

Bærekraftig tennishall i massivtre

Utforming, tekniske løsninger og kostnadsberegning

Sustainable Tennis Centre in Cross-Laminated Timber

Design, Technical Solutions and Cost Estimation

Trondheim Mai 2023

Navn studenter:

Edvard Brodersen Andersen

Kristjan Valur Hallsson

Sigurd Nymo Malvik

Intern veileder:

Terje K. Fossheim

Ekstern veileder:

Bjørn Aas

Prosjektnr:

2023 - 45

Rapporten er ÅPEN



Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for bygg- og miljøteknikk

Prosjektbeskrivelse og resultatmål

Det skal prosjekteres en tennishall i massivtre. Tennishallen skal være kostnadseffektiv og miljøvennlig, som samtidig den også skal oppnå passivhusstandard. Prosjekteringen vil innebære konstruksjon av bæresystem, bygningsfysikk, BIM-modellering og kostnadsberegning.

Hallen skal stå på Moan i Levanger, ca. 57 km i luftlinje nordøst for Trondheim. Det skal være lønnsomt å drive hallen, og for å sikre økonomisk bærekraft må hallen dimensjoneres etter brukere. IL Sverre ønsket opprinnelig 2 innendørsbaner og 1 utendørs. Levanger kommune ser imidlertid at det er behov for 3 innendørsbaner, da man må kunne ha kapasitet til mer enn bare idrettslagsaktiviteten, samt være klar for vekst i sporten. Nord universitetet og Levanger VGS. er også aktuelle brukere av anlegget.

Målet for oppgaven er å ha produsert et produkt som andre aktører kan bruke som grunnlag og inspirasjon ved fremtidig prosjektering av tennishaller. Det legges vekt på gode innvendige løsninger med tanke på planløsning. For å sikre dette skal det gjennomføres en befaring sammen med daglig leder Øystein Glåmseter på Lade Tennisarena. Glåmseter vil kunne gi viktige innspill på hva han er fornøyd med og hva han kunne tenkt seg av endringer og forbedringer på Lade Tennisarena. Det vil også holdes kontakt med Joakim Dørum, en av de fremste ekspertene i Norge innen bygging med massivtre og trevirke, for å sørge for gode og sikre konstruksjonsløsninger.

Stikkord fra prosjektet:

- Massivtre
- Limtre
- Bærekraft
- Akustikk
- Brann
- Konstruksjonsløsninger
- Planløsning
- Passivhus

Forord

Denne bacheloroppgaven markerer slutten på et treårig bachelorstudium ved Institutt for bygg og miljø ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Trondheim. Oppgaven er skrevet av studenter som har hatt husbyggingsteknikk og konstruksjonsteknikk som fordypningsfelt det siste året. Arbeidet med bacheloroppgaven har blitt gjennomført våren 2023.

Et av gruppemedlemmene har svennebrev som tømrer. Dette har vært nyttig i forbindelse med å gjøre vurderinger av valg for konstruksjonsmetoder, og hvorvidt diverse ideer er byggbart.

På høsten i 2022 gikk et av gruppemedlemmene på kontoret til tidligere NTNU-ansatt Bjørn Aas for å høre mer om oppgaven «Tennishall i massivtre». Oppgaven ble fremlagt i grove trekk og var av stor interesse da massivtre er et produkt som kommer til å bli mer brukt i fremtiden. Det å skaffe seg kunnskap om materialet kan også være svært nyttig i senere jobbsammenheng. Problemstillingene rundt prosjektering av idrettshaller var også interessante. Dette gjorde at gruppen ønsket å jobbe med en slik oppgave. Oppgaven har vært svært lærerik og relevant å jobbe med, samtidig som det har vært en utfordrende og tidkrevende oppgave med mye nytt å sette seg inn i.

Vi ønsker å rette en stor takk til både intern veileder Terje K. Fossheim og ekstern veileder Bjørn Aas ved COWI for gode faglige og tekniske innspill. Vi takker også daglig leder ved Green Advisers Joakim Dørum for hjelp med å finne gode bygningstekniske løsninger ved bygging med massivtre, samt daglig leder ved Lade Tennisarena Øystein Glåmseter for befarings og gode innspill rundt utforming av tennishaller. Takk også til Kjersti Nordberg ved Levanger kommune for informasjon om IL Sverres konsept for tennishallen.

Trondheim, mai 2023

Edvard Brodersen Andersen
Edvard Brodersen Andersen

S.N. Malvik
Sigurd Nymo Malvik

Kristjan V. Hallsson
Kristjan Valur Hallsson

Sammendrag

Bacheloroppgaven omhandler prosjektering og design av en tennishall i massivtre. Oppgaven har hatt et bredt utgangspunkt, hvor det har vært forsøkt å prosjektere et helhetlig tennisanlegg med tilhørende klubbhus. Hensikten har vært å lage et produkt som kan brukes som inspirasjon for fremtidige nybyggere. Eventuelle interessenter skal kunne finne gode løsninger til å ta med inn i deres prosjektering av tennishall, eller andre idrettsanlegg. Kunnskap om Lade Tennisarena og IL Sverres konsept har vært flittig brukt for å kunne prosjektere tennishallen med høy kvalitet.

Det er blitt gjort arbeider for; utforming, akustikk, brann, bæresystem, konstruksjonsløsninger, energiberegninger, samt kostnadsberegning.

Ved bruk av limtre og massivtre som konstruksjonsmateriale, bygging etter passivhusstandard og gjennom økonomisk bevisste valg, er tennishallen bærekraftig både med tanke på energi og økonomi. Den er også bærekraftig designet for fremtidig vekst i sporten og sikrer langsiktig funksjonalitet. Ved god prosjektering av universell utforming er god sosial bærekraft også sikret i form av gode hensyn til brukere og besøkende med ulike funksjonsnedsettelse.

Bæresystemet ble beregnet og dimensjonert med Focus Konstruksjoner hvor det ble valgt å benytte et søyle- og åstaksystem. Denne konstruksjonen gjør at man kan spare materiale og kostnader, samtidig som det overholder kravene for tennisbanenes krav til størrelser.

Akustikk viste seg å bli en av de mer sentrale delene av oppgaven. Ikke bare var det nødvendig å finne gode løsninger for å sikre god komfort, men det var også nødvendig at tennishallen skulle ha minst lydklasse C for å kunne kvalifisere for spillemidler. Det ble dermed lagt mye tid og arbeid i å finne løsninger som gjør at tennishallen oppnår kravet om etterklangstid på 1,81 sekunder.

Det har vært fokus på økonomisk gode materialvalg for å kunne holde kostnadene nede til et nivå der det ikke sløses penger på unødig inventar og byggematerialer. Samtidig har det vært nødvendig å håndtere enkelte store kostnader slik at man oppnår en hall med høy kvalitet på bygningsfysiske og bygningstekniske løsninger.

Abstract

The bachelor's thesis revolves around the engineering and design of a tennis centre made of cross-laminated timber. The thesis has had a broad starting point, aiming to design a comprehensive tennis facility with an accompanying clubhouse. The objective has been to create a product that can serve as inspiration for future builders. Potential builders should be able to find effective solutions to incorporate into their own design of tennis centre or other sports facilities. Knowledge of Lade Tennisarena and IL Sverre's concept, has been extensively utilized to ensure high-quality design of the tennis centre.

Various aspects have been addressed, including layout, acoustics, fire safety, structural system, construction solutions, energy calculations, as well as cost estimation.

By employing glulam and cross-laminated timber as construction materials, adhering to passive house standards, and making economically conscious choices, the tennis centre achieves sustainability in terms of both energy and finances. Furthermore, it is designed to sustain future growth in the sport and ensure long-term functionality. Through careful consideration of universal design principles during the engineering process, social sustainability is also guaranteed, accommodating users and visitors with diverse disabilities.

The structural system was calculated and dimensioned using Focus Konstruksjon, resulting in a column and rafter system. This construction approach allows for material and cost savings while meeting the size requirements imposed by tennis court regulations.

Acoustics proved to be a pivotal aspect of the project. Not only was it necessary to find effective solutions to ensure optimal comfort, but the tennis centre also had to achieve at least sound class C to qualify for governmental funding. Consequently, significant time and effort were dedicated to identifying solutions that meet the required reverberation time of 1.81 seconds.

Considerable emphasis has been placed on selecting appropriate materials to control costs and avoid unnecessary expenses on superfluous inventory and building materials. Simultaneously, certain significant costs had to be managed to achieve a tennis centre with high-quality building physics and technical solutions.

Innhold

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	III
1. Innledning	1
1.1 Bakgrunn og formål.....	1
1.2 Avgrensninger.....	2
1.3 Rapportens oppbygning.....	3
2. Figurliste	4
3. Tabelliste	5
4. Teori	6
4.1 Noen begreper.....	6
4.1.1 Brannteknikk.....	6
4.1.2 Akustikk.....	6
4.2 Forskrifter, standarder og bestemmelser.....	7
4.2.1 TEK 17.....	7
4.2.2 Bestemmelser om tilskudd til anlegg for idrett og fysisk aktivitet – 2022.....	7
4.2.3 Passivhusstandarden.....	9
4.2.4 Mål for tennisbaner.....	10
4.3 Limtre som konstruksjonsmateriale.....	11
4.4 Massivtreelementer som konstruksjonsmateriale.....	13
4.5 Konseptskisse fra Levanger kommune.....	14
4.6 Tomten.....	15
4.7 Gode idrettsanlegg.....	15
4.8 Dimensjonering.....	16
5. Prosjektering	17
5.1 Litteraturstudie.....	17
5.2 Befaring.....	17
5.3 Digitale verktøy.....	18
5.3.1 Archicad 26.....	18
5.3.2 Focus konstruksjon.....	18
5.3.3 Lumion.....	19
5.3.4 Simien.....	19

5.3.5	Norsk Prisbok	19
5.4	Kostnadsberegning	19
5.4	Utforming	19
5.5	Konstruksjonsløsninger	21
5.5.1	Fundament og gulv	21
5.5.2	Vegg	22
5.5.3	Etasjeskiller	24
5.5.4	Takkonstruksjon	25
5.5.5	Vinduer og glassrekkverk.....	26
5.6	Universell utforming.....	27
5.6.1	Nedsatt bevegelse	27
5.6.2	Nedsatt hørsel	28
5.6.3	Nedsatt syn	28
5.6.4	Nedsatte kognitive ferdigheter	29
5.6.5	Overfølsomhet for materialer og forurensinger i luft.....	29
5.7	Dimensjonering av bæresystem.....	29
5.7.1	Statisk system	30
5.7.2	Laster på konstruksjonen.....	31
5.7.3	Kontroll av nedbøyning.....	33
5.8	Branntekniske løsninger	34
5.8.1	Rømningsvei og nødutgang.....	35
5.8.2	Røykventilasjon.....	36
5.9	Belysning	38
5.10	Akustikk.....	39
5.11	Energiberegninger	42
5.11.1	Simien-simulering	47
5.12	Kostnadsberegning	47
6.	Resultat	49
6.1	Utforming	49
6.2	Brannteknikk	50
6.3	Akustikk.....	50
6.4	Bæresystem.....	50
6.4.1	Kapasitetsutnyttelse.....	50

6.4.2	Nedbøyning	53
6.5	Kostnadsberegning	55
6.5	Energiberegninger	55
7.	Analyse	56
7.1	Konstruksjonsløsninger	56
7.2	Universell utforming.....	57
7.3	Energiberegninger	58
7.4	Belysning	59
7.5	Kostnadsberegning	59
7.6	Akustikk.....	60
7.7	Branntekniske løsninger	60
7.8	Utforming	61
8.	Konklusjon	63
8.1	Videre arbeid	64
	Referanser	65
	Vedleggsliste.....	70

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Tennis er en sport i utvikling og det er stor økning i brukere av tennisarenaer i Norge. Mange steder har i dag kun utendørsbaner, og det har blitt satt i gang bygging av innendørsbaner flere steder i landet. Tidlig 2022 var det konkret igangsatt prosjektering eller bygging av 30 innendørsbaner. (Graversen, 2022) Ved å bygge flere innendørsanlegg kan man øke tilgjengeligheten for sporten fra et vår- og sommertilbud til et helårstilbud. Dette var også ønsket av IL Sverre i Levanger. Deres planlagte bygg ble derimot satt på pause, da det fra Levanger kommunes hold var ønske om en ekstra innendørsbane i forhold til IL Sverres konsept. Dette skal være en hall som ikke bare er beregnet for idrettslagsaktiviteten, men også for aktivitet utenfor idrettslaget. Her er Levanger videregående skole og Nord universitet blant de aktuelle brukerne.

Formålet er å prosjektere en tennishall, bygget rundt konseptet til IL Sverre, som kan brukes som et referanseprosjekt og inspirasjon til hvordan man kan bygge en tennishall av høy standard. Dette skal oppnås blant annet ved å prosjektere etter passivhusstandarden, følge norsk standard og SINTEFs blader nøye, bruke fagekspertter og personer med relevant erfaring på romløsning i tennishall.

Overordnet problemstilling for prosjektet:

Hvordan bygge en bærekraftig tennishall i massivtre med god utforming, gode bygningstekniske og bygningsfysiske løsninger, og samtidig være kostnadsbevisste.

Endret problemstilling:

Oppgavens problemstilling endret seg tidlig etter innlevering av forprosjekt. Da veileder Bjørn Aas mente at oppgavens omfang kom til å bli noe stort. Det ble dermed besluttet å ikke vurdere ulike bygningsmaterialer opp mot hverandre slik som gruppen opprinnelig hadde tenkt, samtidig som det da heller ikke blir gjort noen LCA-analyse av hvilke materialer som ville vært mest hensiktsmessig å benytte til bygget. Endringen ble tatt opp på veiledermøte 19. april, med intern veileder Terje K. Fossheim, som godkjente endringen.

1.2 Avgrensninger

På grunn av oppgavens omfang og korte tidsperiode var det nødvendig å sette noen avgrensninger. Disse avgrensningene er:

- Ventilasjonsanlegg blir ikke prosjektert. Det er likevel avsatt plass til dette i teknisk rom i 2. etasje. Her har ventilasjonskanalene god plass over himling. Anlegget vil bestå av tre klimasoner, med følgende anbefalinger for temperatur og luftmengde:
 - Tennisanlegg, treningsrom
 - Temperatur bør normalt ligge på 18°, men med mulighet for justering fra 15 – 21°
 - Luftmengde på $7\text{ m}^3/\text{h}$, $150\text{ m}^3/\text{pr. person}$
 - Garderober
 - Temperatur på 23°, justeringsmulighet på 22 – 24°
 - Luftmengde på $15\text{ m}^3/\text{h}$
 - Øvrig areal (Klubbhus, fellesareal)
 - Temperatur på 21°, justeringsmulighet 20 – 25°
 - Luftmengde på $7\text{ m}^3/\text{h}$, $26\text{ m}^3/\text{pr. person}$

(Kulturdepartementet, 2016)

- Vann- og avløpssystem blir ikke prosjektert. Det er i likhet med ventilasjonssystemet tenkt at vann- og avløpssystemets styringssystemer skal plasseres i teknisk rom. Det påpekes senere i rapporten viktigheten av å tenke på legionella-problematikk.
- Elektrisk system blir heller ikke prosjektert, men styringssystem er også her tenkt plassert i teknisk rom. Dette er et område hvor gruppen har lite til ingen kunnskap og det bør dimensjoneres av noen med kunnskap fra dette fagfeltet.
- Akustikk blir prosjektert kun i idrettsdel. Dette er grunnet akustikkens allerede komplekse omfang i idrettsdel. Da det er mer komplekst å dimensjonere for idrettsdelen ble det i denne omgang valgt bort å dimensjonere for akustikk i klubbhuset.
- Fundament blir ikke dimensjonert, samt at det ikke blir ført kontroll av jordskjelv og seismiske lastberegninger på konstruksjon.

1.3 Rapportens oppbygning

Innledning	Presenterer bakgrunn for valgt tema, problemstilling og avgrensninger
Teori	Aktuell teori om oppgavens innhold presenteres
Prosjektering	Viser til metoder og arbeid gjort for å levere sluttproduktet
Resultat	Viser resultatene
Diskusjon	Drøfting av resultater og prosjekterte løsninger
Konklusjon	Oppgaven konkluderes mot problemstilling og resultatmål

2. Figurliste

Figur 1: Limtreproduksjon - Limtreets livssyklus. (Norske Limtreprodusenters Forening, 2015).....	12
Figur 2: Priser på ulike teknikker for massivtreelementer. (Buck, Wang, Hagman, & Gustafsson, 2015)	13
Figur 3: Konseptskisse fra Levanger kommune. (Kjersti Nordberg, personlig kommunikasjon, 9. februar 2023. Se vedlegg G)	14
Figur 4: Konseptskisse fra Levanger kommune. (Kjersti Nordberg, personlig kommunikasjon, 9. februar 2023. Se vedlegg G)	15
Figur 5: Fasade med Rockwool REDair Flex systemplate. (Rockwool, 2018).....	23
Figur 6: Brakett for montering av søyle (Norske Limtreprodusenters Forening, 2015).....	25
Figur 7: Eksempel på rettventd tak med bærekonstruksjon av tre. (SINTEF Byggforsk, 2018).....	25
Figur 8: Funksjonelle løsninger for brukere og besøkende med nedsatt bevegelse. (Kulturdepartementet, 2012).....	27
Figur 9: Funksjonelle løsninger for brukere og besøkende med nedsatt hørsel. (Kulturdepartementet, 2012).....	28
Figur 10: Funksjonelle løsninger for brukere og besøkende med nedsatt syn. (Kulturdepartementet, 2012).....	28
Figur 11: Funksjonelle løsninger for brukere og besøkende med nedsatte kognitive ferdigheter. (Kulturdepartementet, 2012).....	29
Figur 12: Funksjonelle løsninger for brukere og besøkende med overfølsomhet for materialer og forurensinger i luft. (Kulturdepartementet, 2012).....	29
Figur 13: illustrasjon av røykventilasjon for store haller (SINTEF Byggforsk, 2006).....	38
Figur 14: Krav til belysning. (Norsk Standard, 2019)	38
Figur 15: Illustrasjonsbilde for plassering av lyskastere. (Fagerhult, 2023).....	39
Figur 16: Rettventd tak med bærekonstruksjon av massivtreelementer. (Byggforsk, 2018).....	43
Figur 17: Ytterveggkonstruksjon hvor massivtreelementer utgjør kun en liten del av varmeisolasjonen. Konstruksjonen er tilleggisolert med isolasjon og luftet kledning på utsiden. (Norsk Treteknisk Institutt, 2006).....	44
Figur 18: Kapasitetskontroll. Utklipp fra Focus Konstruksjon.....	51
Figur 19: Ligning 6.13 - NS-EN 1995-1-1. (Norsk Standard, 2009).....	51
Figur 20: Utklipp fra rapport laget av Focus Konstruksjon	52
Figur 21: Kapasitetskontroll. Utklipp fra Fokus Konstruksjon.....	52
Figur 22: Ligning 6.33, NS-EN 1991-1-1. (Norsk Standard, 2019)	53
Figur 23: Utklipp fra rapport laget av Focus Konstruksjon.....	53
Figur 24: Figur 7.1: NS-EN 1995-1-1: Kapittel 7.2 - Grenseverdier for nedbøyninger av bjelker	54
Figur 25: Utklipp av rapport laget av Focus Konstruksjon.....	54

