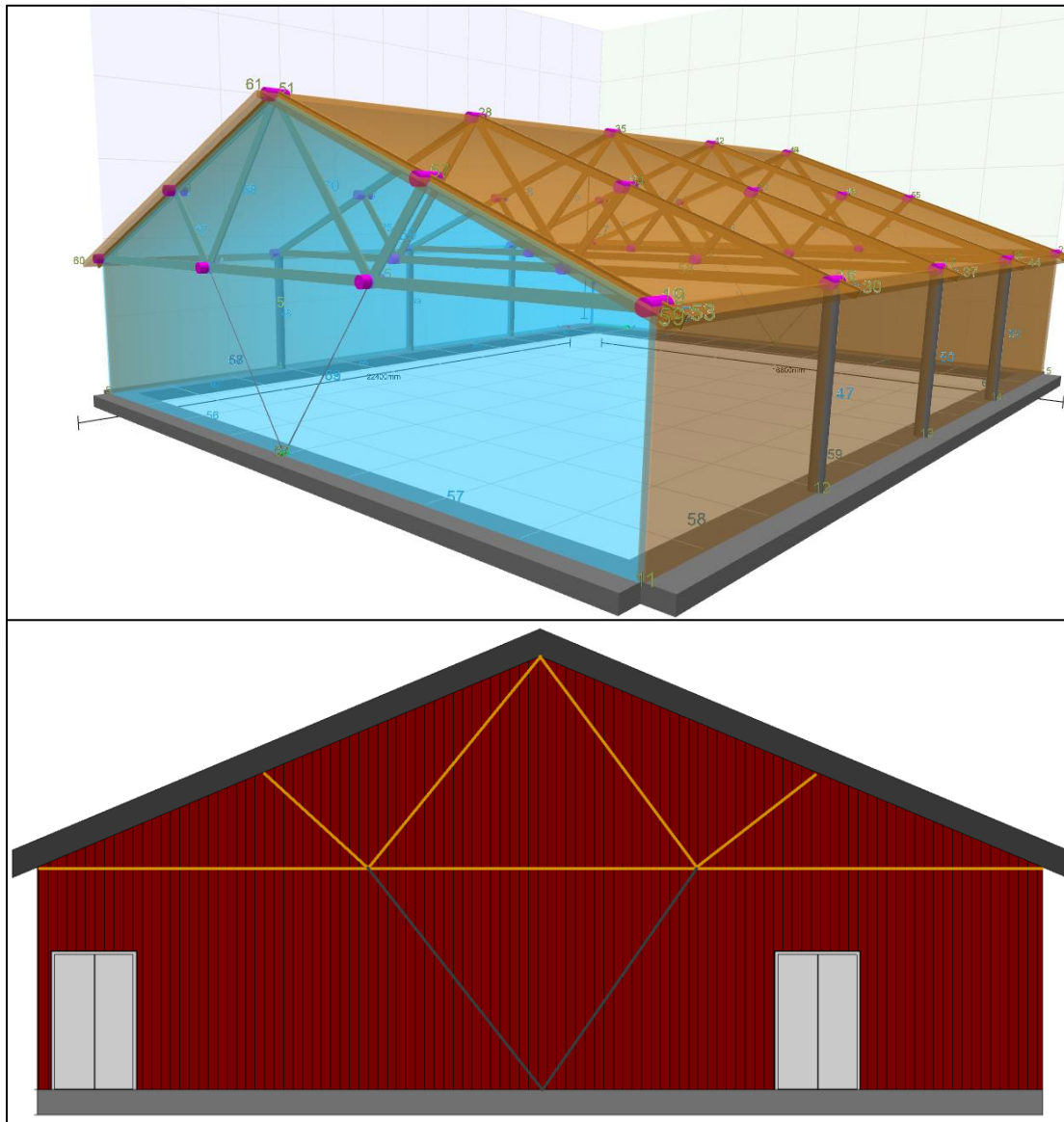
Det er feste for to stålvaiere i fundamentet på midten av tverrsiden. Avstivningsstagene går til hvert sitt feste i undergurten på takstolen med en vinkel på 53,6°. Stålvaierne tar kun opp horisontale laster og har til hensikt å stive av nedre del av gavlvegg. Vaieren er kontrollert ved å beregne dimensjonerende strekkraft og sammenligne verdien med kapasitet for aktuelle produkter. Under ser vi resultatet fra beregningene

Det er behov for 4stk stålvaiere på 4,46meter med tilstrekkelig strekkfasthet for å stive av bygget mot horisontale påkjenninger. Dette kan for eksempel være 8mm syrefast AISI 316 ståltau fra *Aseke*. (Aseke, 2021)

Dimensjonerende strekkraft på stålvaier, $S_d=21,6\text{kN}$

Dimensjonerende strekkapasitet i 8mm syrefast AISI 316 ståltau fra *Aseke* =3400kg=33,35kN

Som nevnt i kapittel 1.3, Avgrensninger, er det ikke gjort grundig dimensjonering for forbindelsene som fester stålvaierne i fundamentet og undergurten. Det kan argumenteres for at resultatene fortsatt vil være relevant for problemstillingen, selv om videre prosjektering er nødvendig. Mer om dette i kapittel 5.2.2, Diskusjon avstivning.



Figur 19: Figurene viser aktuelt utforming av gavlvegg

4.3 BEFARINGER

Utfordringer og restriksjoner tilknyttet COVID-19 pandemien har begrenset omfanget av data tilegnet fra befaringer. Befaringene har vært til nytte i form av å danne et generelt bilde av temaet, og på den måte hjulpet til med å spisse studiet. Likevel er det vanskelig å trekke konklusjoner ut fra befaringsene alene.

5 DISKUSJON

5.1 PLANLØSNING

5.1.1 Hoveddel

Planløsningens hovedmål er å innlemme nødvendig teknisk utstyr og innretning på en fornuftig måte, samtidig som kostbesparing skal stå i fokus. Ettersom kostbesparing er fokuset, er alle arealer uten en spesifikk funksjon minimert eller fjernet. Fjøsets bredde er satt til 16,0m, som vist i *plantegning 1* (figur 17). Med 16,0m bredde er det plass til forbrett med føringsfront og liggebåser med lengder iht. *Forskrift om hold av storfe*. Bredden av fjøset gir også plass til gangarealer av spalteplank i dimensjoner iht. *Forskrift om hold av storfe*.

Spalteplank blir tørrstøpt og masseprodusert i lengder for hver 10cm, det kan derfor argumentes for at det er viktig å treffe en standardisert lengde for å slippe ekstra kostnader fra spesialtilpasning eller spesialproduserte våtstøpte elementer (Felleskjøpet, 2021b, Overhalla Betongbygg). Ettersom fjøset benytter takstoler i takkonstruksjonen, vil det være enklere konstruksjonsmessig å ha en gavlvegg med 16 hele løpemeter.

Lengden av melkefjøset er satt til 21,6m, som vist i *plantegning 1* (figur 17). Fjøset er tegnet med tanke på optimalisering i forhold til 30 melkekyr. Liggebåsene er 1,2m brede, noe som gir 18m av liggebåser langs nordlig langvegg, ettersom det skal være plass til 15 melkekyr. Med tanke på minimalisering av bortkastet areal, er den resterende vestlige gangen satt til 3,2m. Dette er i det minste laget med tanke på oppbevaring av utstyr. Det kan derimot argumenteres for at ettersom det gamle fjøset fortsatt skal være i bruk, kan noe av arealet settes av til lagring ol.

5.1.1.1 Tekniske løsninger

Melkeroboten er plassert midt i fjøset, til venstre for de doble liggebåsene (figur 17). Ved å plassere melkeroboten slik som er tegnet inn i *plantegning 1*, vil en oppnå kort avstand inn til melketanken. Plasseringen gjør det også mulig å utføre service og reparasjoner uten å måtte foreta en tidskrevende prosess med avgrensning av dyrene. Ved plassering av kontordelen slik den er tegnet i *plantegning 1*, vil det være mulighet for innsikt inn til melkeroboten fra kontoret. Befaringer i ulike fjøs har resultert i ulike meninger fra bønder angående hva en vil ha oversikt over fra kontoret. Argumenter eksisterer i sammenheng med at all informasjon angående melkerobot er lett å overvåke på datamaskinen, dermed at oversikt og innsyn mot dyrene er viktigst. Det kan derimot argumenteres for at ettersom casen angår et fjøs med 30

melkekyr, vil det være mulig å ha innsyn og overblikk over både robot og kyrne. Kraftforstasjonen er plassert midt i den midterste rekken med liggebåser. Det kan argumenteres for at en slik plassering vil føre til kort gåavstand fra alle liggebåser, samtidig som det ikke skaper ekstra trafikk i nærhet av melkeroboten.

5.1.2 Kontordel

Kontordelen er tegnet som et frittstående rektangulært bygg, som deler en vegg med hoveddelen. Dimensjonene for kontorbygget er satt til 8 x 5m. I likhet med hoveddelen er alle arealer uten en spesifikk funksjon minimert eller fjernet. Smitteslusen er vist på *plantegning 1* som skravert område ved inngangen.

Smittesluse er et av områdene der det er tatt et valg om begrensning av areal for kostbesparing. Som beskrevet i teori, er det tydelige krav om smittesluse i tilknytning til hovedinngang. Det er derimot ikke et krav om å sette av et helt rom til smittesluse.

Viktigheten av en smittesluse varierer med blant annet størrelse på fjøset, lokale forhold og antall involverte i driften. Det kan argumenteres for at i et lite melkefjøs som studiet tar for seg, er det tilstrekkelig med en enkel avgrenset sone i tett tilknytning til hovedinngangen.

Melkerommet er 5m langt og 3,4m bredt. Rommets hensikt er å ha plass til melketank og relevant utstyr. Som fremstilt i teori er det krav fra *Forskrift om hold av storfe* om utformingen av melkerommet. For å imøtekomme disse kravene er rommet tegnet med egen inngang fra utsiden. Med egen inngang vil tankbilsjåføren ha muligheten til å pumpe ut innholdet av tanken, uten å komme i kontakt med besetningen av melkefjøs.

Midtdelen av bygget består av kontor og to mindre rom. Kontoret er tegnet nærme hoveddelen ettersom bonden blir gående mye mellom kontoret og dyrerommet. Med hensyn til hygiene vil det være fordelaktig med å begrense avstanden inn til kontoret ettersom dette området fort vil bli møkkete. Teknisk rom er tegnet inn over kontoret og er i likhet med de andre rommene nedskalert i areal for kostbesparing. To mulige løsninger for inngang til det tekniske rommet er fremstilt i *plantegning 1* (figur 17) og *plantegning 2* (figur 18). Med inngangen plassert som på *plantegning 2*, vil det være kort vei fra kontor og dyrerom. Det kan derimot argumenteres for at ettersom det er krav om egen inngang til teknisk rom, vil en løsning der en kan benytte inngangen til melkerommet være best. Med en løsning som i *plantegning 1*, vil en mekaniker som utfører service ikke trenge å gå gjennom smitteslusen eller kontoret. Det

siste rommet over kontoret kan brukes som WC og dusj, avhengig av om behovet for toalett og dusj i de nybygde delene er til stedet eller ikke.