3. Tabelliste

Tabell 1: Godkjente områder for spillemidler. (Det kongelige kultur og likestillingsdepartement , 2022)	8
Tabell 2: Minstekrav til bygningsdeler, komponenter, systemer og lekkasjetall. (Standard Norge, 2012)	9
Tabell 3: Eksempler på U-verdier for passivhus og lavenergibygninger. (Standard Norge, 2012)	9
Tabell 4: Norske standardmål for tennisbaner. (Kulturdepartementet, 2015)	10
Tabell 5: Norske standardmål for tennisbaner. (Kulturdepartementet, 2015)	10
Tabell 6: Egenvekt til massivtreelement. (Norsk Treteknisk Institutt, 2006)	14
Tabell 7: Spennvidder for etasjeskillere i krysslågt massivtre. (SINTEF Byggforsk, 2009)	24
Tabell 8: Massivtreelement for tak. (NorskMassivtre, 2023)	26
Tabell 9: Tabell NA.4.1(901) Karakteristisk snølast på mark for kommuner og Svalbard. Karakteristisk snølast for Levanger kommune. (Norsk Standard, 2003)	31
Tabell 10: Tabell NA.4(901.1) - Referansevindhastighet $v_{b,0}$ for kommunene. Referansevindhastighet for Levanger kommune. (Norsk Standard, 2005)	31
Tabell 11: Brukscategorier. (Norsk Standard, 2019)	32
Tabell 12: Tabell 6.2 - Nyttelast på gulv, balkonger og trapper i bygninger. (Norsk Standard, 2019)	33
Tabell 13: Tabell NA.7.2 - Eksemplet på grenseverdier for nedbøyninger av bjelker. (Norsk Standard, 2009)	33
Tabell 14: Viser krav til brannmotstand for tennishallen. Kravene er hentet fra TEK-17 (Direktoratet for byggkvalitet, 2023)	34
Tabell 15: Tillatt bruttoareal uten seksjonering fra TEK-17. (Direktoratet for byggkvalitet (TEK17), 2021)	36
Tabell 16: Nødvendig åpningsareal som funksjon av brannflate, lokalets høyde og ønsket høyde på røykfri sone. (Røykventilasjon temaveiledning, 2000)	37
Tabell 17: Lydklasser for idrettsbygninger – Romakustikk og innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner. (Norsk Standard, 2019)	40
Tabell 18: Lydabsorbenttyper benyttet i idrettsdel	40
Tabell 19: Beregning av etterklangstid	41
Tabell 20: U-verdiberegninger for tak	43
Tabell 21: U-verdiberegninger for yttervegg	45
Tabell 22: U-verdiberegninger for gulvflate	46
Tabell 23: Rominndeling og areal	49
Tabell 24: Hallens etterklangstid	50
Tabell 25: Tabell NA7.2 - Eksempler på grenseverdier for nedbøyninger av bjelker	53
Tabell 26: Tennishallens totale huskostnad	55
Tabell 27: Resultater for energiberegninger mot krav	55

4. Teori

4.1 Noen begreper

4.1.1 Brannteknikk

Tilgjengelig rømningstid

Tiden fra en brann oppstår og til branngasser, temperatur eller røykutvikling hindrer rømning (kritiske tilstander). (SINTEF Byggforsk, 2016)

Nødvendig rømningstid

Tiden fra brannen oppstår og til personene i bygningen har kommet frem til sikkert sted. (SINTEF Byggforsk, 2016)

Sikkerhetsmargin

For å kunne tilrettelegge for sikker rømning er det viktig med god sikkerhetsmargin. Sikkerhetsmarginen er differansen mellom tilgjengelig og nødvendig rømningstid. (SINTEF Byggforsk, 2016)

Brannenergi

Brannenergi er en størrelse som brukes for å dimensjonere branntekniske løsninger i bygninger, samt å beregne brannforløpet. Brannenergien er den totale varmemengden som blir frigjort ved forbrenning av alle brennbare materialer i et område. (Liebe, 2020)

4.1.2 Akustikk

Absorpsjonsfaktor

Faktoren er forholdet mellom ikke-reflektert og innfallende akustisk effekt. Den ikke-reflekterte effekten omfatter både absorpsjon inne i materiale og transmisjon gjennom materialet. Absorpsjonsfaktoren ligger teoretisk mellom 0 og 1, hvor 0 tilsvarer omtrent en glatt betongvegg, og 1 tilsvarer et åpent vindu. Absorpsjonsfaktoren er frekvensavhengig. (SINTEF Byggforsk, 1998)

Etterklangstid

Etterklangstiden er tiden det tar for et gjennomsnittlig lydtryknivå å falle 60 dB etter at lydkilden i rommet er avbrutt. Lyden kan da sies å ha «dødd ut». Ettersom absorpsjonsfaktoren er frekvensavhengig, vil også etterklangstiden være det. (SINTEF Byggforsk, 1998)

Lydabsorbent

Lydabsorbenter er materialer som absorberer lyd. (NAV Kunnskapsbanken , 2018) De brukes for å regulere akustikken ved å minke etterklangstiden i et rom. Absorbentene kategoriseres hovedsakelig i tre kategorier; porøse absorbenter, membranabsorbenter og resonansabsorbenter. (Gode idrettsanlegg , 2023) De forskjellige absorbenttypene er gjerne gode i forskjellige frekvenser slik at de må kombineres for å få den beste løsningen.

4.2 Forskrifter, standarder og bestemmelser

4.2.1 TEK 17

TEK 17, eller byggt teknisk forskrift, trekker opp grensen for det minimum av egenskaper et byggverk må ha for å kunne oppføres lovlig. Hovedformålet er å bidra til byggverk av god kvalitet i samsvar med plan- og bygningslovgivningen. Forskriften setter krav på viktige områder, for eksempel utearealer, konstruksjonssikkerhet, sikkerhet ved brann, planløsning, innneklima og energi. (Direktoratet for byggkvalitet, 2022)

4.2.2 Bestemmelser om tilskudd til anlegg for idrett og fysisk aktivitet – 2022

Bestemmelsen er gitt fra kultur og likestillingsdepartementet, og gjelder tildelinger i 2023. Den inneholder kravene som må innfris, samt hvor mye det er mulig å få i støtte. For å få støtten kreves blant annet at hallen oppfyller krav til størrelser og funksjoner som er nødvendige for å gjennomføre aktiviteten anlegget er ment for. Det innebærer spille- og aktivitetsflater, sikkerhetssoner, høyde og/eller andre funksjoner som måtte gjelde de aktivitetene som skal foregå i anlegget. (Det kongelige kultur og likestillingsdepartement , 2022) Videre skal det i søknaden dokumenteres at det ferdigstilte anlegget tilfredsstillende følger følgende krav:

- Fra TEK 17; § 3-1 annet ledd, energikravene (kap. 14), lydforhold fra § 13-6
- Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) (Det kongelige kultur og likestillingsdepartement , 2022)

Type, krav	Antall	Maks. tilskudd
Tennishall – 9 m fri takhøyde ved nett	3 baner	8 200 000
Styrketreneringsrom, 100 m² og takhøyde på minimum 3,5 m.	1	500 000
Garderober, 50 m²	2 sett	300 000
Klubbhus, 100 m²	1	500 000
Lagerareal for idrettsanlegg, 50 m²	1	300 000

Tabell 1: Godkjente områder for spillemidler. (Det kongelige kultur og likestillingsdepartement , 2022)

Tabell 1 viser områder i anlegget som tilfredsstillter gitte krav, og som det dermed bør søkes støtte om.

4.2.3 Passivhusstandarden

For energiberegning legges det til grunn passivhusstandarden for yrkesbygninger. Standarden gir et strengere krav til hva som kreves av bygningskroppen for å minske energitap sammenlignet med hva som er beskrevet i TEK17. For å forenkle prosessen med u-verdiberegning velges det å bruke erfaringstallene beskrevet i NS 3701: 2012. Til øvrige verdier brukes minstekrav.

Egenskap		Passivhus	Lavenergibygning
<i>U</i> -verdi vindu og dør ^a		≤ 0,80 W/(m ² ·K)	≤ 1,2 W/(m ² ·K)
Normalisert kuldebroverdi, ψ^n ^b		≤ 0,03 W/(m ² ·K)	≤ 0,05 W/(m ² ·K)
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner ^{c, d}		≥ 80 %	≥ 70 %
<i>SFP</i> -faktor ventilasjonsanlegg		≤ 1,5 kW/(m ³ /s)	≤ 2,0 kW/(m ³ /s)
Lekkasjetall ved 50 Pa, n_{50}		≤ 0,60 h ⁻¹	≤ 1,5 h ⁻¹
Belysning	Dynamisk dagslys- og konstantlysstyring	Minst 60 % av installert effekt til belysning er underlagt styringssystemet	
	Dynamisk behovsstyring ved tilstedeværelse	Minst én styringszone per rom eller én styringszone per 30 m ² i større rom	
^a <i>U</i> -verdier skal beregnes som gjennomsnittsverdi for de ulike bygningsdeler. ^b Normalisert kuldebroverdi kan fravikes ved rehabiliteringsprosjekter der det er praktisk umulig å tilfredsstille kravet. Det skal da dokumenteres at kuldebroer ikke medfører problemer med inn klima. ^c Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad er gjennomsnittsverdien for alle for varmegjenvinner i bygningen. ^d I bygninger der varmegjenvinning medfører risiko for spredning av forurensning eller smitte, er minstekravet til årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad ≥ 70 %.			
MERKNAD 1 I tillegg til krav satt her skal bygningen oppfylle minstekrav i forskrift om tekniske krav til byggverk (byggteknisk forskrift). MERKNAD 2 En bygning der bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall er innenfor minstekravene, vil ikke nødvendigvis tilfredsstille kravene knyttet til varmetapstall og høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til oppvarming.			

Tabell 2: Minstekrav til bygningsdeler, komponenter, systemer og lekkasjetall. (Standard Norge, 2012)

Egenskap	Passivhus W/(m ² ·K)	Lavenergibygning W/(m ² ·K)
<i>U</i> -verdi yttervegg ^a	0,10 – 0,12	0,15 – 0,16
<i>U</i> -verdi tak ^a	0,08 – 0,09	0,10 – 0,12
<i>U</i> -verdi guly ^{a, b}	0,08	0,10 – 0,12
^a <i>U</i> -verdi regnes som gjennomsnittsverdi for de ulike bygningsdelene. ^b <i>U</i> -verdi for guly er en ekvivalent varmegjennomgangskoeffisient som inkluderer varmemotstanden i grunnen og redusert varmetransport gjennom guly mot uoppvarmede rom/soner.		

Tabell 3: Eksempler på U-verdier for passivhus og lavenergibygninger. (Standard Norge, 2012)

4.2.4 Mål for tennisbaner

Det brukes data hentet fra «Målbok for idrettsanlegg» til å bestemme tennisbanenes målkrav. (Kulturdepartementet, 2015)

	fulle mål	min. mål
Turnering, ITF's krav til Davis Cup o.l.	18,3x36,6*	
NTF anbefalte mål	18,3x36,6	17,0x34,75
To baner, ikke adskilt	33,5x36,6	31,7x34,75
Ytterligere baner, ikke atskilt, pr. bane i tillegg	15,2x36,6	14,6x34,75
Ren singlebane	15,5x36,6	15,5x34,75

Tabell 4: Norske standardmål for tennisbaner. (Kulturdepartementet, 2015)

krav til takhøyde	nett	grunlinje	bakkant
Store arrangementer	11,0	7,0	4,0
* Internasjonale og off. turneringer, anbefalt for turneringshaller	9,0	5,75	4,0
* Mosjon og mindre turneringer	7,0	5,0	4,0
* Davis Cup, World Champ.	12,0		

Tabell 5: Norske standardmål for tennisbaner. (Kulturdepartementet, 2015)

Forutsetninger som benyttes:

- Høyde etter: Internasjonale og offentlige turneringer, anbefalt for turneringshaller.
- Flate størrelse etter tre baner, ikke adskilt, fulle mål.
- Belysning i.h.t. NS-EN 12193:2018. (Norsk Standard, 2019)
- For øvrige mål og krav brukes de gitte verdiene i målboka. (Kulturdepartementet, 2015)

I idrettsdelen blir det prosjektert med tre tennisbaner i full størrelse (10,97 m · 23,77 m). Hallen er forventet å skulle være i bruk i minimum 60 år, som er vanlig å benytte som prosjekterende levetid for nybygg. (Byggordboka, 2017) Da tennis er en idrett under gryende utvikling i Norge er det sannsynlig at tennis som idrett vokser mye også på Levanger de neste 60 årene. Selv om det kanskje virker usannsynlig med internasjonale turneringer per dags dato, er det viktig å legge til rette for å kunne imøtekomme et behov også om 60 år.

4.3 Limtre som konstruksjonsmateriale

Limtre er en type konstruksjonsmateriale satt sammen av flere lag med sortert trevirke limt sammen for å danne en sterk og solid bærekonstruksjon. Limtre er kjent for sin styrke, stabilitet og allsidighet. Limtre har i moderne tid begynt å brukes oftere i byggeprosjekter som krever lange spenn og høye belastninger. Som for eksempel i konstruksjonen av takbjelker, søyler og buer, i bygninger og broer.

Limtre fremstilles ved å lime sammen lameller med tykkelse fra 6mm til maksimalt 45mm. Det er særdeles viktig at fiberretningen på lamellene legges i lengderetningen for å oppnå en god styrke. (Norske Limtreprodusenters Forening, 2015)

I limtreboka listes det opp en rekke kvaliteter som gjør limtre til et høyt kvalifisert konstruksjonsmateriale med en rekke unike egenskaper:

- Et utseende som tiltaler de fleste mennesker og som derfor gir et verdifullt bidrag til både det indre og ytre miljø
- Høy styrke i forhold til egenvekten – muliggjør store spennvidder
- Små tilvirkningstoleranser og høy formstabilitet ved normal temperatur og fuktighet
- Høy brannmotstand – ofte et krav i forbindelse med bygninger hvor mange mennesker oppholder seg
- Gode varmeisolerende egenskaper, som reduserer effekten av kuldebroer og risikoen for kondens
- Lav egenvekt, som reduserer transport- og montasjekostnader og som har en positiv innvirkning på både pris og utførelse av fundamenter
- God bestandighet i kjemisk aggressive miljøer
- Fleksibel produksjon, som blant annet gjør det mulig å produsere krumme komponenter til lavere kostnader enn i andre materialer.

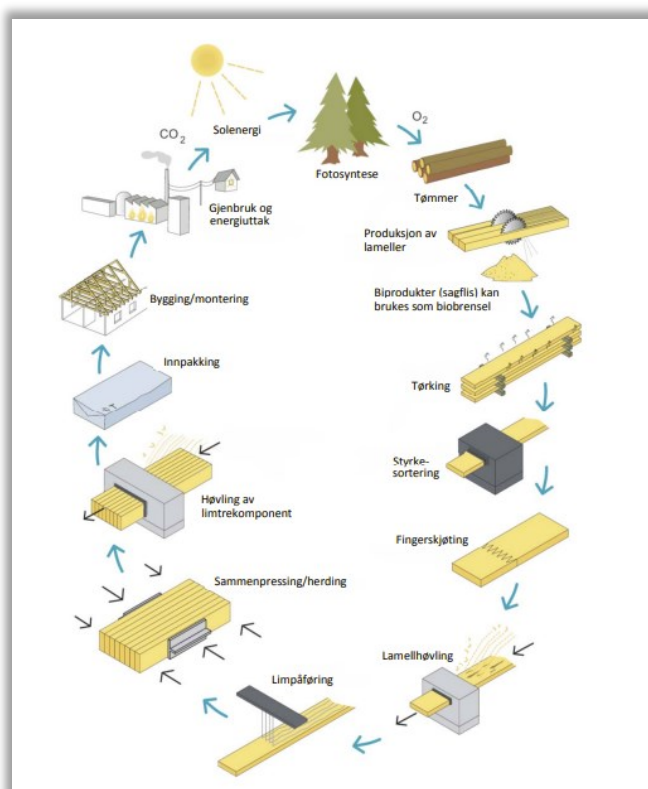
(Norske Limtreprodusenters Forening, 2015)

Disse kvalitetene kommer godt med i prosjektering av tennishallen. Grunnet trevirkets estetiske kvaliteter er det ønskelig med så mye synlig massivtre som mulig, blant annet blir store deler av bæresystemet i taket synlig under byggets levetid. Muligheten for store spennvidder utnyttes til det fulle for å unngå problematikk med tennisbanenes størrelse, samt krav til høyder og bredder. At det er høy brannmotstand er også positivt da man enklere oppnår brannkravene som blant annet kommer inn i forbindelse med overgang mellom tennishall og klubbhus. Reduseringen av kuldebroer og de gode termiske egenskapene er nyttige, og gjør prosjekteringen av bygget som et passivhus mulig og relativt enkelt. Rask montering minsker kostnadene og byggetiden, som

gir en positiv innvirkning på økonomien i prosjektet. Det siste punktet, hvor det nevnes trevirkes bestandighet i kjemiske aggressive miljøer, er viktig da bygget i Levanger vil være plassert i umiddelbar nærhet av sjø.

Limtre er et konstruksjonsmateriale som gir minst mulig klimapåvirkning. De senere år har det vært gjennomført flere studier av uavhengige parter som viser at bygg i tre generelt innebærer mindre negativ påvirkning på miljøet. Limtre har lav egenvekt som gir enklere transport. Biproduktene fra produksjonen brukes til oppvarming. Man kan derfor med god samvittighet bygge med limtre. (Moelven, 2023)

For illustrasjon av hvorfor limtre er en fornybar ressurs har det i Limtreboka blitt laget en skjematisk skisse av produksjonsprosessen til limtre.



Figur 1: Limtreproduksjon - Limtreets livssyklus. (Norske Limtreprodusenters Forening, 2015)

4.4 Massivtreelementer som konstruksjonsmateriale

Det finnes ulike typer massivtreelementer. I dette prosjektet brukes det krysslagte massivtreelementer, eller forkortet; KLT-elementer. En av de større fordelene med krysslagt massivtreelementer sammenlignet med sine konkurrenter i massivtrekategorien er den lave produksjonskostnaden.