5.1.2.1 Plassering av kontorbygg

Kontordelen er tegnet med hensyn til fleksibilitet for plassering. Geografiske faktorer på gårdsområdet er sjeldent optimale for ombygging. Det er derfor lagt stor vekt på fleksibilitet i utformingen av plantegningen. *Plantegning 1* (figur 17) og *plantegning 2* (figur 18) viser to forskjellige muligheter for plassering av kontordelen. Med kontordelen på vestsiden av fjøset, vil en ha kort vei til både grind inn til liggebåser og forbrett. På en annen side vil gavlveggen bli okkupert, noe som begrenser videre muligheter for utvidelse i lengderetningen. Det kan argumenteres for at en planløsning med kontordel på nordveggen i dette tilfellet er gunstig. Det er kjent fra casen at det er ønskelig å legge til rette for utvidelse av besetningen i nærmeste fremtid. For å begrense utvidelser minst mulig vil det være gunstig å plassere kontorbygget på en langvegg, ettersom utvidelser med full takhøyde vil foregå ved gavlvegg. Ved å plassere kontorbygget slik som i *plantegning 1*, vil en også ha fordeler med innsyn til melkerobot og besetning gjennom et eventuelt vindu.

5.1.3 Innlemmelse i driftsbygningen

Plantegning 3 og *4* (figur 19 og 20) er tegnet som to mulige løsninger for sammenslåing av fjøsdelene til en felles driftsbygning. Det eksisterer argumenter både for og imot begge løsningene. *Plantegning 4* tar for seg en løsning der løsdriftsdelen er plassert inntil den sydlige halvdel av østvendt langvegg. Med denne løsningen har en mulighet til å bygge kontordelen i tilknytning til både løsdriftsfjøset og det eldre fjøset. På en annen side vil det å bygge kontordelen i tilknytning til den eldre delen, komplisere takløsningene. Saltaket fra begge byggene vil møtes, noe som vil skape problemer med tanke på blant annet snølast. I noen tilfeller med tanke på geografiske faktorer på gårdsplassen, kan det godt tenkes at dette vil være den beste løsningen. I casen for dette studiet er det derimot presisert at geografiske faktorer ikke er en begrensning.

Plantegning 3 tar for seg en løsning der den nordlige langveggen av løsdriftsfjøset er tegnet som en forlengelse av bås fjøsets nordvendte gavlvegg. Denne løsningen har et frittstående kontorbygg på nordsiden, noe som betyr at inngang til begge fjøsdelene ikke er mulig. Det er likevel argumenter for hvorfor denne løsningen er gunstig for denne casen. En frittstående

kontordel som deler en felles vegg med løsdriftsdelen, vil forenkle takløsningen og dermed være en kost- og tidsbesparende faktor. Som kjent i Casen er det et ønske om en felles forsentral i båsfjøset. *Plantegning 3* legger til rette for dette, ettersom forbrettet vil være gjennomgående og tilgjengelig fra båsfjøset.

5.1.4 Mulighet for utvidelse

Vedlagt som vedlegg 1, ligger plantegninger 5, 6 og 7 (figur 22, 23 og 24), omhandlende mulige utvidelser og påbygg. Forutsatt at konstruksjonsmetoden benyttet i løsdriftsfjøset er ønskelig for videre utvidelser, vil det være naturlig at dimensjoner på påbygg følger like spenn mellom takstoler. *Plantegning 5* tar for seg en utvidelse i lengderetningen av løsdriftsfjøset med ett spenn på 5,4m, tilsvarende en økning i besetning fra 30 til 42 melkekyr. *Plantegning 6* tar for seg en dobbel utvidelse på 10,8m, noe som tilsvarer en økning i besetning fra 30 til 54 melkekyr. Forutsatt at en løser det strukturelle, vil det være mulig å bygge på i lengden til en eventuelt maksimerer kapasiteten til melkeroboten.

Plantegning 7 tar utgangspunkt i en utvidelse i bredden med en ungdyravdeling. Utvidelser i bredden byr på helt andre utfordringer enn utvidelser i lengderetningen. Langveggene i fjøset er ikke bærende, noe som gjør det enklere med riving av seksjoner for påbygg. Takhøyden byr derimot på andre problemer. Med en utvidelse på 5,7m og takvinkel på 12 grader vil takhøyden på det laveste mot ytterveggen bli 2,17m. Det kan argumenteres for at dette er høyt nok for oppstalling av ungdyr, det er allikevel verdt å nevne ettersom det blir utfordringer med større utvidelser i bredden. Med tanke på hvordan avdeling det skal bygges på med, kan det argumenteres for at en ungdyravdeling vil være fornuftig. Ungdyr trenger kun oppstalling og skal ikke være en del av trafikkmønsteret blant melkekyrne, forbrettet vil dermed være plassert på en fornuftig måte for å fore dyr på begge sider.

5.2 GAVLVEGG

For å kunne redusere kostnadene ved ombyggingen av fjøset, var et av delmålene å undersøke om bruk av elementer fra *Norsk Massivtre AS* som bærende struktur i gavlveggen på et fjøs kan være en aktuell løsning med hensyn til gitte forhåndsbestemmelser. Det ble gjennomført nødvendige beregninger og resultatet viser at en slik løsning er gjennomførbar dersom en benytter seg av et egnet avstivningssystem. Vi tar utgangspunkt i at en slik løsning vil være

kostbesparende da dette er antatt i casen, og kan presentere dette som en løsning på problemstillingens delmål.