Assembling Techniques	Price (SE K/m ²)	Thickness (mm)	Country	Company
Laminated				
CLT	6167	120	Sweden	Marinsons
CLT	6250	120	Sweden	David Wettergren Arkitektur
CLT	5333	120	Sweden	EBC Consulting
CLT	5833	120	Sweden	AB Fristad Bygg
CLT	6167	120	Sweden	Stångebro Bygg AB
CLT	6180	100	Norway	Massiv Lust AS
CLT	5105	117	Germany	Franz Plank GmbH
CLT	4657	120	Austria	NORICA TIMBER Vertrieb GmbH
CLT	5973	120	Austria	Stora Enso WP Bad St. Leonhard GmbH
CLT	4344	120	Austria	Mayr-Melnhof Kaufmann Gaisshorn GmbH
CLT	5725	117	Switzerland	Holzuntersander GmbH
CLT	4906	120	Switzerland	Schilliger Holz AG
Average	5563			
Median	5779			
Wood dowels				
Vertical	8500	120	Sweden	David Wettergren Arkitektur
Vertical ¹	8579	120	Austria	Erwin Thoma Holz GmbH
Vertical	8532	120	Germany	Woodcube Hamburg GmbH
Horizontal	6845	120	Germany	Riedle & Bader Holzbau GmbH
Horizontal	7155	120	Switzerland	Tschopp Holzbau AG
Horizontal	6346	110	Switzerland	Sidler Holz AG
Diagonal	5267	120	Austria	Sohn HolzBautechnik GmbH
Wood screwdowel	7850	125	Germany	Rombach Bauholz + Abund GmbH
Average	7461			
Median	7503			
Nail²				
Aluminum nail	4000	115	Sweden	David Wettergren Arkitektur
Aluminum nail	4600	115	Germany	Massiv-Holz-Mauer Entwicklungs GmbH
Aluminum nail	4600	115	Germany	Seidelbau GmbH
Aluminum nail	4654	110	Germany	Mayr & Sonntag GmbH
Average	4464			
Median	4600			
Screw				
Layers on edge-wise	7660	120	Norway	Norsk massivtre AS
Layers on flat-wise	9160	112	Norway	Norsk massivtre AS
Average	8410			
Staple³				
Galvanized Steel staple	4893	143	Italy	Ligna Construct GmbH
Dovetail				
Dovetailed joint board	10168	120	Italy	Reinverbund GmbH
Magnum-Board				
Glued OSB	7253	125	Germany	Planungsbuero Christian Stein
Stress laminated⁴				
Steel rod	--		Sweden	Marinsons

Figur 2: Priser på ulike teknikker for massivtreelementer. (Buck, Wang, Hagman, & Gustafsson, 2015)

Massivtreelementer og limtre fremstilles i stor grad på samme måte. Dette fører til at man får de samme kvalitetene for massivtreelementene som opplistet i kapitlet om limtre. Forskjellen på fremstilling er metoden man limer lamellene sammen på. I KLT-elementer blir lamellene limt sammen vinkelrett på det foregående laget for å danne et sterkt element.

Massivtreelementer har også gode kvaliteter mot brann, dog ikke like gode som limtre. Dette er grunnet at massivtre har større areal av eksponerte overflater. Det er derfor nødvendig å vurdere massivtreets brannstyrke til hvert prosjekt. (Moelven Industrier ASA, 2017)

Tykkelse mm	Ant. sjikt	Tykkelse til hvert sjikt									Egenvekt kN/m ²
		L mm	T mm	L mm	T mm	L mm	T mm	L mm	T mm	L mm	
63	3	21	21	21							0,32
75	3	21	33	21							0,38
100	3	33	34	33							0,50
120	5	19,5	30	21	30	19,5					0,60
140	5	32	21	34	21	32					0,70
160	5	30,5	33	33	33	30,5					0,80
180	5	32	41	34	41	32					0,90
200	7	33	22	34	22	34	22	33			1,00
220	7	30	32	32	32	32	32	30			1,10
240	7	29,5	39	32	39	32	39	29,5			1,20

Tabell 6: Egenvekt til massivtreelement. (Norsk Treteknisk Institutt, 2006)

4.5 Konseptskisse fra Levanger kommune

Figur 3 viser konseptskissen gruppen fikk fra Kjersti Nordberg ved Levanger kommune. Den viser hva IL Sverre ønsket for sin tennishall. (Kjersti Nordberg, Personlig kommunikasjon, 9. februar 2023. Se vedlegg G) Det er tatt utgangspunkt i mange av de arealer oppgitt i konseptskissen i utforming av tennishallen. Etersom Levanger kommune ser at det er nødvendig med 3 innendørsbaner som følge av fremtidig vekst i sporten, velger gruppen å prosjektere tennishallen etter dette. Noen av arealene blir derfor gjort noe større som følger av at denne konseptskissen var laget med tanke for 2 innendørsbaner.

Funksjon	Format	Antall min.	Areal
Toalett HC	2,7x2,7	1	7
Toalett enkel	1,2x2,7	2	3
Vindfang	3x5	1	15
Omkledningsrom	4x7,5	0	30
Dusjrom med 4/dusjer	4x2,5	0	10
Vrimleareal som også kobler rom sammen	Tilpasses	1	75
Vaskesentral	3x3	1	9
Lager	Tilpasses	1	50
Teknisk rom	7x12	1	84
Tennisflate m/min høyde(4,0-5,0-7,0)	18,3*36,3	1	664
Merkostnad turneringshøyde(4,0-5,75-9)	18,3*36,3	0	664
Merkostnad ekstra hall	18,3*36,3	2	664
Merkostnad med turneringshøyde for bare ekstrahall	18,3*36,3	0	664

Figur 3: Konseptskisse fra Levanger kommune. (Kjersti Nordberg, personlig kommunikasjon, 9. februar 2023. Se vedlegg G)

IL Sverre tennis ønsket i utgangspunktet 2 innendørsbaner og 1 utendørs. Levanger kommune ser imidlertid at det bør være 3 innendørs baner. Det er plass til en ny utendørs bane å området for øvrig frem i tid. Vi må rigge oss for vekst i sporten, og skal tilfredsstillere mer aktivitet enn idrettslagsaktiviteten. Levanger vgs. er nærmeste nabo, nord universitet er aktuell bruker. Det er Levanger kommune som både er grunneier og anleggseier der hvor anlegget ligger.

Figur 4: Konseptskisse fra Levanger kommune. (Kjersti Nordberg, personlig kommunikasjon, 9. februar 2023. Se vedlegg G)

4.6 Tomten

Tomten er plassert i Levanger kommune, med adresse Saltkjelen 3, 7600 Levanger, som en del av Moan fritidspark. Tomten for tennishallen er plassert helt i strandsonen, slik at man må ta hensyn til at bygget vil ha påvirkninger fra sjøen.

På geo.ngu.no kan man se geologiske kart som gir informasjon om byggestedet. Man kan blant annet se at tomten ligger på en plass med moderat til lavt aktsomhetskrav med hensyn til radon. Det er stor sannsynlighet for marin leire på tomten.

Byggforsk gir følgende dimensjonerende størrelse

- Årsmiddeltemperatur på 5,2 grader celsius. (SINTEF Byggforsk, 2018)
- Frostdybden $H_0 = 1,5\text{m}$. (SINTEF Byggforsk, 2018)
- Vindreferansehastigheten $V_{REF} = 26\text{ m/s}$ (SINTEF Byggforsk, 2003)
- Snølast $S_{k,0} = 3,5\text{ kN/m}^2$ (SINTEF Byggforsk, 2003)

4.7 Gode idrettsanlegg

Gode idrettsanlegg er en kunnskapsportal for idretts- og nærmiljøanlegg. Nettsiden gir enkel oversikt over hva som er viktig når det skal prosjekteres et idrettsanlegg. Man finner også referanseprosjekter hvor man i ettertid har vært fornøyd med diverse måloppnåelser. Ved effektiv bruk av gode idrettsanlegg kan man øke prosjekteringskvaliteten.

4.8 Dimensjonering

Tennishallen er dimensjonert etter Byggteknisk forskrift §10-2(3), som sier: «Grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet, herunder grunnforhold og sikringstiltak under utførelse og i endelig tilstand, kan oppfylles ved prosjektering av konstruksjoner etter Norsk Standard NS-EN 1990 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg» (Direktoratet for Byggkvalitet (TEK17), 2017)

Dimensjoneringen av tennishallen foregår i Focus Konstruksjon. Programmet har et innebygd bibliotek med laster som vil være påført konstruksjonen. Lastene som er brukt er oppdatert til dagens standard og de vil være automatisk beregnet i programmet.

Det statiske systemet er beregnet i bruddgrensetilstand og er automatisk beregnet i programmet.

Nedbøyning er manuelt kontrollert etter Eurokode 5, tabell NA.7.2 – Eksempler på grenseverdier for nedbøyninger av bjelker på de større spennlengdene. (Norsk Standard, 2009)

5. Prosjektering

I dette kapitlet presiseres det hvordan studentene har arbeidet for å skape produktet i bacheloroppgaven.

Metoder som har blitt brukt er:

- Litteraturstudie
- Befaring
- Digitale verktøy
- Prosjektering

5.1 Litteraturstudie

Gruppen har lest og studert i ulike byggforskblader, eurokoder og standard-blader. Disse legger grunnlagene for at tennishallen vil være bygget etter dagens forskrifter og regler.

5.2 Befaring

Den 16. februar 2023 ble det foretatt en befaring hos Lade Tennisarena sammen med daglig leder Øystein Glåmseter. Glåmseter fortalte om sine egne erfaringer om hva som er viktig å tenke på ved planløsning i en tennishall. Dette inkluderte både ting han var fornøyd med og noe som han var misfornøyd med.

Praktiske ting som vaskesentraler, belysning, teknisk rom, legionella-problematikk på grunn av skåldefunksjon på dusjer, oppvarmingsområder i tennishall og lagringsarealer var blant tingene som ble diskutert.

5.3 Digitale verktøy

Det ble benyttet noen digitale verktøy for å kunne gjennomføre detaljprosjektering og visualisering av prosjektet. Programmene som ble benyttet var:

- Archicad 26
- Focus konstruksjon
- Lumion
- Norsk Prisbok
- Simien

5.3.1 Archicad 26

Archicad 26 er benyttet til å gjennomføre all modellering av tennishallen. Bruk av Archicad 26 gir god visuell oversikt på planleggingen slik at man får bedre følelse for hvordan ting kommer til å være. Samtidig så kan Archicad brukes for å gjøre mengdeuttak. Dette forenkler kostnadsberegningsprosessen da man med en gang får oversikt over hvor mange bygningsdeler det finnes av en sort.

5.3.2 Focus konstruksjon

Focus konstruksjon er et FEM-analyseverktøy. Focus konstruksjon er et analyseprogram brukt for å konstruere en statisk modell av den bygningsteknikken som var ønsket brukt i denne tennishallen. Focus konstruksjon benytter elementmetoden for å beregne på laster som opptrer i 2- og 3-dimensjonale modeller. Programmet gir brukeren mulighet til å benytte ulike materialer for å komme frem til den mest optimale løsningen. Ved å gjøre dette i Focus konstruksjon kan man med sikkerhet dimensjonere limtrebjelkene, -sperrene, og -søylene i tilstrekkelige dimensjoner som håndterer de lastene som trengs. Dette fører til at det er mulig å unngå både under- og overdimensjonering som følge av usikkerhet i manuelle kalkulasjoner. En av fordelene ved å bruke Focus konstruksjon er at programmet har et oppdatert bibliotek med vind- og snølaste som opptrer på ulike steder i Norge. Focus konstruksjon benytter seg også av eurokoder og nasjonale tillegg, noe som gjør at globale analysen av modellen er standardisert.

5.3.3 Lumion

Lumion er en programvare for visualisering og 3D-rendering som brukes hovedsakelig i arkitektur- og byggebransjen. Den lar brukerne lage fotorealistiske visualiseringer og animasjoner av bygninger, landskap og urbane omgivelser.

5.3.4 Simien

Simien blir benyttet for å beregne energiforbruk og sjekke mot krav i passivhusstandarden. Denne gir et enklere bilde over hva som trengs, og hva som enda ikke er tilstrekkelig for å levere et bygg etter standard som velges.

5.3.5 Norsk Prisbok

Det blir benyttet Norsk Prisbok versjon 23.01 for å lage en kalkyle av prosjektet. Norsk prisbok er en database med nesten 5000 prislinjer, og 1900 sammensatte elementer for å gi brukere en enkel måte å lage kalkyle av prosjektet som helhet.

5.4 Kostnadsberegning

Prosjektet har i stor grad blitt beregnet med Norsk Prisbok. Det er dog en del elementer og prislinjer som ikke fins. Det har derfor i noen tilfeller vært nødvendig å gjøre kvalifiserte endringer i de elementer og prislinjene som ligner mest på det som var ønskelig. Det har også blitt tatt direkte kontakt med leverandører på sjeldnere og spesifikke materialer for å finne et bedre prisgrunnlag. Kostnadsberegningen i dette prosjektet har derfor hatt en kombinasjon av de nevnte metodene.

5.4 Utforming

Tennishallen på Moan skal være mer enn bare en tennishall, og hallens utforming er nøye gjennomtenkt. Den kan sees på som to forskjellige deler, én klubbhusdel og én idrettsdel, hvor selve tennisbanene er plassert. Slusen i inngangspartiet fører inn til klubbhuset, og fungerer både som vindfang, egen branncelle for heis og trappeløp, samtidig som den gir god plass til å sette fra seg sko. Dette muliggjør en utesko-fri hall, som igjen vil føre til mindre kostnader ved vasking. Fra slusen kommer man videre inn i et åpent og oversiktlig resepsjonsområde. Her er

det lagt til rette for eksempelvis strenging og utleie av tenniss racketer. Førsteetasjen huser også et treningsrom, toaletter og garderober.

Befaringen ved Lade Tennisarena ble nyttig i utformingen av hallen. Glåmseter kom med flere innspill på hva som var bra, og hva som kunne vært forbedret ved hallen på Lade. En av de mest sentrale innspillene Glåmseter hadde, var at han savnet et fungerende fellesareal hvor brukerne av tennishallen kunne sette seg ned, ta en kopp kaffe og være sosiale. I klubbhusets 2. etasje finner man et stort fellesareal med kjøkken, som er tiltenkt å legge til rette for dette. Dette lokalet skal også kunne leies ut i forbindelse med eksempelvis barnebursdager eller andre arrangementer, og kan i så måte også være en ekstra inntekt for hallen. Andre etasje innehar også teknisk rom, toaletter og tre adskilte rom som kan benyttes fritt etter behov som måtte oppstå.

Fra fellesareal i 2. etasje kan man gå direkte ut på tribuner inne i idrettsanlegget. Disse tribunenene er planlagt som ståtribuner. Dette gjør dem til godkjente rømningsveier, samtidig som de utgjør et flott oppvarmingsareal. Vegghengte klappseter kan være et godt alternativ dersom det er ønskelig med noen sitteplasser, da disse ikke tar ekstra plass i bredden når de ikke er i bruk.

Foruten 3 tennisbaner har idrettsanlegget tre lagerrom som skal gi god plass til baller, ballmaskiner og annet utstyr. Hallen har også et oppvarmingsområde på borte kortsiden. Området er prosjektert til å være 6 meter bredt, etter anbefaling fra Glåmseter. En bredde på 6 meter vil være tilstrekkelig til å varme opp med ballvekslinger, samtidig som det gjør området skikket til minitennis. I idrettsanlegget er det også en port på $2,4 \cdot 3$ m. Denne skal i tillegg til å være nødutgang fungere som innkjøringsmulighet til lift, renholdsmaskin og annet større utstyr som kreves for vedlikehold av hallen.

Det er prosjektert med tre toaletter i hver av de to etasjene, hvorav det ene i hver etasje er handicaptoalett. I tillegg er det prosjektert med ett handicaptoalett i hver av gardrobene. Det betyr at det er totalt 8 toaletter, hvorav 4 er handicaptoaletter. Størrelsene på toalettene er utformet etter minimumsstørrelser gitt fra Levanger kommune, og er på henholdsvis 4 og 9 kvm for de to forskjellige typene.

Det er to garderober. De er 60 kvadratmeter store, hvor omkleddningsrommet er 27 kvm, handicaptoalettet er 9 kvm og dusjsonen er 9 kvm med 6 dusjhoder. Gjenværende areal går bort i «gang» mellom omkleddningsrom og dusj. Gardrobene er plasserte slik at man har kort distanse til tennisflatene og ikke trenger å passere gjennom resepsjon for å komme seg til banene. Man må dog gå forbi resepsjonen når man skal inn i gardrobene når man kommer, dette er så eventuell resepsjonist har oversikt over brukerne.

Teknisk rom plasseres i 2. etasje. Her vil alt teknisk utstyr som kreves for VVS og elektrisk system plasseres. Rommet er plassert slik at man får kortest mulig rørføring for ventilasjonssystemet til idrettsdel. Det blir som sagt i avgrensning av oppgave at det ikke blir dimensjonert mer rundt dette rommet og dets innhold.

En utfordring det derimot må tas hensyn til i forbindelse med prosjektering av sanitæranlegg til garderobe er legionella-problematikk. En må kunne kjøre svært varmt vann gjennom rørsystemet. Det må gjøres av og til for å holde rørsystemet rent for bakterier. Glåmseter påpekte mulige utfordringer med legionella på grunn av skåldsikring innebygd i dusjer. Det presiseres dermed at dette er noe som bør prosjekteres nøye av VVS-ingeniør.

5.5 Konstruksjonsløsninger

5.5.1 Fundament og gulv

Terrenget hvor idrettsbygget skal stå er flatt. Det er blitt prosjektert ut ifra at grunnen i området er stabil og uten noen form for forurensinger. Det fundamenteres med ringmur og sålefundament etter byggforsklad 521.112. (SINTEF Byggforsk , 2019) Etter anbefaling fra Green Advisers benyttes også randisolering. Denne isoleringsmetoden vil kunne sørge for en magasinering av varme i grunnen under bygget. Etter hvert vil denne varmen bidra til en reduksjon av varmetap, og dermed også en reduksjon av oppvarmingsbehovet.

Gulvkonstruksjonen vil bestå av en plasstøpt betongplate på 100mm, med EPS som isolasjon mot grunnen. Dette er et idrettsbygg hvor en eventuell vaktleder vil kunne oppholde seg over en lengre periode. Det blir derfor prosjektert med radonsperre mot grunnen og radonbrønn som trykkreduserende tiltak etter krav fra TEK 17. (Direktoratet for byggkvalitet, (TEK17)) Et viktig element for betongplaten er å sørge for korrekt opprissing, man ønsker å få rissene imellom banene. Man kan se tydelige problemer knyttet til dette ved Lade Tennisarena hvor rissene har kommet midt i spilleflatene. For å unngå at rissene kommer på tilfeldig plass er man nødt til å manuelt lage svake punkter i betongen. Dette gjøres ved å skjære et 2 til 3 centimeter dypt spor dagen etter støy, med betongsag og diamantblad. Betongdekket vil da risse opp i sporene. (Green Advisers, 2023)

I idrettsdel kommer det et spesiallaget gummidekke for bruk til tennis som monteres på betongdekket. Dekket kommer fra en italiensk produsent, Mondo, som gruppen er satt i kontakt med via Bjørn Aas. Dekket som anbefales av gruppens kontakt hos Mondo, er Sportflex M. I e-post skiver kontakten, Luca: «The product is specifically designed for indoor applications. It

guarantees a negligible amount of VOC emission (it is ratified Greenguard Gold per UL 2818 - 2013 Gold Standard for Chemical Emissions for Building Materials, Finishes and Furnishings) and is rated Cfl-s2 for fire behavior. The product is rated Medium by the International Tennis Federation, which makes it more similar to a clay court (soft and slow) than to an acrylic resin court (hard and fast). The floor must be glued to a concrete subfloor with a 2-component PU adhesive». (Reinaudo Luca, personlig kommunikasjon, 17. April 2023. Se vedlegg G) Dette er et vulkanisert gummi-sportsdekke. Minst 20% av dekket består av resirkulert gummi og mer enn 6% er fra hurtigvoksende fornybare materialer. Tykkelsen som ble spesifikt anbefalt fra Luca var 8mm. Materialet er også enkelt å renholde og deler av dekket kan enkelt byttes ut om nødvendig. (Mondo, 2023)

På gulv i 1. etasje av klubbhus benyttes et acrylgulv, tilsvarende Dekor System levert av AcryliCon. Systemet gjør gulvkonstruksjonen for garderober og toaletter svært fuktsikre da man unngår skjøter og andre svakheter i gulvet. Gulvet er også svært sklisikkert og har R13-klassifisering for sklimotstand. Dette gjør gulvet til et godt valg med tanke på universell utforming. En SINTEF-rapport oppgir klassifisering av sklirisiko, hvor verdier større enn 36 har lav sklirisiko. (Kron, Sæther, & Mellegård, 2017) AcryliCons gulv oppgis å ha sklirisiko 66 ved våt tilstand. (AcryliCon, 2018) I tillegg har det en høy slitestyrke og enkel rengjøring som gjør den fin til bruk på hele flaten i klubbhusets 1. etasje.

5.5.2 Vegg

Veggene er oppbygd av søyler og massivtreskiver som hovedkomponenter. Søylene vil være bærende for lastene som blir overført fra tak. Massivtreskivene vil fungere som avstivere, samtidig som det vil være byggets innvendige overflate. Massivtreskivene prosjekteres til å være 60mm da dette sørger for tilstrekkelig avstivning. Bak grunnlinjen til tennisbanene festes lydgardiner i grønn farge til ytterveggene. Dette for å gi kontrast til tennisballen så den ikke forsvinner i bakgrunnen. (Norges Tennisforbund, 2023) Søylene settes på sviller av konstruksjonsvirke. Svillene skal være for støtte og underlag mot betongplaten. Det er viktig at det benyttes tetting mellom dampspærre og svill for å hindre luftlekkasjer. Til innervegger benyttes 100mm massivtreelementer. Dette gjør at man kan benytte innerveggene som bærende elementer for etasjeskilleren, i tillegg gir det grei lydisolering og det går raskt å bygge.

Etttersom elementer på 60mm kun har tre sjikt, vil det være behov, etter anbefaling fra SINTEF, med et vindspærresjikt eller dampbrems mellom massivtre og utenpåliggende isolasjon for å sikre en fuktsikker konstruksjon. (SINTEF, 2022) Det er viktig at denne klemmes eller teipes nøye

mot massivtreelementer fra tak for at det ikke skal bli luftlekkasje og energitap. Søykene i vegg er blitt dimensjonerte til å være 180mm. Isolasjonsmengden er blitt beregnet til 300mm. Dette fører til 120mm isolasjon foran søylene, noe som sørger for at det ikke vil være noe kontinuerlig kuldebro. Isolasjonen som blir benyttet er av en type hvor det ikke vil være nødvendig med vindsperre på utsiden.



Figur 5: Fasade med Rockwool REDair Flex systemplate. (Rockwool, 2018)

Ved bruk av Rockwool REDair Flex systemplate eller lignende, festes lekter direkte på isolasjonen med lange skruer inn i den 60mm tykke massivtreskiven, uten utenpåliggende vindsperre. Dette sørger for en rask montering hvor man slipper stendere i veggkonstruksjonen, noe som gir lavere u-verdi samt minimalisering av kuldebro. For å sikre et luftlomme-fritt isolasjonssjikt benyttes det to lag med isolasjon som legges i forband slik at alle skjøter i første lag dekkes. Rockwool anslår at man sparer 30% i byggetid sammenlignet med andre mer tradisjonelle bygningsmetoder med utlektning og vindsperre. REDair Flex systemet har også vært brukt i andre massivtrekonstruksjoner, som ved Moholt 50/50. (Rockwool, 2018) Det lektes vertikalt ut med 36x98 og kles utvendig med liggende dobbelfalset kledning fra MøreRoyal, eller lignende. Det benyttes grå farge på kledningen, noe som skaper et uttrykk likt nærmeste bebyggelse ved tomten. Da dette blir en ett-trinns tett vegg, bør kledningen sjekkes for løse kvister før den legges på.

5.5.3 Etasjeskiller

Element-tykkelse / antall sjikt	Dimensjoneringskriterium for spennvidde ¹⁾ (m)				
	Komfort- kriterium ved personlast ²⁾	Jevnt fordelt nyttelast, maksimal nedbøyning l/300			
		2,0 kN/m ²	2,0 ³⁾ kN/m ²	4,0 kN/m ²	4,0 ³⁾ kN/m ²
100/3	3,4	3,9	3,7	3,2	3,1
120/5	3,7	4,1	3,9	3,4	3,3
140/5	4,2	5,1	4,8	4,3	4,1
160/5	4,5	5,6	5,3	4,7	4,5
180/5	4,8	6,1	5,8	5,1	5,0
200/7	5,2	6,8	6,4	5,7	5,5
220/7	5,4	7,0	6,7	6,0	5,8
240/7	5,6	7,4	7,1	6,3	6,1

Tabell 7: Spennvidder for etasjeskillere i krysslågt massivtre. (SINTEF Byggforsk, 2009)

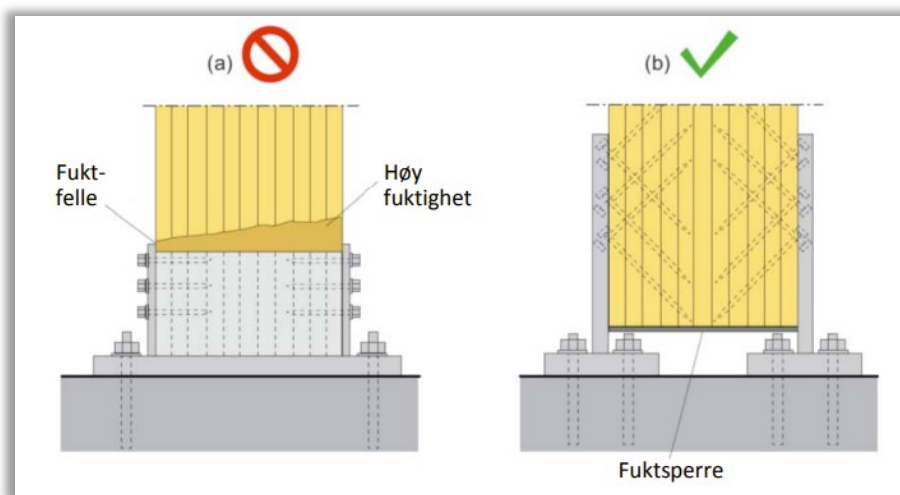
Da bjelkelaget har en lysåpning på 5 meter, velger gruppen å bruke 200mm tykke massivtreelementer med 7 sjikt som etasjeskiller, dette er for å komme innenfor komfortkriterium ved personlast. 200mm tykke etasjeskillere vil også gi god lydisolering mot underetasje hvor for eksempel garderobe kan være kilde til bråk. Tabell 6, egenvekt for massivtreelement, benyttes for å finne egenvekt til etasjeskilleren, slik at bjelkelaget dimensjoneres riktig. Etasjeskilleren i klubbhus legges på et bjelkelag av limtre. Mot ytterveggene legges etasjeskilleren på topp av ytterveggenes massivtreskive.

Elementene på tribune legges på tvers av lengderetningen. Dermed benyttes det 100mm tykke elementer med 3 sjikt. Dette plasserer elementet innenfor komfortkriterium ved personlast. At elementene er 100mm gjør at man sparer også en del penger i materialkostnad. Det er viktig at man får montert disse massivtreelementene på lik høyde som etasjeskilleren i klubbhusdel, slik at man får en trinnfri adkomst.

Ettersom det er utesko-fri sone mener gruppen at det ikke trengs noe annet gulv på etasjeskilleren og tribunens overflate. Dette betyr man må være nøye med sammenføyningene til massivtreelementene, slik at man ikke får problematikk med fukt og skitt, og en sprekk som kan være problematisk med tanke på universell utforming. For fremtidig vedlikehold av overflaten har massivtre ingen spesielle krav til vedlikeholdsarbeid, men ved overflatebehandling må diffusjonsåpne produkter benyttes. (Norsk Treteknisk Institutt, 2009)

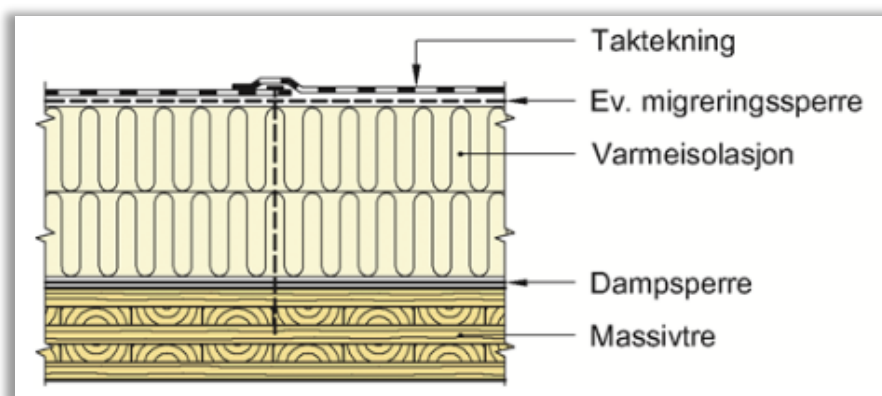
5.5.4 Takkonstruksjon

For takkonstruksjonen vil det bli benyttet åstak, en tradisjonell løsning ofte sett i eldre landbruks- og lagerbygg. Åsene er opplagt på bjelker støttet av søyler plassert mellom tennisbanene. Denne type konstruksjon sørger for god global stabilitet og avstivning. I dette tilfellet vil det bli benyttet limtrebjelker for åser. Midtsøylene som bærer takkonstruksjonen, må dimensjoneres med firesidig brannpåvirkning.



Figur 6: Brakett for montering av søyle (Norske Limtreprodusenters Forening, 2015)

For montering av søyler brukes illustrasjon (b). Denne løsningen har en brakett med skråstilte, selvboerende skruer. Søylene er løftet opp fra underlaget for å sikre god ventilasjon. Det monteres også fuktsperre på endeveden for å unngå problematikk med fordampning av fukt.



Figur 7: Eksempel på rettventdt tak med bærekonstruksjon av tre. (SINTEF Byggforsk, 2018)

Illustrasjonen i Figur 7 viser oppbyggingen på taket som velges. Denne metoden benyttes da den er enkel og rask å bygge. Byggetiden vil dermed forkortes, samtidig som man får en fuktsikker konstruksjon med et kontinuerlig isolasjonssjikt. Det er viktig at dampsperrer blir teipet, slik at man oppnår en damptett konstruksjon. Dette er hvor det jukses oftest på flate tak. Da dette ikke er et flatt tak blir problemer med vannansamling under bygging, som man ofte har, ikke noe særlig problem.

Horisontale spenn ved snølast 4,5 kN Takvinkel 15-38 grader		
Dekketykkelse	95mm	4 m
	120mm	4,75 m
	145mm	5,4 m
	170mm	6,15 m
	195mm	6,75 m

Tabell 8: Massivtreelement for tak. (NorskMassivtre, 2023)

Grunnet avstand mellom takåser benyttes det en dekketykkelse på 145mm. Dette gir en komfortabel spennlengde innenfor hva som behøves for byggets konstruksjon da det er 5 meter lysåpning mellom åsene. Taket har en vinkel på 15,957 grader og er dermed innenfor takvinkelkravet gitt i Tabell 8.

Det monteres også 8 stykk akrylkupler for røykventilering i taket. Disse har et areal på 2,88 kvm og monteres etter veiledning. Akrylkuplene, i tillegg til røykventilering, vil også bidra med å gi belysning inn i hallen og kan spesielt om sommerstid brukes for å hjelpe med den termiske balansen ved lufting. For å unngå blendingsproblematikk skal glasset i kuplene være frostet. I tillegg skal plasseringen av kuplene ikke være rett over spilleflaten, men ut mot sidelinjene.

5.5.5 Vinduer og glassrekkverk

I vinduer og glassrekkverk må det benyttes herdet og laminert glass. Dette er spesielt viktig på steder hvor det er fare for fall fra høyde, men også steder man kan få vinduet over seg. Ettersom vinduer i dette bygget har store størrelser, må laminert og herdet glass brukes for alle vinduer i både 1. og 2. etasje, ekskludert vinduer fra vaktrom. Røykventilasjonsvinduene skal utføres med frostet glass for å hindre blendingsproblematikk. Her er det spesielt viktig at det benyttes herdet og laminert glass, ettersom man ikke kan oppdage eventuelle defekter vinduene får.

5.6 Universell utforming

Bygget skal være universelt utformet etter krav i TEK17 kapittel 12. Kapitlet gir en veiledning på ulike bestemmelser som stilles for at et bygg skal være universelt utformet. Et nybygg som krever tiltak for å gjøres universell utformet etter byggeslutt viser til dårlig prosjektering. Det bør derfor bli prosjektert godt allerede i designfasen. Tidlig og god prosjektering vil også sørge for bærekraftige løsninger. Hovedmålet for universell utforming er at alle skal ha likestilte muligheter til å benytte bygget. Dette inkluderer alle med mindre og større funksjonsnedsettelse som har tenkt å benytte tennishallen som utøver, og som besøkende. Hovedgruppene under universell utforming er: Nedsatt bevegelse, nedsatt syn, nedsatt hørsel, nedsatte kognitive ferdigheter og overfølsomhet for materialer.

For å sørge for god universell utforming brukes veileder fra Regjeringen om universell utforming av idretts- og nærmiljøanlegg. (Kulturdepartementet, 2012)

5.6.1 Nedsatt bevegelse

På grunn av brannkrav blir dører i bygget tunge. Dette kan være en utfordring, spesielt for brukere med nedsatt bevegelsesevne. Det er derfor nødvendig med automatisk døråpner på enkelte dører. De dørene det gjelder er ytterdør, dører fra entré inn i klubbdel, garderobe, idrettsdel og handicaptaoletter. Totalt 13 dører blir utstyrt med automatisk døråpner.

Funksjonelle løsninger:

- Reserverte parkeringsplasser nær inngang
- Fast dekke ute
- Plass og manøvreringsareal for rullestolsbrukere
- Slake, trinnfrie stigninger
- Heis mellom alle etasjer
- Utstyr, innredning og betjeningspanel tilrettelagt for sittende håndtering
- God belysning

Figur 8: Funksjonelle løsninger for brukere og besøkende med nedsatt bevegelse. (Kulturdepartementet, 2012)

5.6.2 Nedsatt hørsel

For hørselshemmede er akustikk i bygget svært viktig. Det settes ingen spesifikke krav, men det vises til NS 8175 og lydklasse C. (SINTEF Byggforsk, 2012)

Funksjonelle løsninger:

- God visuell informasjon, skilting og merking
- Gode akustiske forhold
- Liten/begrenset bakgrunnsstøy
- Teleslynge ved skranker, i møtelokaler og aktivitetsrom
- Høytaleranlegg med innstillingsmuligheter for tydelig tale
- God belysning
- Visuell brannvarsling i alle rom

Figur 9: Funksjonelle løsninger for brukere og besøkende med nedsatt hørsel. (Kulturdepartementet, 2012)

5.6.3 Nedsatt syn

Funksjonelle løsninger:

- Omgivelser som er enkelt, logisk og konsekvent utformet
- God belysning som ikke gir blending
- Bruk av kunstige og naturlige ledelinjer
- Bruk av taktil og visuell merking med god kontrast av eksempelvis trapper, rekkverk, søyler, dører
- Merking av glassflater
- Skilt med god belysning, stor nok bokstavsstørrelse og god kontrast tekst/ bakgrunn
- Opphevet, stor skrift som er lett følbart, punkt-skrift, taktile piktogrammer

Figur 10: Funksjonelle løsninger for brukere og besøkende med nedsatt syn. (Kulturdepartementet, 2012)

5.6.4 Nedsatte kognitive ferdigheter

Funksjonelle løsninger:

- Logisk bygningsutforming
- Konsekvent og konsistent informasjon, tydelig og framtreddende
- Gjenkjennbar og logisk merking/skilting
- Få eller ingen forstyrrende elementer

Figur 11: Funksjonelle løsninger for brukere og besøkende med nedsatte kognitive ferdigheter. (Kulturdepartementet, 2012)

5.6.5 Overfølsomhet for materialer og forurensinger i luft

Funksjonelle løsninger:

- Begrenset/ingen forurensning fra omkringliggende veier og virksomheter.
- Produkter og materiell med maling/lakk/lim og holdbarhetsstoffer som gir liten avgassing.
- Allergivennlige trær og planter i samsvar med Norges Astma- og Allergiforbunds anbefalinger.
- Sikkerhet mot fuktskader på bygningen, for å hindre mikrobiologisk vekst (sopp, mugg og bakterier), midd og økte emisjoner fra bygningsmaterialer.
- Flater som er enkle å renholde, og bruk av rengjøringsmidler som er allergivennlige og ikke gir økt emisjon fra bygningsmaterialer og inventar.
- Lokaler med luftmengde og – kvalitet som er dimensjonert for antall deltakere og aktivitetstype.
- Ventilasjons- og varmeanlegg, med rutinemessig ettersyn og vedlikehold.
- Dyrefrie fellesområder og soner (ikke dyreutstillinger).

Figur 12: Funksjonelle løsninger for brukere og besøkende med overfølsomhet for materialer og forurensinger i luft. (Kulturdepartementet, 2012)

5.7 Dimensjonering av bæresystem

Dimensjonering av bæresystemet for tennishallen utføres ved hjelp av FEM-programmet Focus Konstruksjon. Programmet tilbyr en rekke fordeler, blant annet at det analyserer modellen i henhold til eurokoder og nasjonale tillegg. Dette sikrer at eventuelle overskridelser av standardiserte grenser for nedbøyning eller kapasitetsutnyttelse blir identifisert og rapportert.

Focus Konstruksjon bruker standardiserte dimensjoner for massivtre- og limtreelementer. I enkelte tilfeller vil det være nødvendig å benytte større dimensjoner enn de som er tilgjengelige i programmet. For eksempel tilbyr Focus Konstruksjon en maksimal dimensjon på 140 x 633

mm, mens dette prosjektet krever en dimensjon på 215 x 800 mm. Etter samtale med Joakim Dørum ble det informert om at de benytter dimensjoner opp til 215 x 1710 mm og med spenn på opptil 50 meter. (Joakim Dørum, personlig kommunikasjon, 24. april 2023. Se vedlegg G) Det ble besluttet at en bredde på opptil 215 mm var nødvendig i noen tilfeller, mens høyden kunne tilpasses etter prosjektets krav og behov. Dette valget gjør det mulig å dimensjonere bæresystemet på en tilfredsstillende måte og sikre en robust og effektiv konstruksjon av tennishallen.

5.7.1 Statisk system

Det statiske systemet skal beregnes som om det er fullstendig innspent i alle ledd. Det er tatt hensyn til at bjelkene og søylene skal kunne overføre krefter mellom seg og dermed opptre som et statisk system. Taket skal ikke fungere som bærende elementer for krefter generert av egenlast, vind- og snølast. Dermed vil takskivene opptre som egen kraft på taksystemet, og disse kreftene er dimensjonert i henhold til det statiske systemet. Nyttelast og egenlast fra etasjeskiller vil være påført bjelkelaget.

Kapasitetskontroll gjennomføres ved hjelp av en ikke-lineær analyse. Dette vil omfatte analyser av bjelker, søyler og skillevegger.