I utførelsen av denne delen av prosjektet er det blitt benyttet forenklinger og antagelser som er etablert i kapittel 1.2, case og 1.3, avgrensning. Hensikten med dette er å begrense omfanget av studiet til hva som anses å inneholde størst potensiale for kostbesparing, og på denne måten utnytte tiden på best mulig vis. Det er nødvendig å diskutere sterke og svake sider med denne metoden og prosjektet i sin helhet. Videre vil hvert av punktene fra resultatet for gavlvegg presenteres med noen tanker rundt hva resultatene betyr, hvordan det svarer på problemstillingen, hva som kunne blitt gjort annerledes og vår anbefaling for videre forskning.

5.2.1 Massivtre-elementer

Resultatet for kontroll av trykkspenning i fiberretning viser at massivtre-elementene har mye å gå på når det kommer til dimensjonert trykkraft fra taklast. For gavlveggen er det forenklet til at massivtre-elementene ikke tar opp noe horisontale krefter og dermed er kun kontrollert for vertikale krefter. Denne forenklingen tillater oss å se på kontroll av horisontale og vertikale krefter hver for seg, men vil trolig ha en innvirkning på resultatet.

I en reell situasjon kan det tenkes at elementene i gavlveggen vil ta opp noe av de horisontale kreftene, selv om egenskapene for dette er begrenset og vanskeligere å regne på. Den horisontale påkjenningen vil kombineres med den vertikale, og kapasiteten til materialet vil bli noe svekket. Det påpekes derfor at resultatene viser en stor buffer i kapasiteten av elementene og det kan tenkes at videre forskning ville konkludert med et lignende resultat. Beregningene tar heller ikke hensyn for plassering av dører da dette kan variere fra fjøs til fjøs.

Vår anbefaling for videre forskning er derfor å utforske avstivningsegenskapene til massivtre-elementene og spesifikke beregninger for plassering av dører for å kunne etablere en mer nøyaktig verdi for dimensjonerende last. Med et mer nøyaktig resultat åpner muligheten seg for å kunne tilpasse materialets dimensjoner og redusere kostnader på denne måten. I tillegg vil det være relevant å se på innvirkningen takstolen har på massivtre-elementene ut ifra hvordan metode for bunting som benyttes. Dette diskuteres videre under diskusjonsdelen for takstol.

5.2.2 Avstivningsstag

Løsningen og resultatet for massivtre-elementene var kun relevant dersom det ble utformet et eget system for avstivning som er i stand til å ta opp alt av horisontale krefter på bygget. Her viser resultatet at en 8mm stålvaier har nok kapasitet for å tilfredsstille dette kravet.

Utrekningene bekrefter at en relativt enkel løsning som dette, har potensiale for å kompensere for de manglende egenskapene til massivtre-elementene og det kan konkluderes med at forslaget til løsning for gavlvegg er med på å løse problemstillingen.

Forenklingen om at massivtre-elementene ikke tar opp horisontale påkjenninger, er også benyttet i utregninger for stålvaierne. Da elementene vil ta opp en målbar kraft i en reell situasjon, vil dimensjonerende strekkraft på avstivningsstagene være mindre enn i våre beregninger. Stålvaierne kan altså virke å være noe overdimensjonert for vår situasjon, noe som ikke påvirker konklusjonen i noen stor grad.

Det er ikke gjort beregninger for innfestning av stålvaierne. Løsningen er altså avhengig av at det utformes festemetoder som tåler påkjenningene. Til tross for dette, var målet å undersøke om det var gjennomførbart med en slik type løsning, og det kan argumenteres for at resultatene fortsatt er relevante for problemstillingen. Vår anbefaling for videre forskning vil være å utforske løsninger knyttet til innfesting av avstivningsstag. Her kan det vurderes bruk av annet materiale i avstivningsstaget med hensyn til kapasitet og innfestningsmuligheter. For eksempel kan det tenkes at hullbånd vil være en aktuell kandidat da bånd av denne typen har gode egenskaper knyttet til enkel innfestning.

5.2.3 Takstol

Takstolen i forbindelse med gavlveggen har til hensikt å avstive øvre del av gavlveggen. Gavlveggen er avhengig av takstolen for at løsningen skal være relevant. Beslutningen om å bruke en takstol til denne rollen er gjort med grunnlag i kommunikasjon med kvalifiserte fagpersoner, men er ikke kontrollert gjennom beregninger i dette studiet. Løsningen er altså avhengig av at takstolen er festet på en tilstrekkelig måte mot gavlveggen og at den ekstra lasten som påføres massiv-tre elementene ikke overstiger elementene sin kapasitet. Det refereres til overskuddet i kapasiteten til massivtre-elementene, og det kan argumenteres for at resultatene fortsatt er relevant for problemstillingen. Likevel er videre forskning nødvendig for en eventuell komplett prosjektering av løsningen.

Vår anbefaling til videre forskning er å gjøre grundigere beregninger på denne type bruk av takstol i gavlvegg og dimensjonere behov for forbindelsen mellom takstol og gavlvegg. Eventuelt kan det utforskes muligheter for bruk av «takstoler» med andre utforminger og mindre materiale om løsningen viser seg å være overdimensjonert. Her er hensikten å spare penger ved å kutte ned på materialbruken.