Kapasitetskontroll blir sjekket ved bruk av NS-EN 1995-1-1 (Norsk Standard, 2009): Kapittel 6- Bruddgrensetilstander. Her vil alle krefter som moment-, skjær- og aksialkraft være sjekket ved hjelp av en ikke-lineær analyse. Dette vil omfatte analyser av bjelker, søyler og skillevegger.

Nedbøyningskontroll blir sjekket ved bruk av NS-EN 1995-1-1 (Norsk Standard, 2009): Nasjonalt tillegg NA.7.2 - Grenseverdier for nedbøyninger i bjelker. Focus Konstruksjon vil kunne informere om hva som er forskyvningen om y-aksen, og den vil være manuelt kontrollert ved hjelp av nasjonalt tillegg.

Dersom systemet ble analysert ved hjelp av en lineær analyse, ville ingen deformasjon bli tillatt. Selv om dette kan virke som den mest naturlige tilnærmingen for analyse av et statisk system, ville det ikke gi en realistisk framstilling av strukturens bevegelser når den utsettes for samtidig påvirkning av alle krefter som virker på systemet.

5.7.2 Laster på konstruksjonen

Permanente laster på bygningen er egenvekten til materialene som er brukt. Lastene som oppstår på grunn av bjelker og søyler trenger man ikke å beregne på selv, da Focus Konstruksjon tar dette med i betraktningen når den utfører analysen.

Laster fra takelement og etasjeskiller må påføres manuelt. Focus konstruksjon har begrenset kunnskap om hvordan slike elementer opptrer i samsvar med bjelker og søyler i det statiske systemet, dermed blir de permanente lastene som følger:

- Egenlast fra tak er 0.725 kN/m^2 .
- Egenlast fra etasjeskiller er 0.5 kn/m^2

Lastene er hentet fra Treteknisk Institutt: Hefte 3 – Dimensjonering (Norsk Treteknisk Institutt, 2006)

Variable laster påføres i samsvar med gitte verdier og fra integrert bibliotek i Focus Konstruksjon.

- Snølast er dimensjonert etter NS-EN 1991-1-3 (Norsk Standard, 2003): Allmenne laster – Snølaster. Karakteristisk snølast for Levanger kommune er gitt ved Tabell NA.4.1.(901) – Karakteristisk snølast på mark for kommuner og Svalbard. Den karakteristiske snølasten i Levanger kommune er 3.5 kN/m^2

Kommune	$S_{k,0}$ (kN/m ²)	H _g (m)	Δs_k (kN/m ²)	$S_{k,maks}$ (kN/m ²)
Levanger	3.5	150	1.0	-

Tabell 9: Tabell NA.4.1(901) Karakteristisk snølast på mark for kommuner og Svalbard. Karakteristisk snølast for Levanger kommune. (Norsk Standard, 2003)

Focus Konstruksjon har denne lasten lagret på et integrert bibliotek, så den blir påført automatisk når det er bedt om det.

- Vindlast er dimensjoner etter NS-EN 1991-1-4: Allmenne laster – Vindlaster. Karakteristisk vindlast for Levanger kommuner er gitt ved tabell NA.4(901.1) – Referansevindhastighet $v_{b,0}$ for kommunene. Den karakteristiske vindlasten i Levanger kommune er 26 m/s . (Norsk Standard, 2005)

Kommune	$V_{b,0}$ (m/s)	Fylke
Levanger	26	Nord-Trøndelag

Tabell 10: Tabell NA.4(901.1) - Referansevindhastighet $v_{b,0}$ for kommunene. Referansevindhastighet for Levanger kommune. (Norsk Standard, 2005)

Focus Konstruksjon har også denne lasten lagret på et integrert bibliotek, så den blir påført automatisk nå det er bedt om det. For påføring av lasten tar Focus konstruksjon for seg kapittel 7.2.2 – Vertikale vegger på rektangulære bygninger og kapittel 7.2.5 – sal- og traetak. (Norsk Standard, 2003)

- Nyttelaster er dimensjonert etter NS-EN 1991-1-1 kapittel 6. Tabell 6.1 – Brukskategorier angir hvilken kategori bygget er i. (Norsk Standard, 2019)

Kategori	Spesifikk bruk	Eksempel
A	Arealer for inneaktiviteter og hjemmeaktiviteter	Rom i boligbygg og hus; sengerom og behandlingsrom i sykehus; soverom i hoteller og gjestgiverier; kjøkken og toaletter.
B	Kontorarealer	
C	Arealer der personer kan samles (med unntak av arealer som er definert i kategori A, B og D ¹⁾)	<p>C1: Arealer med bord osv., f.eks. i skoler, kafeer, restauranter, spisesaler, leserom, resepsjoner osv.</p> <p>C2: Arealer med faste seter, f.eks. arealer i kirker, teatre eller kinosaler, konferanserom, forelesningssaler, forsamlingsaler, venterom medregnet forhall på jernbanestasjoner osv.</p> <p>C3: Arealer uten hindringer for personer i bevegelse, f.eks. arealer i museer, utstillingsrom osv., og ankomstområder i offentlige bygg og administrasjonsbygg, hoteller, sykehus, jernbanestasjonshaller.</p> <p>C4: Arealer med mulighet for fysiske aktiviteter, f.eks. dansesaler, gymnastikkrom, scener osv.</p> <p>C5: Arealer som lett overfylles, f.eks. i bygg for offentlig bruk, som konsertsaler, idrettshaller medregnet tribuner og atkomstområder og jernbaneperronger.</p>
D	Forretningsarealer	<p>D1: Arealer i vanlig detaljhandel.</p> <p>D2: Arealer i varehus.</p>
<p>¹⁾ Det gjøres oppmerksom på 6.3.1.1(2), særlig for C4 og C5. Se NS-EN 1990 når det må tas hensyn til dynamiske effekter. For kategori E, se tabell 6.3.</p>		
<p>MERKNAD 1 Oppdragsgiver og/eller det nasjonale tillegget kan fastsette at arealer som normalt kan settes i kategori C2, C3, C4, avhengig av bruk, kan settes i kategori C5.</p>		
<p>MERKNAD 2 Underkategorier til A, B, C1 til C5, D1 og D2 kan gis i det nasjonale tillegget.</p>		
<p>MERKNAD 3 Se 6.3.2 for lagrings- eller industrivirksomhet.</p>		

Tabell 11: Brukskategorier. (Norsk Standard, 2019)

Tennishallen anses som kategori C5: Arealer som lett overfylles

Kategorier for belastede områder	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategori A		
– Gulv	1,5 til <u>2,0</u>	<u>2,0</u> til 3,0
– Trapper	<u>2,0</u> til 4,0	<u>2,0</u> til 4,0
– Balkonger	<u>2,5</u> til 4,0	<u>2,0</u> til 3,0
Kategori B	2,0 til <u>3,0</u>	1,5 til <u>4,5</u>
Kategori C		
– C1	2,0 til <u>3,0</u>	3,0 til <u>4,0</u>
– C2	3,0 til <u>4,0</u>	2,5 til 7,0 (<u>4,0</u>)
– C3	3,0 til <u>5,0</u>	<u>4,0</u> til 7,0
– C4	4,5 til <u>5,0</u>	3,5 til <u>7,0</u>
– C5	<u>5,0</u> til 7,5	3,5 til <u>4,5</u>
Kategori D		
– D1	<u>4,0</u> til 5,0	3,5 til 7,0 (<u>4,0</u>)
– D2	4,0 til <u>5,0</u>	3,5 til <u>7,0</u>

Tabell 12: Tabell 6.2 - Nyttelast på gulv, balkonger og trapper i bygninger. (Norsk Standard, 2019)

Punkt 6.3.1.2(1) bemerker at verdier i Tabell 6.2 skal være understreket i vanlige scenarioer, dermed er en nyttelast $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ brukt i dette prosjektet.

5.7.3 Kontroll av nedbøyning

Nedbøyning vil være kontrollert etter Tabell NA.7.2 – Eksempler på grenseverdier for nedbøyninger av bjelker i NS-EN 1995-1-1. (Norsk Standard, 2009)

	W_{inst}	$W_{net,fin}$	W_{fin}
Bjelke på to opplegg	$l/300$ til $l/500$	$l/250$ til $l/350$	$l/150$ til $l/300$
Utkragede bjelker	$l/150$ til $l/250$	$l/125$ til $l/175$	$l/75$ til $l/150$

Tabell 13: Tabell NA.7.2 - Eksemplet på grenseverdier for nedbøyninger av bjelker. (Norsk Standard, 2009)

Tabellen tilsier at tillat nedbøyning skal ikke være mer enn $L/250$.

Maksimal nedbøyning i snitt opptrer i en av åsene som opplever den største lastpåvirkningen.

5.8 Branntekniske løsninger

Idrettsbygget er i risikoklasse 5 og brannklasse 2. Med dette følger en rekke branntekniske krav en må forholde seg til ved prosjektering av bygget. Bygg i risikoklasse 5 skal ha brannslange så lenge det er tilgang på trykkvann. (Direktoratet for byggkvalitet, 2023) Det plasseres derfor 2 brannslanger inne i selve tennisarenaen, og 2 brannslanger både i 1. og 2. etasje av klubbhus. Fra brann og risikoklasse gjelder følgende krav for bygningsdeler:

Bygningsdel	Brannmotstand	Integritet	Isolasjon
Bærende hovedsystem	R 60	E 60	I 60
Sekundære, bærende bygningsdeler og takkonstruksjoner som ikke er en del av hovedbæresystem eller stabiliserende	R 60	E 60	I 60
Trappeløp	R 30	E 30	I 30
Utvendig trappeløp beskyttet mot flammepåvirkning og strålevarme	R 30 eller A2-s1, d0	E 30	I 30

Tabell 14: Viser krav til brannmotstand for tennishallen. Kravene er hentet fra TEK-17 (Direktoratet for byggkvalitet, 2023).

For bærende søyler i aktivitetsdel må det dimensjoneres med firesidig brannpåvirkning. Dette er så de skal kunne være bærende under hele rømningstiden. Dette gjelder kun søylene som er totalt eksponerte og gjeldene for hovedbæresystemet, altså de som bærer mønebjelken i aktivitetsdel. Bredden som er nødvendig å legge til finner man ved:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 * d_0$$

$$d_{char,n} = \beta_n * t, \beta_n$$

$$k_0 = 1, \text{ ved } t > 20 \text{ minutter}$$

$$d_0 = 7mm$$

$$t = R 60 = 60min$$

$$\beta_n = 0,7 \frac{mm}{min}, \text{ for limtre}$$

Økning i dimensjon på bærende søyler i aktivitetsdel blir:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_n * d_0$$

$$d_{char,n} = \beta_n * t$$

$$d_{ef} = \frac{0,7mm}{min} * 60min + 1 * 7mm = 49mm$$

Dimensjonerte bxh på bærende søyler = 300x300mm

$$bredde_{ny} = 300 + 2 * 49 = 398mm$$

$$høyde_{ny} = 300 + 2 * 49 = 398mm$$

Dimensjon med firesidig brannpåvirkning = 398x398mm

5.8.1 Rømningsvei og nødutgang

Det tas utgangspunkt i et personantall på 250 personer ved dimensjonering av antall nødutganger og rømningsveier i hallen. (Aas, Teamsmøte, 2023) For et bygg i risikoklasse 5 er det krav om maksimal avstand til nærmeste nødutgang fra hvilket som helst sted i en branncelle på 30 meter. (SINTEF Byggforsk, 2016) Videre skal alle rømningsveier ha et ledesystem med skilt, ledelys og linjemerking etter beskrivelser i byggforskblad 321.038. Samtlige rømningsveier i hallen har fri bredde på minimum 1,5 meter, etter kravet ved universell utforming. Dørene i rømningsveiene skal slå utover i rømningsretning, og har krav om fri bredde på minimum 1,2 meter. (SINTEF

Byggforsk, 2016) Det er viktig at soner og veier på utsiden av bygget forbundet med nødutganger blir brøytet på vinterstid, slik at snø ikke blokkerer for åpning av nødutgangene.

5.8.2 Røykventilasjon

Det er tatt utgangspunkt i at brannenergien i idrettshallen ligger et sted mellom 50 – 400 MJ/m². Dersom man har røykventilasjon eller sprinkleranlegg ved dette energiintervallet er det ikke nødvendig med seksjoneringsvegg mellom tennisbaner og klubbhus (se Tabell 15).

Spesifikk brannenergi MJ/m ²	Største bruttoareal i m ² pr. etasje uten seksjonering			
	Normalt	Med brannalarmanlegg	Med sprinkleranlegg	Med røykventilasjon
Over 400	800	1200	5000	Uegnet
50-400	1200	1800	10 000	4000
Under 50	1800	2700	Ubegrenset	10 000

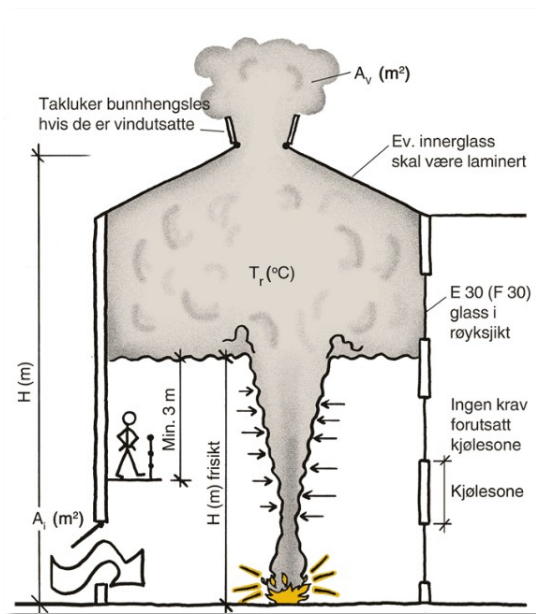
Tabell 15: Tillatt bruttoareal uten seksjonering fra TEK-17. (Direktoratet for byggkvalitet (TEK17), 2021)

Ettersom arealene i anlegget ikke overskrider 4000 m², blir veggen prosjektert som en branncellevegg med krav om REI60. (SINTEF Byggforsk, 2021) Termisk røykventilasjon installeres i form av akrylkupler i taket i idrettsdelen, og klubbhusdelen prosjekteres med sprinkleranlegg i taket både i 1. og 2. etasje. Antall kupler til ventilering bestemmes ut fra nødvendig åpningsareal (A_v) fra Tabell 16 under.

Høyde H (m)	Røykfri sone h (m)	Nødvendig åpningsareal (A_v)										
		Brannareal A_b (m^2)										
		1	3	5	10	15	25	40	60	90		
4	3	3	5	6	8	10	13	17	22	28		
	2	1	2	2	3	4	6	8	10	13		
5	4	6	8	10	13	16	20	26	32	40		
	2	2	3	4	6	7	9	12	16	20		
6	5	9	13	15	20	23	29	36	44	54		
	4	4	6	7	9	11	14	18	23	26		
	3	2	3	4	5	6	8	10	13	16		
7	5	6	9	11	14	17	21	26	31	38		
	4	3	5	6	8	9	12	15	18	23		
	3	2	2	3	4	5	7	9	11	14		
8	6	9	13	15	20	23	28	34	41	50		
	5	5	7	9	11	13	17	21	25	31		
	4	3	4	5	7	8	10	13	16	20		
	3	1	2	3	4	5	6	8	10	13		
9	7	13	18	21	26	30	37	45	53	64		
	6	7	11	13	16	19	23	28	34	41		
	5	4	6	8	10	12	15	18	22	27		
	4	3	4	4	6	7	9	12	14	18		
	3	1	2	2	3	4	5	7	9	11		
10	7	10	4	17	22	25	30	37	43	52		
	6	6	9	11	14	16	20	24	29	36		
	5	4	6	7	9	10	13	16	20	24		
	4	2	3	4	5	7	8	11	13	16		
	3	1	2	2	3	4	5	7	8	11		
12	9	18	24	28	35	41	48	58	67	80		
	8	17	17	19	24	28	34	40	47	56		
	7	8	11	13	17	19	23	28	34	40		
	6	5	7	9	11	13	16	20	24	29		
	5	3	5	6	7	9	11	14	17	21		
	3	1	2	2	3	3	4	6	7	9		

Tabell 16: Nødvendig åpningsareal som funksjon av brannflate, lokalets høyde og ønsket høyde på røykfri sone. (Røykventilasjon temaveiledning, 2000)

H er her 10 m, som er høyde fra gulv og opp til senter av kuplene. Brannareal bestemmes ut fra tabell 8-2 i temaveiledning HO 3/2000. Tabellen gir et brannareal på $8m^2$ etter 5 minutter, som antas å være betydelig mer enn nødvendig rømningstid fra hallen. Antagelsen er basert på simuleringer gjort i en masteroppgave publisert på gode idrettsanlegg sine sider. Masteroppgaven er skrevet av Anne Kristine Berger, og omhandler brannsikkerhet i idrettshaller. (Berger, 2018) Simuleringene viste at nødvendig rømningstid lå på omtrent 3 minutter med 50 personer på tribune og 550 personer på aktivitetsflaten. Det vil derfor være rimelig å anta at nødvendig rømningstid for en tennishall med 250 personer vil ligge under 3 minutter.



Figur 13: illustrasjon av røykventilasjon for store haller (SINTEF Byggforsk, 2006)

Røykfri sone må være på minimum 3 meter. (SINTEF Byggforsk, 2006) Her er det viktig å tenke på at tribunen er rømningsvei, slik at 3 meter regnes fra tribunens høyde (se Figur 13). Røykfri sone blir dermed 7 meter fra gulvflaten i tennishallen, og A_v leses fra tabellen som $22m^2$. Dette arealet svarer til 8 kupler av typen akryl overlys fra Everlite på $1,2 \cdot 2,4 [m]$. (Everlite, 2023)

5.9 Belysning

Belysningen på spilleflatene skal følge kravene som gis av klasse 2 i EN standard 12193 for tennishelysning. Denne klassen gjør banene skikket til konkurranse på mellomnivå som eksempelvis regionale eller lokale klubbturneringer. Trening på høyt nivå faller også inn under denne klassen. (Norsk Standard, 2019)

Indoor ^a		Reference area		Number of grid points		
		Length m	Width m	Length	Width	
Tennis	TA	36	18	13	7	
	PA	30	15	15	7	
Padel ^c		PA	20	10	13	7
Class	Horizontal illuminance PA		Horizontal illuminance TA		R_G ^b	R_a
	$E_{hor Ave}$ lx	U^2_{hor}	$E_{hor Ave}$ lx	U^2_{hor}		
I	750	0,70	75 % PA	75 % PA	35	80
II	500	0,70	75 % PA	75 % PA	40	60
III	300	0,50	75 % PA	75 % PA	40	60

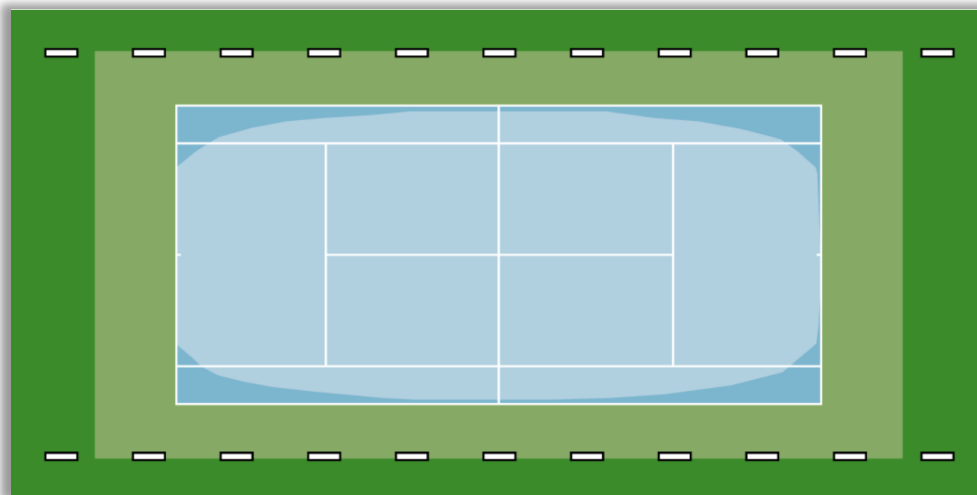
^a No luminaires should be positioned in that part of the ceiling which is directly above the area limited by the marked area extended to 3 m behind the base lines.