5.3 BEFARINGER

Selv om befaringene ikke har resultert i tilstrekkelig data til å brukes som grunnlag for å trekke konkrete konklusjoner, har det vært en essensiell del av studiet. Befaringene har hjulpet med å danne et grundig bilde av hvordan et fjøs fungerer, bondens økonomiske utfordringer, arbeidsmengde og prinsipper rundt dyrevelferd.

5.4 KONKLUSJON

Studiet tar for seg delprosjektering av et melkefjøs av tre, der fokuset ligger på nyskapende kostbesparende løsninger. Det observeres en trend der to landbruk legges ned hver dag på grunn av en mangel på bærekraftige løsninger for mindre landbruk. (Bjørnstad, 2018). Studiet har trukket frem løsninger som belyser området og kan hjelpe med kostbesparende faktorer i form av arealbegrensning, bortvalg, vurdering av restverdi og redusering av materialkostnader.

For å bruke elementer fra *Norsk Massivtre AS*, har det vært nødvendig å finne en fornuftig og enkel løsning for avstivning. Gavlveggen har blitt dimensjonert med laster definert fra eurokodene, for å trekke frem relevante løsninger. Plantegninger har blitt utarbeidet under åpen dialog med *Innlandsfjøset AS*.

Det konkluderes med at kostbesparende løsninger innen konstruksjonen av et melkefjøs av tre er mulig. Plantegningene fremvist er aktuelle løsninger for ombyggingen til løsdrift for små besetninger på rundt 30 melkekyr. Casen konkluderes med at *plantegning 3* (figur 19) er en gunstig løsning med tanke på forhåndsbestemmelser av dimensjoner og funksjoner. Elementer fra *Norsk Massivtre AS* kan benyttes som bærende gavlvegg dersom avstivning tilsvarende fremstillingen i *figur 21* blir utført. Resultatet viser at løsningen er gjennomførbar, men videre

prosjektering er nødvendig i forbindelse med avstivningsstagets festepunkter dersom løsningen skal gjennomføres.

Dette er et område der det skjer store endringer fortløpende. I skrivende stund utvikler *Innlandsfjøset AS* i samarbeid med *Norsk Massivtre AS*, lignende løsninger. Det er dermed mulig å anta at et prosjekt lignende casen vil bli gjennomført og bygget i nærmeste fremtid.

6 REFERANSER

- ASEKE. 2021. *Kjetting* [Online]. aseke.no: aseke. Available: <http://www.aseke.no/no/catalog/Kjetting> [Accessed 14.05 2021].
- BELL, K. 2017. *Dimensjonering av trekonstruksjoner*, fagbokforlaget.no, Fagbokforlaget.
- BJØRNSTAD, G. 2018. *To gårdsbruk legges ned hver dag* [Online]. bondelaget.no: Norges Bondelag, . Available: <https://www.bondelaget.no/nyhetsarkiv/to-gardsbruk-legges-ned-hver-dag> [Accessed 02.05 2021].
- BYGGKVALITET, D. F. 2021. *Kapittel 3 Tiltak som krever søknad og tillatelse og som kan forestås av tiltakshaver*
- § 3-2. *Alminnelige driftsbygninger i landbruket* [Online]. dibk.no: Direktoratet for byggkvalitet
- Available: <https://dibk.no/regelverk/sak/2/3/3-2/> [Accessed 23.03 2021].
- DYBDAHL, A. 2021. *driftsbygning* [Online]. snl.no: Store norske leksikon. Available: <https://snl.no/driftsbygning> [Accessed 19.05 2021].
- ENERGI OG KLIMA. 2021. *Klimaløsninger* [Online]. energiogklima.no: Energi og Klima. Available: <https://energiogklima.no/to-grader/klimalosninger/> [Accessed 15.05 2021].
- FELLESKJØPET. 2021a. *DeLaval Kraftforstasjon* [Online]. felleskjøpet.no: Felleskjøpet. Available: <https://www.felleskjopet.no/husdyr/storfe/innendoersmekanisering/foring/kraftforstasjon/forstasjon-ofs-m-iso-m-besk-748988/> [Accessed 14.05 2021].
- FELLESKJØPET. 2021b. *Grytnes Betong spalteplank* [Online]. felleskjøpet.no: Felleskjøpet. Available: <https://www.felleskjopet.no/husdyr/storfe/innendoersmekanisering/spaltep-lank/storfeplank/storfespalt-dobbel-360-973313> [Accessed 15.05 2021].
- FN. 2021. *FNs bærekraftsmål* [Online]. fn.no: FN. Available: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal> [Accessed 15.05 2021].
- FOCUS SOFTWARE. 2021. *Digitale løsninger for bygg og anlegg* [Online]. focus.no: Focus Software. Available: <https://www.focus.no/> [Accessed].
- GRØNMO, S. 2020. *case-studie* [Online]. snl.no: Store norske leksikon. Available: <https://snl.no/case-studie> [Accessed 19.05 2020].
- LANDBRUKS- OG MATDEPARTEMENTET. 2017. *Forskrift om hold av storfe* [Online]. lovdata.no: Lovdata. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-04-22-665> [Accessed 03.05-2021 2021].

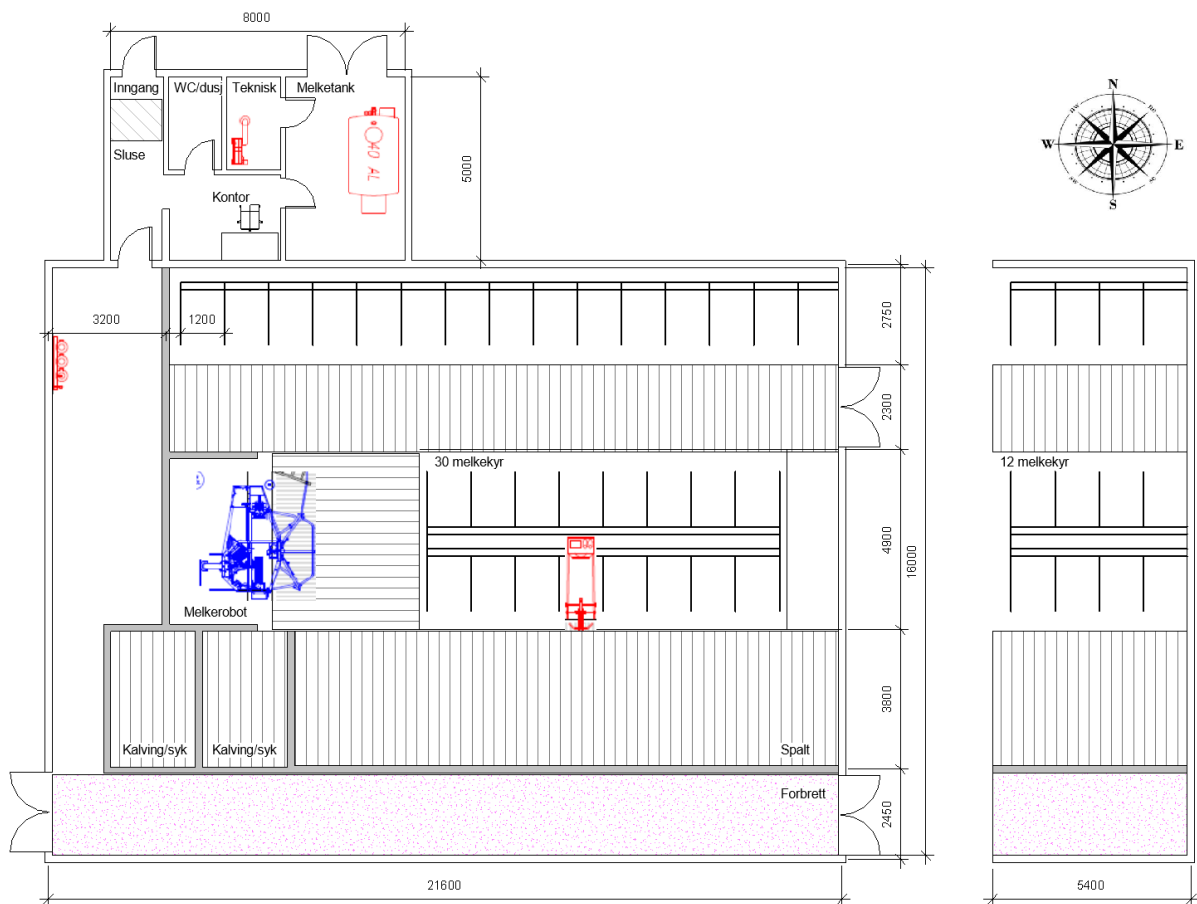
- LEKSIKON, S. N. 2018. *besetning (landbruk)* [Online]. snl.no: Store norske leksikon. Available: [https://snl.no/besetning - landbruk](https://snl.no/besetning_-_landbruk) [Accessed 05.05 2021].
- LOVDATA. 2017. *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)* [Online]. lovdata.no: lovdata. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840> [Accessed 25.03 2021].
- LOVDATA. 2021. *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)* [Online]. lovdata.no: lovdata. Available: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71> [Accessed 25.03 2021].
- LYSTAD, M., NAFSTAD, O. & FREDRIKSEN, B. *Aktuelle produksjonsmål i ammekuproduksjon* [Online]. umb.no: Animalia. Available: <http://www.umb.no/statisk/husdyrforsoksmoter/2007/58.pdf> [Accessed 05.05 2021].
- MATTILSYNET. 2020. *Veileder til forskrift om hold av storfe* [Online]. mattilsynet.no: Mattilsynet. Available: https://www.mattilsynet.no/om_mattilsynet/gjeldende_regelverk/veiledere/veileder_om_hold_av_storfe.1853/binary/Veileder%20om%20hold%20av%20storfe [Accessed 15.04-2021 2021].
- MELK.NO. 2021. *Hva skjer med melken fra ku til kartong?* [Online]. melk.no: Opplysningsdirektoratet for meieriprodukter. Available: <https://www.melk.no/Kosthold-og-helse/Melk-og-helse/Hva-skjer-med-melken-fra-ku-til-kartong> [Accessed 09.05 2021].
- MILJØDIREKTORATET. 2020. *Klimagassutslipp fra transport* [Online]. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/>: Miljøstatus. Available: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-fra-transport/> [Accessed 15.05 2021].
- NORGES BONDELAGE. 2012. *Hvorfor produsere mat i Norge?* [Online]. bondelaget.no: Norges Bondelag. Available: https://www.bondelaget.no/getfile.php/13212144-1372417796/MMA/Bilder%20NB/Mat/Mat-%20og%20landbrukspolitik/Jordbruksavtalen/Oktober2012_Hvorfor%20produsere%20mat%20i%20Norge.pdf [Accessed 01.05 2021].
- NORGES BONDELAGE. 2021. *Mat og produksjon* [Online]. bondelaget.no: Norges Bondelag. Available: <https://www.bondelaget.no/mat/> [Accessed 14.05 2021].
- NORSK MASSIVTRE. 2021. *Norsk Massivtre AS – massivtre til hus og hytte!* [Online]. norskmassivtre.no: Norsk Massivtre AS. Available: <https://norskmassivtre.no/> [Accessed 13.05 2021].
- OVERHALLA BETONGBYGG. Available: <https://overhallabetongbygg.no/produkter/spalteplank/> [Accessed].