^b R_G only applies for mounting heights above 10 m.

^c A safety zone around both entrances of width 2 m, height 4 m and extending 4 m from the centre to both sides is to be kept clear of any obstacles.

Figur 14: Krav til belysning. (Norsk Standard, 2019)

Foruten akrylkuplene i taket nevnt tidligere, benyttes lyskasterer for å sikre tilfredsstillende belysning i hallen. For å minske sjansen for å bli blendet bør lyskasterne monteres utenfor banene. Disse bør skråstilles og monteres parallelt med sidelinjene på langsiden av banene. (Norges Tennisforbund, u.d.)



Figur 15: Illustrasjonsbilde for plassering av lyskasterer. (Fagerhult, 2023)

Fagerhults Excis LED eller tilsvarende kan benyttes som lyskasterer. Disse er utviklet for bruk i idrettshaller, og klassifisert som ballsikre. (Fagerhult, 2023) 20 stk. monteres på wire, 7 meter over spilleflaten, med armaturene vinklet 15° inn mot midten. Horisontal avstand fra spilleflaten er 2 meter utenfor sidelinjen og 3 meter bak grunnlinjen. Dette vil gi en gjennomsnittlig belysning på 501 lux på spilleflate inkludert omgivende flate. Ved denne løsningen vil kravene fra NS-EN 12193 til jevnhet og blending også være oppfylt. (Fagerhult, 2023)

5.10 Akustikk

I en tennishall er det spesielt viktig å tenke på etterklangstid. Tennis som aktivitet skaper mye lyd ved serve og vekslinger, samt fra utøvernes stemmer. Er etterklangstiden for lang går denne lyden fort over til å bli støy, og oppfattelse av tale kan bli vanskelig. Standarden NS8175:2019 Tabell 17 viser øvre grenseverdi for etterklangstid og minimum midlere lydabsorpsjonsfaktor. h er gjennomsnittlig romhøyde på 9,05m i dette tilfellet.

Tennishallen dimensjoneres etter klasse C i NS 8175:2019. Standarden spesifiserer; Klasse C: Tilsvarende tilfredsstillende lydforhold for en stor andel av berørte personer. (Norsk Standard, 2019)

Type brukerområde/ type grenseverdi	Måle- størrelse	Enhet	Klasse A ^b	Klasse B ^b	Klasse C ^b	Klasse D
Midlere lydabsorpsjons- faktor i idretts- og svømmehall	$\bar{\alpha} \geq$	-	0,30	0,25	0,20	0,15
Høyeste etterklangstid i idretts- og svømmehall ^a relatert til hallens høyde	$T_h \leq^d$	s	$0,13 \times h$	$0,16 \times h$	$0,20 \times h$	$0,27 \times h$
Lydnivå i idretts- og svømmehall fra tekniske installasjoner i samme bygning eller i en annen bygning ^c	$L_{p,A,T} \leq$	dB	25	30	35	40
	$L_{p,AF,max} \leq$	dB	27	32	37	42
<p>a I store idretts- og svømmehaller er øvre grense for etterklangstiden $T = 3,0$ s.</p> <p>b Lydoverføringsutstyr skal sikre god taleforståelighet ved informasjonsformidling, kommunikasjon og varsling som gitt i 6.5 og i fotnote ^a i Tabell 33.</p> <p>c Støy fra avrenning fra svømmebasseng skal vurderes.</p>						

Tabell 17: Lydklasser for idrettsbygninger – Romakustikk og innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner. (Norsk Standard, 2019)

Det tas utgangspunkt i lydklasse C i utregningen av grenseverdiene. Det gir et minstekrav for midlere absorpsjonsfaktor på 0,20 og en øvre grense på 1,81 sekunder for etterklangstiden. For å holde seg innenfor kravet for etterklangstid brukes følgende lydabsorbenter;

Type absorberent	Leverandør	Plassering i bygget
Lydgardiner	Gerriets, eller tilsvarende	Vegger, nedre del
Spaltepanel		Øvre del av vegger og himling
Himlingsplate	Glava echophon Focus eller tilsv.	

Tabell 18: Lydabsorbenttyper benyttet i idrettsdel

Spaltepanelet lages på stedet ved å først kle vegg- og takisolasjonen inn med lydgardiner før panel med bredde på 50 mm festes med et mellomrom på 20 mm. Lydgardiner plasseres på veggene langs kortsidene av banene. Gardinene som henger under tribunen fungerer også som adskiller mellom personer som allerede er på en bane, og personer som er på vei til en bane for å spille. Dette er viktig for å unngå forstyrrelser fra inn- og utfart for de som spiller.

Tabell 19 viser utregning av hallens etterklangstid og midlere absorpsjonsfaktorer for de ulike frekvensene ifra 125 – 4000 Hz. Absorpsjonsfaktorene for de ulike absorberentene, med unntak av gulv og fritthengende gardin, er hentet fra kunnskapsbanken til NAV under tema om romakustikk og etterklang. (NAV Kunnskapsbanken, 2018) For gulv og fritthengende gardin benyttes henholdsvis 0,2 og 0,85 som absorpsjonsfaktorer for samtlige frekvenser.

Gulvet er et gummiportsdekke, som antas å ha en absorpsjonsfaktor på 0,2. Denne antakelsen er basert på at gummiportsdekke vil ha en bedre absorpsjonsfaktor enn parkett, som har verdier som ligger mellom 0,2 (125 Hz) og 0,05 (2000 Hz). (NAV Kunnskapsbanken, 2018) For fritthengende gardiner brukes A_w verdien oppgitt fra produsenten Gerriets på 0,85. (Gerriets, u.d.) A_w er veid lydabsorpsjonsfaktor, og vil derfor ikke gi en eksakt verdi for alle frekvensene. (SINTEF Byggforsk, 2018) Verdien er likevel brukt da produsent ikke oppgir verdier for ulike frekvenser.

Overflate	Areal [m ²]	Type absorpent	125 Hz		250 Hz		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz	
			α	A	α	A	α	A	α	A	α	A	α	A
Gulv, gummibelegg	2402		0,2	480,4	0,2	480,4	0,2	480,4	0,2	480,4	0,2	480,4	0,2	480,4
Gavlvegg Nord, øvre del	219	Spaltepanel	0,6	131,4	0,8	175,2	0,45	98,55	0,2	43,8	0,13	28,47	0,1	21,9
Gavlvegg Nord, nedre del	138	Gardin inntil vegg	0,05	6,9	0,07	9,66	0,15	20,7	0,22	30,36	0,32	44,16	0,35	48,3
Gavlvegg mot klubbhus	293	Spaltepanel	0,6	175,8	0,8	234,4	0,45	131,9	0,2	58,6	0,13	38,09	0,1	29,3
Vegg langs side m. tribune øvre del	153	Spaltepanel	0,6	91,8	0,8	122,4	0,45	68,85	0,2	30,6	0,13	19,89	0,1	15,3
Vegg langs side m. tribune nedre del	213	Gardin, fritthengende [Aw]	0,85	181,05	0,85	181,1	0,85	181,1	0,85	181,1	0,85	181,1	0,85	181,05
Vegg langs side u. tribune ned	206	Gardin inntil vegg	0,05	10,3	0,07	14,42	0,15	30,9	0,22	45,32	0,32	65,92	0,35	72,1
Vegg langs side u. tribune opp	171	Spaltepanel	0,6	102,6	0,8	136,8	0,45	76,95	0,2	34,2	0,13	22,23	0,1	17,1
Takflate innvendig	1337	Spaltepanel	0,6	802,2	0,8	1070	0,45	601,7	0,2	267,4	0,13	173,8	0,1	133,7
Takflate innvendig	1000	Himlingsplate	0,05	50	0,25	250	0,65	650	0,93	930	0,95	950	0,97	970
Sum/middelverdi for hele rommet	6132		0,3314	2032,5	0,4361	2674	0,3818	2341	0,3427	2102	0,3268	2004	0,32113	1969,2
Volum tennishall [m ³]	22082	Etterklangstid [s]	1,77		1,35		1,54		1,71		1,80		1,83	

Tabell 19: Beregning av etterklangstid

Ut fra Tabell 19 kan man se at etterklangstiden i samtlige frekvenser med unntak av 4000 Hz er under grenseverdien på 1,81 sekunder. Når grenseverdiene for middelverdi (0,2) er tilfredstilt tillates imidlertid et avvik på 20 % i frekvensene fra 2000-4000 Hz. (Norsk Standard, 2019) Dermed vil en verdi på 1,83 sekunder vil være godt innenfor denne marginen.

Følgende formler er hentet fra Byggforskserien (SINTEF byggforsk, 2018) og benyttet til utregningene:

$$\text{Sabines formel, } T(s) = 0,163 \cdot \frac{V}{A}, \text{ hvor } V = \text{romvolum og } A = \text{absorpsjonsareal}$$

$$\text{midlere absorpsjonsfaktor, } \alpha_{\text{middel}} = \frac{\Sigma(\alpha_{\text{flate}} \cdot S_{\text{flate}})}{S_{\text{total}}}, \text{ hvor } S \text{ er areal}$$

5.11 Energiberegninger

Da tennishallen skal følge passivhusstandarden NS 3701 kreves det mer av bygningskropp for å minimere varmetap sett i forhold til hva som anbefales av TEK17. Å bygge etter passivhusstandarden vil gi lavere oppvarming- og kjølekostnader. Da idrettsdelen av tennishallen skal ha relativt lav innetemperatur er det viktig at man har lave u-verdier og lave kuldebroverdier, også for å minske energitapet ved kjøling og høye utetemperaturer.

Videre blir det kalkulert u-verdier for de viktigste bygningsdelene, tak, vegg og gulv. Etter krav blir det benyttet vinduer og dører med u-verdi = $0,8 \left[\frac{W}{m^2} * K \right]$. Det viktigste som blir gjort i beregningene er å finne ut hvor tykke isolasjonsmengder som behøves. For tak- og gulvkonstruksjon brukes Simien for å bestemme u-verdier. Dette er for å kunne minimere isolasjonsmengder i disse bygningsdelene for å spare på kostnad, og samtidig være innenfor kravet i NS3701 for varmetapstall. Samtidig som isolasjonsmengden minimeres, er bygningen fortsatt nødt til å holde maksimalkravene for kjølebehov og netto energibehov. Dette kalkulerer Simien slik at man overholder standarden til alle tider.

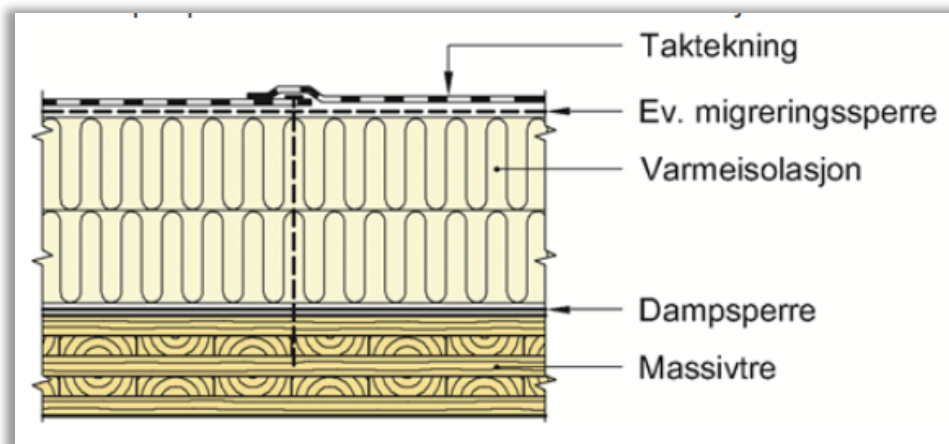
Det blir ikke beregnet kuldebroverdier da gruppen antar at bygningens oppbygning gir minimale kuldebroer utover vinduer og dører, og overgang ringmur-yttervegg. Prosentvis andel vindu og dører i bygget er svært lite, sammenlignet med et bolighus. Grunnet veggens oppbygning kan også vinduer og dører bli plassert gunstig i vegg etter hva som gir den lavest mulige kuldebroverdien. Søylar i vegg får 120 mm isolasjon mot ytterside, som gjør at man får en svært lav kuldebroverdi. Det antas at den største kuldebroverdien kommer ved overgang fundament-yttervegg, som det også vil være ved et standard bolighus av bindingsverk. Men det blir antatt at denne kuldebroverdien vil bli lavere med tid, grunnet utnyttelse av varmemagasiner i grunn som følge av randisolering.

Beregninger av u-verdier utføres på følgende måte:

$$R \left[m^2 \frac{K}{W} \right] = \frac{d [m]}{\lambda \left[\frac{W}{mK} \right]}$$

$$U_{tot} \left[\frac{W}{m^2K} \right] = \frac{1}{R_{tot} \left[\frac{m^2K}{W} \right]}$$

U-verdiberegninger for takkonstruksjonen



Figur 16: Rettvendt tak med bærekonstruksjon av massivtreelementer. (Byggforsk, 2018)

Materiale for tak	d [m]	λ [W/m K]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]
145mm massivtre	0,145	0,13	1,38, R _m	
Optiform Dampsperre, eller tilsvarende	-	-	-	-
Glava Robust Lamell, eller tilsvarende	0,15 x2	0,039	7,69, R _{iso}	-
PVC, PROTAN SE 1,6, eller tilsvarende	-	-	0,03, R _{pvc}	-
Innvendig overgangsmotstand	-	-	0,10, R _{si}	-
Utvendig overgangsmotstand	-	-	0,04, R _{se}	-
		R _{tot}	9,24	U=1/R _{tot} =0,11 OK!

Tabell 20: U-verdiberegninger for tak.

Vet gjennom passivhusevaluering med Simien at u-verdi for tak må være $0,12 \left[\frac{W}{m^2} * K \right]$. (Se vedlegg H) Setter dermed inn i formelen.

Trenger å finne nødvendig tykkelse på takisolasjonen. Snur formelen for U-verdi, $U = \frac{1}{R_{tot}}$

$$U = \frac{1}{R_m + R_{iso} + R_{pvc} + R_{si} + R_{se}}$$

$$R_m + R_{iso} + R_{pvc} + R_{si} + R_{se} = \frac{1}{U}$$

$$R_{iso} = \frac{1}{U} - (R_m + R_{pvc} + R_{si} + R_{se})$$

$$R_{iso} = \frac{1}{0,12} - (1,38 + 0,03 + 0,10 + 0,04)$$

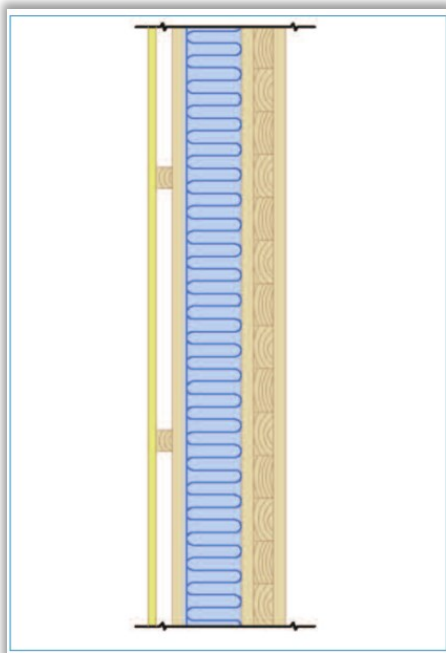
$$R_{iso} = 6,78 \left[m^2 * \frac{K}{W} \right]$$

Snur nå formelen til R for å finne tykkelse på takisolasjonen, $R = \frac{d}{\lambda}$

$$d_{iso} = 6,78 * 0,039 = 0,26m$$

Velger 300mm takisolasjon.

U-verdiberegninger for yttervegger



Figur 17: Ytterveggkonstruksjon hvor massivtreelementer utgjør kun en liten del av varmeisolasjonen. Konstruksjonen er tilleggsisolert med isolasjon og luftet kledning på utsiden. (Norsk Treteknisk Institutt, 2006)

Materiale for yttervegg	d [m]	λ [W/m K]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]
60mm Massivtre	0,06	0,13	0,46, Rm	-
Icopal Windbreak, eller tilsvarende	-	-	-	-
Rockwool REDair Flex systemplate, eller tilsvarende	0,2 + 0,1	0,035	8,57, Riso	-
36x98 ubehandlet trevirke	-	-	-	-
Rockwool REDair Flex systemplate, eller tilsvarende				
Innvendig overgangsmotstand	-	-	0,13, Rsi	-
Utvendig overgangsmotstand, luftet kledning	-	-	0,13, Rse	-
		Rtot	9,29 [m ² K/W]	U=1/Rtot= 0,11. OK!

Tabell 21: U-verdiberegninger for yttervegg.

Finner dimensjon på isolasjonen på samme måte som ved utregning for tak.

Bruker u-verdikrav i yttervegg etter erfaringstall oppgitt i NS 3701, vegg = $0,11 \left[\frac{W}{m^2} * K \right]$

$$R_{iso} = \frac{1}{0,11} - (0,46 + 0,13 + 0,13)$$

$$R_{iso} = 8,37$$

$$d_{iso} = 8,37 * 0,035 = 0,29m$$

Velger isolasjonstykkelse i vegg til 300mm.

U-verdiberegninger for gulv.

Materiale for gulv	d [m]	λ [W/m K]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]
Jackofoam isolasjon XPS m/fals, eller lignende	0,35	0,035	10	
0,20mm dampsperre	0,002	-	-	
Betong m/armering	0,1	2,5	0,04	
Sportsfelx M, eller lignende	0,08	0,23	0,35	
		R _{tot}	10,39 [m ² K/W]	U=1/R _{tot} = 0,10. OK!

Tabell 22: U-verdiberegninger for gulvflate.

Vet som i likhet for tak gjennom passivhusevaluering at Simien gir ekvivalent u-verdi for gulv = $0,10 \left[\frac{W}{m^2} * K \right]$. (Se vedlegg H) Her er beregner Simien også med overgangsmotstand for gulv på grunn. Slik at i denne beregningen droppes overgangsmotstand i utregningen.

$$R_{iso} = \frac{1}{0,10} - (0,35 + 0,4)$$

$$R_{iso} = 9,25$$

$$d_{iso} = 9,61 * 0,035 = 0,34m$$

Velger isolasjonstykkelse under gulv til 350mm.