- PORTEOUS, J. & KERMANI, A. 2013. *Structural Timber Design to Eurocode 5* [Online]. akademika.no: John Wiley & Sons Inc. Available: <https://www.akademika.no/structural-timber-design-eurocode-5/porteous-jack/kermani-abdy/9780470675007> [Accessed 19.05 2021].
- REGJERINGEN. 2017. *Bygningsloven (plan- og bygningsloven)* [Online]. regjeringen.no: Regjeringen. Available: Bygningsloven (plan- og bygningsloven) [Accessed 25.03 2021].
- RYGH, P. 2021. *gavl* [Online]. snl.no: Store norske leksikon. Available: <https://snl.no/gavl> [Accessed 18.05 2021].
- SINTEF. 2020. *Godkjente og sertifiserte produkter* [Online]. sintefcertification.no: Sintef. Available: <https://www.sintefcertification.no/Product/Index/1698> [Accessed 01.05 2021].
- STANDARD NORGE. 2008a. *NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2008* [Online]. standard.no: Standard Norge. Available: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=324902> [Accessed 06.05 2021].
- STANDARD NORGE. 2008b. *NS-EN 1991-1-3:2003+NA:2008* [Online]. standard.no: Standard Norge. Available: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=324906> [Accessed 05.05 2021].
- STANDARD NORGE. 2009. *NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009* [Online]. standard.no: Standard Norge. Available: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=392208> [Accessed 14.05 2021].
- SØRBØ, K. 2020. *Melkerobot* [Online]. snl.no: Store norske leksikon. Available: <https://snl.no/melkerobot> [Accessed 14.05 2021].
- VASSELJEN, J. 2016. *Økonomien i robotmelking* [Online]. ninio.brage.unit.no: Norsk institutt for bioøkonomi. Available: <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2395869> [Accessed 05.05 2021].
- VIK, S. G. 2013. *Et optimalisert husdyrbygg for melkeproduksjon, med spesielt hensyn på mekanisering og logistikk under norske forhold*. Master, Universitet for miljø- og biovitenskap
- WIKIPEDIA. 2015. *Massivtreelementer* [Online]. wikipedia.no: Wikipedia. Available: <https://no.wikipedia.org/wiki/Massivtreelementer> [Accessed 18.05 2021].
- WIKIPEDIA. 2020. *Bygningsinformasjonsmodellering* [Online]. no.wikipedia.org: Wikipedia. Available: <https://no.wikipedia.org/wiki/Bygningsinformasjonsmodellering> [Accessed 17.05 2021].
- ÅSERUD, L. 2021. *løsdrift* [Online]. snl.no: Store norske leksikon. Available: <https://snl.no/l%C3%B8sdrift> [Accessed 19.05 2021].

7 VEDLEGG

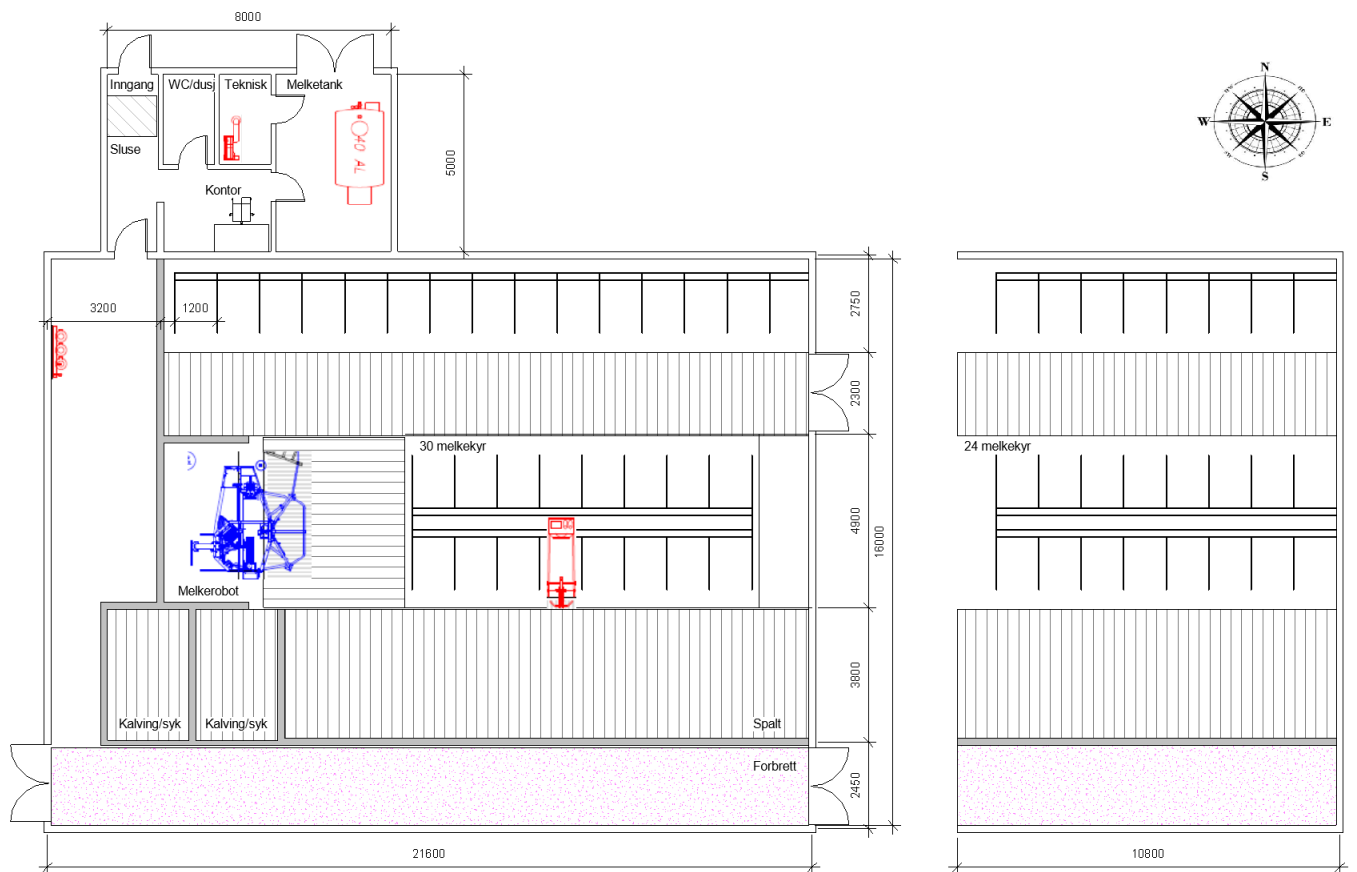
7.1 VEDLEGG 1

7.1.1 Plantegning 5



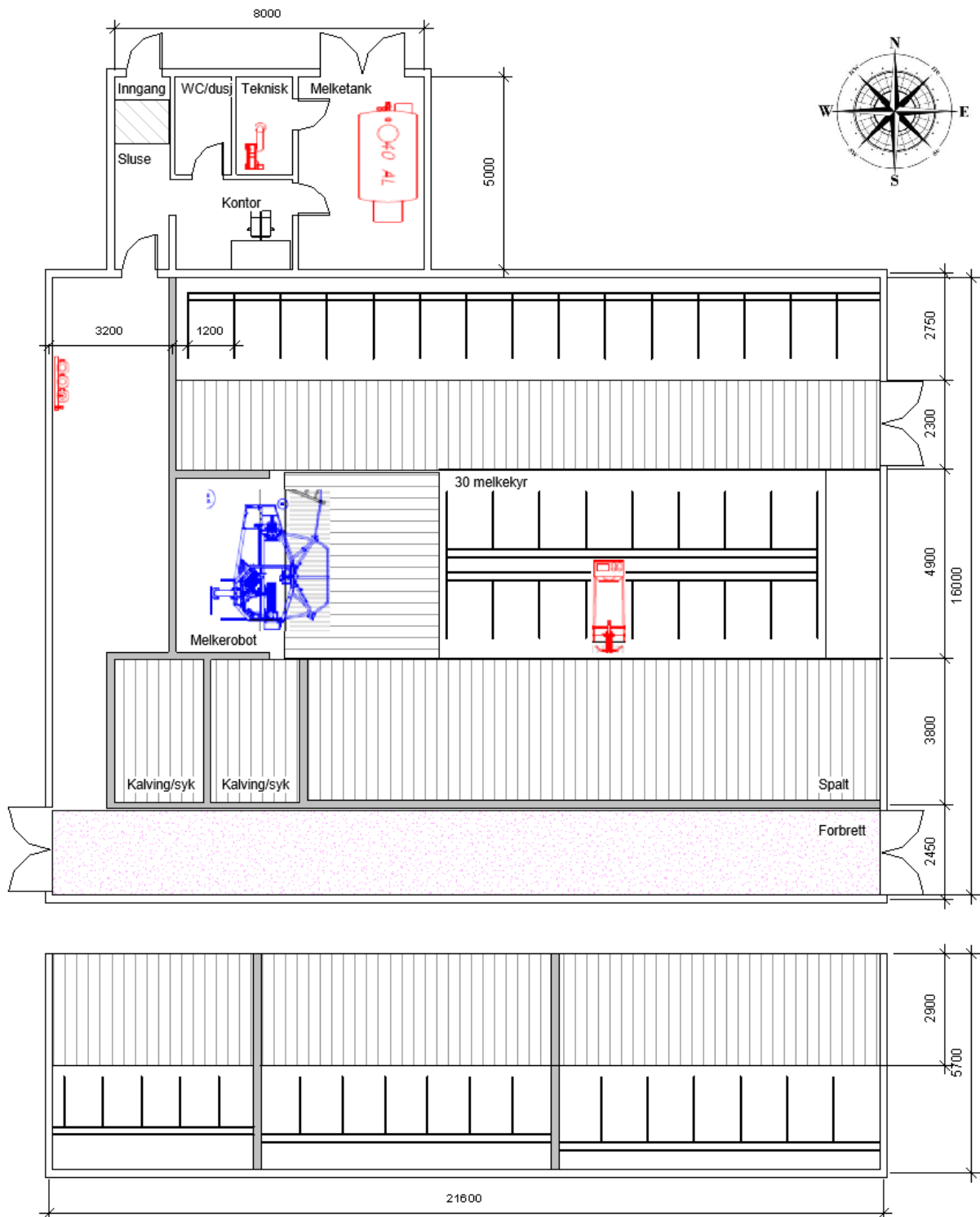
Figur 20: Plantegning med mulighet for utvidelse av kapasitet fra 30 til 42 melkekyr.

7.1.2 Plantegning 6



Figur 21: Plantegning med forslag til utvidelse av kapasitet fra 30 til 54 melkekyr.

7.1.3 Plantegning 7



Figur 22: Plantegning med mulighet til påbygg i form av ungdyravdeling på sørvendt langvegg.