5.11.1 Simien-simulering

Det ble også utført simuleringer av energibruk og inneklima med Simien. Med hjelp av Simien ble det gjort: Passivhusevaluering, årssimulering, sommersimulering og vintersimulering. (Se vedlegg H). Da Simien ikke har innebygde bygningselementer med massivtre i programmet ble det brukt egendefinerte verdier for bygningselementene.

Verdiene som ble brukt i vegg er den verdi som er utregnet i Tabell 21 og er de samme som erfaringstallene for passivhus i Tabell 3. For vinduer og dører ble det brukt minstekrav for passivhus oppgitt i Tabell 2. For gulv- og takkonstruksjon ble det benyttet verdier fra Simien til å finne isolasjonstykkelse. Standard luftvekslingstall ble endret fra minimumskrav til passivhus på $0,6 \text{ h}^{-1}$ til en lavere verdi: $0,3 \text{ h}^{-1}$. Luftvekslingstall på $0,3 \text{ h}^{-1}$ oppnås uten problemer. (Aas, Personlig kommunikasjon, 2023) Det velges derfor å bruke denne verdien da man kan spare mye oppvarmingsbehov med det. Minstekrav for årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner er 80 % for passivhus. Byggforsk oppgir at en verdi på 85 % kan oppnås med kammervarmegjenvinner. (SINTEF, 2002)

Røykventilasjonsvinduene ble satt til bruk for temperaturstyring i perioden april til september. Alt av oppvarming dekkes av fjernvarme. Driftstiden på kjølingen ble satt til 24 timer i døgnet. Å la temperaturen i hallen bli høyere enn godkjent, for så å kjøle det ned til ønsket temperatur, er ifølge Simien mer energikrevende enn å holde en stabil temperatur. Driftstiden ble også satt til alle dager i året, med økning i aktivitet etter arbeidstid samt i helger og helligdager. Totalen av vurderingene gjorde at det var mulig å komme innenfor krav til netto oppvarmingsbehov, og samtidig være innenfor krav til kjølebehov med en behagelig mengde.

5.12 Kostnadsberegning

Kostnadsberegningene (se vedlegg C) har blitt gjort ved hjelp av Norsk Prisbok. Det har i stor grad blitt brukt element-seksjonen i prisboken til beregningen. Denne legger til grunn overordnede elementer, hvor de detaljerte punktene er innberegnet i prisen på bestemt valg. Dette gjør at beregningen går raskere, og gir vanligvis mer detaljert informasjon enn å velge individuelle prislinjer. Det er mange bygningselementer som Norsk Prisbok ikke besitter. Det har derfor vært nødvendig å ta kvalifiserte beslutninger på pris, ut ifra hva Norsk Prisbok inneholder. Eksempelvis ved mangel på dimensjoner for vindu eller dør, økes kvadratmeterprisen med interpolering for å ikke underkalkulere kostnaden. Det ble i tillegg benyttet eldre versjoner av prisboken for å sammenligne under kategorien idrettsbygg, for å se hva som har vært brukt i

kostnadsberegninger for disse. På den måten ble det kontrollert at ingenting var utelatt fra beregningen gjort av gruppen.

På noen bygningsdeler ble det funnet pris ved kommunikasjon via e-post. Det viktigste som er kommunisert med e-post er priser på massivtre og limtre. Her har daglig leder ved Vestlandske Limtreindustri AS, (Gunnar Utskot, personlig kommunikasjon, 08. mai 2023. Se vedlegg G) og salgsdirektør ved Splitkon (Per Roar Brox, personlig kommunikasjon, 08. mai 2023. Se vedlegg G) anslått hver for seg samme kubikkmeterpris på massivtre og limtre ved store bygg. Denne prisen er på henholdsvis 10 000 kr/m³ for massivtre, og 12 000 kr/m³ for limtre. Dette gjør at gruppen mener det er foretrukket å bruke denne prisen for trevirket, fremfor å bruke interpoleringsmetode med priser fra Norsk Prisbok. Mengdene for massivtreet og limtreet ble beregnet ved å gjøre mengdeuttak fra Focus Konstruksjoner i Excel. Dimensjoner på de ulike bygningsdelene ble oppgitt hver for seg, slik at det var mulig å se kostnaden på de ulike dimensjonene.

Det ble også innhentet pris fra leverandør av acrylgulv på gulvsystem for flate i første etasje i klubbhus og veggssystem for våtsone i bad. Prisene kommer fra AcryliCon, og ble kommunisert med leverandør via e-post. (Bård Stav, Personlig kommunikasjon, 15. mai 2023. Se vedlegg G)

Beregningen er utført som huskostnad, entreprisekostnader er ikke med i prisen. Dette betyr at prisen er oppgitt med kun hva materialene koster.

6. Resultat

6.1 Utforming

Tabellen under viser utformingen av hele anlegget i form av rominndeling med respektive areal.

Hva	Etasje	Antall	Samlet areal [m ²]
Entré	1.	-	27
Heissjakt	1.	1	8
Resepsjon	1.	1	125
Treningsrom	1.	1	109
Vaktkontor	1.	1	14
Toalett inkl. HC	1.	5	38
Handicaptaolett	1.	3	30
Garderobe	1.	2	120
Lager	1.	3	60
Korridor	1.	-	62
Gangareal under tribune	1.	-	262
Tennisbaner inkl. minitennis	1.	4	2109
Entré	2.	-	16
Klubbhus	2.	1	313
Korridor	2.	-	16
Kjøkken	2.	1	25
Toalett inkl. HC	2.	3	17
Teknisk rom	2.	1	97
Møterom/lager	2.	3	55
Tribune	2.	1	234

Tabell 23: Rominndeling og areal

Se vedlegg D for målsatte plantegninger.

6.2 Brannteknikk

Samtlige bygningsdeler oppfyller REI60 – krav for bæreevne, integritet og isolasjon. Det benyttes 8 luker for røykventilering i idrettsdel, og sprinkleranlegg i klubbhus for å unngå brannseksjoneringsvegg mellom de to delene i tennisanlegget.

Det legges til 98 mm på hver side av søylene i idrettsdel på grunn av firesidig branneksporing.

6.3 Akustikk

Etterklangstid i tennishallen for frekvensene 125 – 4000 Hz er gitt fra tabellen under.

Frekvens (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Etterklangstid (s)	1,77	1,35	1,54	1,70	1,80	1,83

Tabell 24: Hallens etterklangstid

6.4 Bæresystem

6.4.1 Kapasitetsutnyttelse

Kapasitetskontroll er utført etter NS-EN 1995-1-1: Kapittel 6 – Bruddgrensetilstand. Den største kapasitetsutnyttelsen forekommer på grunn av skjær.

- Skjær- og torsjonskontroll
Størst kapasitetsutnyttelse grunnet skjær er 0.96

▲ Sammendrag resultater	
Lastkombinasjon	Predefined load combinati...
Største forskyvn. [mm]	70,1
Største N (trykk) [kN]	-488,52
Største N (strek) [kN]	293,87
Største Vy [kN]	-13,20
Største Vz [kN]	-117,45
Største Mx [kN·m]	-1,29
Største My [kN·m]	-142,44
Største Mz [kN·m]	6,34
Største Nx [kN/m]	-817,23
Største Ny [kN/m]	-121,71
Største Nxy [kN/m]	56,57
Største Mx [kNm/m]	-3,50
Største My [kNm/m]	23,26
Største Mxy [kNm/m]	1,91
Største Vz [kN/m]	-30,47
Største Vzy [kN/m]	13,25
Største kap. utn.	0,96
Info	EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z

Figur 18: Kapasitetskontroll. Utklipp fra Focus Konstruksjon

Nederst i Figur 18 ser man at Focus Konstruksjon har hentet ligningen fra NS-EN 1995-1-1: Kapittel 6.1.7 – Skjær - ligning 6.13.

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

(6.13)

Figur 19: Ligning 6.13 - NS-EN 1995-1-1. (Norsk Standard, 2009)

Rapport skrevet ut fra Focus Konstruksjon viser beregningene av kapasitetskontroll for skjær.

Skjær- og torsjonskontroll

Ligning (6.13):

$$\frac{|\tau_d|}{f_{v,d}}$$

I denne kontrollen bruker vi summen av de tre skjærspenningene

Er evaluert med følgende verdier:

$$\frac{0,00 \text{ N/mm}^2}{2,74 \text{ N/mm}^2} = 0$$

$$\frac{2,62 \text{ N/mm}^2}{2,74 \text{ N/mm}^2} = 0.96$$

Figur 20: Utklipp fra rapport laget av Focus Konstruksjon

- Bøynings- og aksialkontroll.

Størst kapasitetsutnyttelse for bøynings- og aksialkontroll er 0.92, og den er hovedsakelig grunnet moment.

▲ Sammendrag resultater	
Lastkombinasjon	Predefined load combinati..
Største forskyvn. [mm]	70,1
Største N (trykk) [kN]	-488,52
Største N (strek) [kN]	293,87
Største Vy [kN]	-13,20
Største Vz [kN]	-117,45
Største Mx [kN·m]	-1,29
Største My [kN·m]	-142,44
Største Mz [kN·m]	6,34
Største Nx [kN/m]	-817,23
Største Ny [kN/m]	-121,71
Største Nxy [kN/m]	56,57
Største Mx [kNm/m]	-3,50
Største My [kNm/m]	23,26
Største Mxy [kNm/m]	1,91
Største Vz [kN/m]	-30,47
Største Vzy [kN/m]	13,25
Største kap.utn.	0,92
Info	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)

Figur 21: Kapasitetskontroll. Utklipp fra Fokus Konstruksjon

Nederst i Figur 21 ser man at Focus Konstruksjon har hentet ligningen fra NS-EN 1995-1-1: Kapittel 6.3.3 – Bjelker utsatt for bøyning eller kombinasjon av bøyning og trykk - ligning 6.33

(3) Der det bare opptrer et moment M_y om den sterke y -aksen, må spenningene oppfylle følgende betingelse:

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d} \quad (6.33)$$

Figur 22: Ligning 6.33, NS-EN 1991-1-1. (Norsk Standard, 2019)

Siden det bare opptrer moment om y -aksen og ingen aksialkraft velger Focus Konstruksjon å bruke denne ligningen. Rapport skrevet ut fra Focus Konstruksjon viser beregningene av kapasitetskontroll for bøyning.

Ligning (6.33):

$$\frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d} \cdot k_{crit}}$$

Er evaluert med følgende verdier:

$$\frac{9,74 \text{ N/mm}^2}{23,48 \text{ N/mm}^2 \cdot 0.45} = 0.92$$

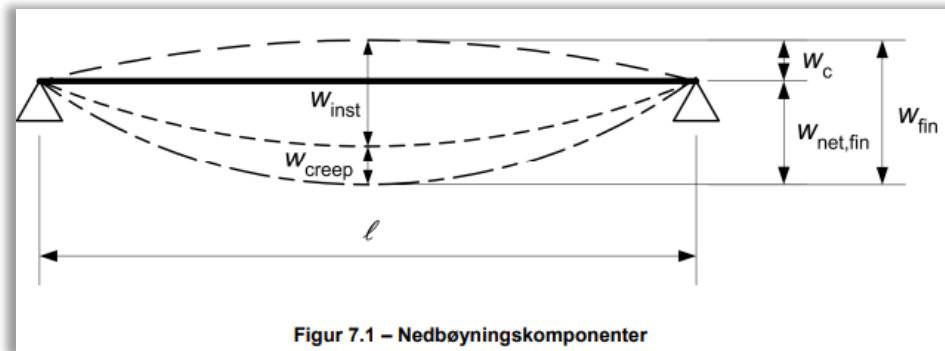
Figur 23: Utklipp fra rapport laget av Focus Konstruksjon

6.4.2 Nedbøyning

Nedbøyningskontroll blir utført etter NS-EN 1995-1-1: NA.7.2 - Grenseverdier for nedbøyninger i bjelker. Den tillatte verdien for nedbøyning er som følger:

	W_{inst}	$W_{net,fin}$	W_{fin}
Bjelke på to opplegg	ℓ/300 til ℓ/500	ℓ/250 til ℓ/350	ℓ/150 til ℓ/300
Utkragede bjelker	ℓ/150 til ℓ/250	ℓ/125 til ℓ/175	ℓ/75 til ℓ/150

Tabell 25: Tabell NA7.2 - Eksempler på grenseverdier for nedbøyninger av bjelker



Figur 24: Figur 7.1: NS-EN 1995-1-1: Kapittel 7.2 - Grenseverdier for nedbøyninger av bjelker

Det er viktig å bemerke at verdien $W_{net,fin}$ er brukt

Bjelken som opplever mest nedbøyning er 18000 mm lang. Dette gir følgende utregning:

$$\frac{L}{250} = \frac{18000\text{mm}}{250} = 72\text{mm}$$

Fra rapport skrevet ut av Focus Konstruksjon er størst nedbøyning i bjelken 68.8 mm

Største snittforskyvninger over alle lastkombinasjoner

u [mm]	v [mm]	w [mm]	θ_x [°]	θ_y [°]	θ_z [°]
13.3	0.7	-68.8	0	0.1	0

Figur 25: Utklipp av rapport laget av Focus Konstruksjon

Dermed er nedbøyningskontroll godkjent.

6.5 Kostnadsberegning

	Eks. MVA	Per kvm, eks. MVA
Huskostnad	kr 44 677 485	kr 14 600

Tabell 26: Tennishallens totale huskostnad

Resultatet viser den totale huskostnaden. Altså kun kostnad for bygningsmaterialer, uten entreprenørkostnader.

6.5 Energiberegninger

Verdiene er innenfor kravene bestemt ved bruk av NS 3701 og beregninger i Simien. (Standard Norge, 2012). (se vedlegg H for Simien-beregninger) Dette betyr at tennishallen er godkjent som passivhus.

	Tak [W/m²K]	Vegg [W/m²K]	Gulv [W/m²K]	Varme- gjenvinner [%]	Luft- utveksling [h⁻¹]	Kuldebro [W/m²K]	SFP-faktor [kW/(m³/s)]	Varme- tapstall
Verdi	0,12	0,11	0,10	85%	0,3	0,03	1,5	36

Tabell 27: Resultater for energiberegninger mot krav.

7. Analyse

7.1 Konstruksjonsløsninger

Gruppen er godt fornøyd med konstruksjonsløsningene og bygningselementene som har blitt brukt i dette prosjektet. Valgene er gode sett fra bygnings- og energiteknisk ståsted. I tillegg har det vært fokus på valg av gode materialer og samtidig ta økonomiske valg som vil gjøre at bygget er bærekraftig.

For å kunne finne gode konstruksjonsløsninger ble møtet med Green Advisers svært nyttig. De hadde innspill om metoder som ikke er vanlig i bransjen i dag, og som er utfordrende å finne teknisk informasjon om.

En av disse metodene det ble forklart om var randisolering. Dette ble forklart som noe man i dag har glemt fra de tradisjonelle byggemetoder og som var vanlig å gjøre for femti år siden. Green Advisers fortalte om de positive effektene av randisolering. Utføring av dette vil magasinere varme i grunnen, som i årene etter byggeslutt gradvis vil redusere energibruk på varme og kjøling. De ville imidlertid ikke gi innsikt i sine interne papirer på dette. Gruppen vurderer allikevel at Green Advisers informasjon stemmer, og at ulempe med ekstra kostnad ved å randisolere ikke vil være stor nok sammenlignet med gevinsten man oppnår.

Green Advisers hjalp også med valg av konstruksjonsløsning for bæresystemet til tennishallen. De foreslo først et buetak med bæring på søyler, og med spent wire mellom vegger for avstivning. Gruppen avviste dette forslaget og viste til krav om fri høyde over spilleflatene, og at man da var nødt til å bygge med høyere vegger for å klare kravet som igjen vil være mer kostbart. Etter litt diskusjon av forslag foreslo et av gruppemedlemmene et åstak med søyler som bærende i ytterveggene. Dette er en løsning som før i tiden var mye brukt på eldre landbruks- og lagerbygg. Green Advisers mente dette var et godt valg som også sørger for god global stabilitet. Et åstak vil også være en god løsning med tanke på fri høyde da det ikke trengs opplagringspunkter som vil forstyrre banenes spillesone. Økonomisk sett var det også et godt valg da det ikke lengre var nødvendig med like store dimensjoner som ved andre løsninger. Gruppen synes også at et slik bæresystem ser estetisk pent ut fra innsiden av hallen. Green Advisers mente at 60mm massivtre på innervegg i tennishall ville være tilstrekkelig til avstivning, ettersom søyler vil være bærende i bærekonstruksjonen.

Ytterveggenes oppbygning er gruppen fornøyd med. Løsningen som er valgt sørger for rask oppbygning med minimale kuldebroer, som nevnt tidligere. Dette unngås ikke på bygninger med bindingsverk. Med mindre kuldebroer minskes energitapet, samtidig som energieffektiviteten

økes. Dette er en god løsning forutsatt at vindsperre er svært nøye montert, slik at man unngår luftlekkasje. Det er også viktig at montering av isolasjon gjøres som anvist fra leverandør av systemet, slik at en ikke får problemer med fuktinntrenging. På grunn av ett-trinnstetting er det viktig at ytterkledningen og klimaskjermen er tett slik at vanninntrengningen er minimal. Valgt kledningstype er dobbelfalset liggende kledning med not og fjær i endene slik at man unngår regninntrengning i skjøtene. For å skape totrinns tetting kunne man prosjektert med vindsperre utenpå isolasjonen. Det ville dog ført til en ekstrakostnad på 220 000 kr i vindsperre, pluss ekstra bygningsarbeider.

Etasjeskilleren er satt til komfort-kriterium ved personlast for å være trygg på at det er dimensjonert tilstrekkelig og det ikke er noe risiko i å ha mange personer i hallen. Dette ville ikke vært behov for å bruke komfort-kriterium ved de fleste dager i hallen, og man kunne da minsket dimensjonene slik at man også hadde spart penger. Da fellesområdet kan leies ut og brukt til andre arrangementer, hvor det kan komme flere personer, er man nødt til å dimensjonere etter dette. Ved å ikke ha en hall som kan leies ut hadde man kunnet brukt mindre dimensjoner og spart noen kroner. Det er noe som på sikt uansett vil bli utjevnet, ettersom man får ekstra inntekt på utleie.

Å kun ha massivtreelementene som overflate i 2. etasje og tribune, gjør at man sparer en del penger på å ikke kjøpe gulv. Det er derfor spesielt viktig at man overholder regel om uteskofritt bygg. Det vil gjøre at man trenger lavere kostnad i vasking, og massivtreelementene trenger mindre vedlikehold.

7.2 Universell utforming

Gruppen mener det er viktig at veileder for universell utforming følges så godt som mulig. Viktigheten av å legge til rette for alle brukere av tennishallen er svært stor, selv om dette fører til noe ekstra kostnad. Dårlig prosjektering av universell utforming kan gi ytterlige kostnader om det er noe som må forbedres under byggetid eller etter byggeslutt. Dette gir enda større insentiver til å prosjektere etter veileder tidlig i byggefasen.

7.3 Energiberegninger

Energiberegningene er gjort etter byggforsks veiledning på u-verdiberegninger etter NS-EN ISO 6946. (SINTEF, 2021) Det er derfor ikke tatt hensyn til andel trevirke i bygningsdelene. Det presiseres likevel at denne konstruksjonen har mindre trevirke per kvadratmeter vegg, sammenlignet med et standard bindingsverk med 48mm stenderverk og senteravstand 60mm. Det er heller ikke gjennomgående stendere eller sviller i denne konstruksjonen. Gruppen vurderer derfor at verdien for vegg ikke kommer til å avvike i betydelig grad, og at beregningen fortsatt er tilstrekkelig.

Kuldebroverdier har ikke vært beregnet grunnet mangel på kompetanse på dette området. Det har dog vært brukt figurer og tabeller for oppgitte kuldebroverdier og ut ifra disse gjort vurderinger på hvorvidt løsningene i dette prosjektet har like bra eller bedre tiltak mot kuldebro. I flere tilfeller mener gruppen at tennishallen har mer sikring mot kuldebro enn sammenligningene og derfor kommer innenfor kravet på $0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ved bruk av Simien prøvde gruppa å fylle inn nødvendig informasjon. Gruppen har ikke hatt opplæring i dette programmet utover at et gruppemedlem har erfaring fra enklere bruk i et tidligere prosjekt. Det ble brukt mye tid på å bruke programmet på riktig måte, og for å fylle inn nødvendige verdier og viktige elementer.

Å bruke Simien viste seg å være nyttig for å få et bedre bilde av tennishallens energiforbruk. Gruppen oppdaget at det er etablert fjernvarmeanlegg på Levanger i nyere tid, og totalt leveres cirka 80 % av energi fra biobrensel til Levanger kommune. Nøyaktigheten på hvor mye av energien som skulle vært fordelt mellom elektrisk oppvarming og fjernvarme til ulike bygningselementer er usikkert, men gruppen valgte å sette 100 % oppvarming til fjernvarme. Dette gjør at byggets totale energitilførsel fra fjernvarme er 56,6 % i simuleringen. (se vedlegg H)

Det er nødvendig for VVS-ingeniør å prosjektere med mulighet til å kunne ha 60 % av kapasiteten til oppvarming tilgjengelig for en vannbåren kilde, da det stilles krav om dette i TEK17 kapittel 14, §14-4. (Direktoratet for byggkvalitet (TEK17), 2022)

En av hovedgrunnene til at energibehovet er så lavt er prosjektering etter passivhusstandarden. Samtidig er det svært lav andel vinduer og dører i bygget, 3.2 % delt på bruksareal, noe som gir et redusert energibehov.

7.4 Belysning

Det fins mange forskjellige typer belysning på markedet som kunne vært benyttet i anlegget. Da valgt belysning følger standard EN 12193 for tennisbelysning, føler gruppen seg trygg på at belysningen i hallen vil være tilstrekkelig god. Som nevnt tidligere blir det benyttet frosted glass i akrylkuplene i taket. Det kan være at tiltaket ikke er tilstrekkelig med tanke på blanding. Ytterligere tiltak kunne eksempelvis vært å montere nedsenkede himlingsplater under kuplene, og på den måten sørget for indirekte belysning. Ved en slik løsning ville det vært viktig å undersøke hvordan det ville påvirket røykventileringen, samt passe på fri høyde i hallen.

Ellers i hallen følges passivhusstandardens krav om $5,5 \text{ W/m}^2$ som gjennomsnittlig effektbehov for belysning. (Standard Norge, 2012)

7.5 Kostnadsberegning

Gruppen mener at kostnadsberegningene (se vedlegg C) er relativt nøyaktige forutsatt at Norsk Prisbok har oppgitt korrekte verdier, samt at det har blitt gjort nøyaktige beregninger av mengder. Det ble under prisberegningen lagt merke til den store forskjellen Norsk Prisbok oppga som pris på massivtre og limtre, sammenlignet med hva som ble konkludert som mer korrekt pris via kommunikasjon på e-post. Kontakt fra Splitkon nevnte i samme e-post følgende: «Prisene økte dramatisk gjennom pandemien og i etterkant, før den igjen har gått betydelig tilbake og vi nå ser et betydelig brems i nye prosjekter og nybygg.» (Per Roar Brox, personlig kommunikasjon, 08. Mai 2023. Se vedlegg G) Da Norsk Prisbok baserer prisene på foregående år kan dette være årsak til at forskjell i pris er relativt stor.

Det har også vært stor bevissthet på at det blir valgt materialer med økonomisk fornuftighet. Å være bevisst på valg som gjøres sørger for god økonomisk bærekraft, samt at hallen vil være billigere å drifte, med tanke på energikostnader.

Blant annet kommer valget av veggkonstruksjon på grunn av dette, da man vil spare både mye materiale og samtidig arbeidstimer for entreprenør. Et større eksempel på dette er valget på dører inn til lagre i idrettsdel. Opprinnelig ønsket gruppen at dette skulle være skyvedører. Grunnet mangel på skyvedører i Norsk Prisbok, og at dørene var nødt til å ha brannmotstand EI60 ble det nødvendig å sende e-post til en produsent for å finne pris. Produsenten Spesialdor kunne lage en ønsket skyvedør til 122 050 kroner. (Alexander Johnsen, personlig kommunikasjon, 10. mai 2023. Se vedlegg G) Da dette var en mye høyere pris enn hva gruppen først antok, ble denne valgt bort for en tofløyet og litt mindre dør til 33 303 kroner.

I tillegg blir priser på gulvsystem og veggssystem fra AcryliCon brukt med innhentet priser direkte fra produsent (Bård Stav, Personlig kommunikasjon, 15. mai 2023. Se vedlegg G) og tennisdekket fra Mondo brukt fra hva som blir opplyst i e-post fra Bjørn Aas (se vedlegg G). Det har ikke blitt sammenlignet dekke av flere lignede typer, noe som gir usikkerhet i pris for disse bygningsdelene.

Akustikk blir en stor prosentandel i pris i dette prosjektet. Totalt utgjør all akustikk cirka 5,8 millioner kroner. Ettersom tennishallen skal være lydklasse C og kvalifisere for spillemidler, mener gruppen at dette valget er nødvendig. Gruppen anbefaler imidlertid at man ved detaljprosjektering av en tennishall får hjelp av en rådgivende ingeniør innen akustikk til å finne mer effektive metoder til å håndtere etterklangstid for å spare penger.

7.6 Akustikk

Som et tillegg til lydabsorbentene som allerede er nevnt i kapittel 3.11 anbefales bruk av tekstilkanaler i ventilasjonsanlegget. Tekstilkanaler har gode lydabsorberende egenskaper, og vil derfor være spesielt gunstige ettersom det uansett skal være ventilasjonskanaler. Da det som en begrensning i oppgaven ikke blir dimensjonert ventilasjonsanlegg, ble de heller ikke tatt med i beregningen av etterklangstid. Med tekstilkanaler i himlingen vil derfor etterklangstiden bli redusert ytterligere, og man kunne kanskje spart noe på eksempelvis himlingsplater.

7.7 Branntekniske løsninger

Ved røykventilasjon og sprinkleranlegg unngås krav om seksjoneringsvegg mellom idretts – og klubbhusdel. En seksjoneringsvegg ville hatt krav om REI120 gitt byggets brannklasse. En slik vegg ville naturligvis vært mye mer kostbar enn nåværende branncellevegg. Foruten dette er hensikten å kunne ha en enkel, gjennomgående takløsning mellom de to delene av bygget. En eventuell seksjoneringsvegg må fra TEK-17 § 11-7, annet ledd, stikke 0,5 m over høyeste tilstøtende tak, med mindre taket oppfyller brannmotstand minst EI60 – A2-S1, D0. (Direktoratet for byggkvalitet (TEK17), 2021) Dermed kan taket ha motstand på eksempelvis EI30, som vil være rimeligere. I tillegg slipper man et oppstikk fra tak, og de ekstra overgangene i taktekkingen det ville ha medført.

Idéen om røykventilasjon ble til under et møte med Green Advisers. Der ble det opprinnelig foreslått én etasje også på klubbhusdelen. Med én etasje hadde man blant annet sluppet kostnaden 800 000 for sprinkleranlegget. Sprinkleranlegget hadde blitt unngått fordi man med én etasje

kunne hatt termisk røykventilering også her, som kun har kostnad på 100 000 per kuppel. Et alternativ til sprinkleranlegget kunne vært mekanisk røykventilering, men dette er valgt bort da det krever kanaler med store tverrsnitt. (Direktoratet for byggkvalitet (TEK17), 2021)

Gruppen har tatt utgangspunkt i energiintervallet $50 - 400 \text{ MJ/m}^2$ for dimensjonerende brannenergi, ettersom idrettsbygg ofte plasseres i dette intervallet. (Knarud, 2019) Beregninger etter byggforskblad 321.051 bør likevel gjennomføres for å finne en mer presis verdi, samt kontrollere at verdien ikke overstiger 400 MJ/m^2 .

7.8 Utforming

Banenes totale bredde er på henholdsvis 17,6, 15,6 og 17,6 meter fra bane 1 til 3, hvor bane 1 er nærmest klubbhusdelen. Ved flere baner liggende etter hverandre er kravet 15,2 meter. (se Tabell 4) Ved valgt løsning har man 4,7 meter på yttersiden av singel-sidelinjen for bane 1 og 3, og 3,7 meter for bane 2. For double-sidelinjen gir det henholdsvis 3,3 og 2,3 meter på utsiden. Når det gjelder lengden er total lengde 36,6 meter, som gir 6,4 meter klaring fra grunnlinjen til bakkant.

God plass på utsiden av sidelinjen, og fra grunnlinje til bakkant vil være svært gunstig i enkelte situasjoner i spillet. Et godt eksempel er en serve «*ut av banen*», altså en serve hvor ballen har skru og retning mot sidelinjen og ut av banen. For å kunne returnere en slik serve er man avhengig av å kunne bevege seg langt på utsiden av sidelinjen. Dette er et økende «*problem*» jo høyere nivå utøverne er på, da utøvere på høyt nivå har mer spinn og fart i ballen.

Forskjellen i banebredden kommer av søylene i bæresystemet, samt oppvarmingsarealet ved siden av bane 3. Det kunne kanskje vært bedre å ha sørget for en lik bredde på 16,9 meter på alle banene, men da samtlige baner uansett er innenfor kravet, ble det besluttet å beholde bredden som den var. Bane 1 og 3 kan derfor sies å være godt skikket dersom det skulle komme en anledning med spillere på profesjonelt nivå.

Valget av to etasjer istedenfor én har frigjort mye plass. Dette gjenspeiles godt ved et romslig og oversiktlig resepsjonsområde, i tillegg til det enorme fellesarealet oppe i andreetasjen. Da tennis er en relativt usosial idrett mens man spiller, er det fint å ha et område man kan sette seg ned og ta praten på enten før eller etter. Fellesarealet vil også være et supert område for studenter å sette seg ned med skolearbeid på. Av egen erfaring er det ofte mangel på plass ved universitetene, slik at muligheten for å sette seg før trening/kamp med skolearbeid kan bli gull verdt for den delen av brukerne som er studenter.

To etasjer fører til høyere kostnader og gruppen anslår en ekstra kostnad på omtrent 4 millioner, grovt regnet ut fra vedlegg C. Andre etasje har samtidig åpnet for en ekstra statlig støtte på 1,6 millioner, som man ikke hadde fått ved kun én etasje. Dette kommer fra det åpne arealet i andre etasje, garderober, treningsrom og lager. (se kap. 2.3) Med én etasje hadde man ikke fått til treningsrom eller klubbhus på over 100 m². Det hadde også blitt vanskeligere å innfri kravene for garderobe og lager.

8. Konklusjon

Arbeidet gjort i denne oppgaven har ført til et tennisanlegg i passivhusstandard med gode bygningsfysiske og bygningstekniske løsninger. Branntekniske løsninger har ført til kostnadsbesparinger ved at man slipper seksjoneringsvegg, og dermed også mulighet for en gjennomgående, enkel takkonstruksjon over hele bygget. Lydabsorbentene som er benyttet er kostbare, men også nødvendige for å få etterklangstiden innenfor kravene.

Bygget har en gjennomtenkt planløsning hvor gruppen konkluderer med at valget av to etasjer, istedenfor én, ikke koster mer enn det smaker. To etasjer legger til rette for mer enn bare tennis, og sørger samtidig for at rom som er aktuelle for spillemidler tilfredsstiller kravene til størrelse gitt i bestemmelsen.

Valgte konstruksjonsløsninger sørger for et fuktsikkert og energibesparende bygg. Gruppen er spesielt fornøye med valgt oppbygning av yttervegg. Løsningen gjør at kuldebroer blir minimerte, samtidig som man sparer mye på både bygningsmaterialer og byggetid. Gruppen mener også bruken av randisolering er et godt valg, og noe som man ved nye prosjekter burde ta med seg videre for å kunne spare mye i energibehov.

Bærekonstruksjonen med åstak båret av søyler sørger for en god og enkel konstruksjon som tilfredsstiller de krav som stilles både for tennisbanene og for de statiske kravene. Denne konstruksjonsmetoden gjør det mulig å bruke mindre dimensjoner fremfor å ha et fullt spenn over hele tennishallen. Dette sparer materiale, som dermed også gir en billigere konstruksjon.

Ved bruk av limtre og massivtre som konstruksjonsmateriale, bygging etter passivhusstandard og gjennom økonomisk bevisste valg er tennishallen bærekraftig både med tanke på energibruk og økonomi. Den er også bærekraftig designet for fremtidig vekst i sporten og sikrer langsiktig funksjonalitet. Ved god prosjektering av universell utforming er god sosial bærekraft også sikret i form av gode hensyn for brukere og besøkende med ulike funksjonsnedsettelse.

Gruppen konkluderer med at målet om å produsere et anlegg som kan benyttes som inspirasjon og referanse for andre aktører er nådd.

8.1 Videre arbeid

- En av oppgavens kanskje største overraskelser var hvor kostbart det faktisk er å sørge for tilfredsstillende etterklangstid. Videre arbeid rundt akustikk og løsninger rundt forskjellige typer absorberer er noe som muligens kunne spart mye penger.
- Med en takflate på over 3000 m^2 bør muligheter for BIPV-anlegg på tak undersøkes. Et anlegg på en slik størrelse vil trolig kunne bidra med en betydelig del av tennishallens energibehov, spesielt på sommerstid, da produksjonen er størst og behovet er minst.
- Om tennissporten på Levanger skulle bli inaktivt hadde det vært aktuelt å gjøre om hallen for bruk i andre sporter. Det er mulig å omforme den til å være kompatibel for andre sporter. I videre arbeid kunne man sett på hvilke sporter dette er, og hvor store tiltakene og kostandene for å endre bruksområde er.

Referanser

- Aas, B. (2023, Mai 11). Personlig kommunikasjon. (E. Andersen, & S. Malvik, Intervjuere)
- Aas, B. (2023, April 24). Teamsmøte. (S. N. Malvik, Intervjuer)
- AcryliCon. (2018, November 1). *AcryliCon Industrigulv*. Hentet fra Dekor System – Gulv: https://acrylicon.no/wp-content/uploads/2023/04/EPD-AcryliCon-050-AC_Decor_System_ENG.pdf
- Berger, A. K. (2018). *Brannsikkerhet i idrettshaller* .
- Buck, D., Wang, X., Hagman, O., & Gustafsson, A. (2015). *Comparison of Different Assembling Techniques Regarding Cost, Durability, and Ecology – A Survey of Multi-layer Wooden Panel Assembly Load-Bearing Construction Elements*. BioRes. Hentet April 21, 2023 fra https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_10_4_8378_Buck_Comparison_Different_Assembling_Techniques/3957
- Byggforsk. (2013, Desember). *Byggforsk.no*. Hentet April 17, 2023 fra Generelt om passivhus. Valg og konsekvenser: https://www.byggforsk.no/dokument/4108/generelt_om_passivhus_valg_og_konsekvenser
- Byggforsk. (2018, April). *Byggforsk*. Hentet April 19, 2023 fra Kompakte tak: https://www.byggforsk.no/dokument/387/kompakte_tak
- Byggordboka . (2017, November 6). Hentet fra <https://www.byggordboka.no/artikkel/les/forventet-levetid>
- Det kongelige kultur og likestillingsdepartement . (2022). *Bestemmelser om tilskudd til anlegg for idrett og fysisk aktivitet - 2022*. Regjeringen .
- Direktoratet for Byggkvalitet (TEK17). (2017). *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. Hentet Mai 14, 2023 fra §10-2. Konstruksjonsikkerhet: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/10/10-2>
- Direktoratet for byggkvalitet (TEK17). (2021, Oktober 1.). *dibk.no*. Hentet fra <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/11/iii/11-7>
- Direktoratet for byggkvalitet (TEK17). (2022, Juli 1). *dibk.no*. Hentet fra Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-4>
- Direktoratet for byggkvalitet. ((TEK17)). *dibk.no*. Hentet fra <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/13/iii/13-5>
- Direktoratet for byggkvalitet. (2022, Februar 03). *Direktoratet for byggkvalitet*. Hentet fra Når gjelder byggteknisk forskrift (TEK17)?: <https://dibk.no/bygge-eller-endre/arbeid-pa-eksisterende-bygg/nar-gjelder-byggteknisk-forskrift-tek17>
- Direktoratet for byggkvalitet. (2023, April 11). *dibk.no*. Hentet fra <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/11/v/11-16>
- Everlite. (2023). *Everlite*. Hentet fra Akryl kupler: <https://everlite.no/overlys-roykventilasjon/akryl-kupler/>
- Fagerhult . (u.d.). *fagerhult.com*. Hentet fra <https://www.fagerhult.com/no/Produkter/excis/excis-led/>
- Fagerhult. (2023). *fagerhult.com*. Hentet fra <https://www.fagerhult.com/no/Service/Losninger/Sport/Tennis/>

- Gerriets. (u.d.). *gerriets.com*. Hentet fra <https://www.gerriets.com/en/products/acoustic/absorbing-fabrics-with-a-high-absorption-coefficient/absorber-cs>
- Gode idrettsanlegg . (2023, Januar 13). Hentet fra <https://www.godeidrettsanlegg.no/verktoy/lydabsorbenter-i-idrettsanlegg>
- Graversen, P. (2022, Januar 18). *NorskTennis.no*. Hentet fra Her er de nye hallprosjektene: <https://norsktennis.no/her-er-de-nye-hallprosjektene/>
- Green Advisers. (2023, April 14). Hvordan bygge tennishall. (E. Brodersen Andersen, K. Valur Hallsson, & S. Nymo Malvik, Intervjuere)
- Knarud, J. I. (2019). *Gode idrettsanlegg*. Hentet fra <https://www.godeidrettsanlegg.no/publikasjon/brannenergi-i-flerbrukshaller>
- Kron, M., Sæther, D. H., & Mellegård, S. (2017). *Sklisikkerhet – målemetoder og kravsetting*. Oslo: SINTEF akademisk forlag. Hentet Mai 3, 2023
- Kulturdepartementet. (2012, April). *Regjeringen.no*. Hentet April 27, 2023 fra Universell utforming av idretts- og nærmiljøanlegg: <https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kud/idrett/publikasjoner/veileder-universell-utforming-enkeltsider.pdf>
- Kulturdepartementet. (2015). *Målbok for idrettsanlegg*. Oslo: Kulturdepartementet. Hentet fra https://www.regjeringen.no/contentassets/03da8fe4fe9449748a1f036da1364b67/veileder_maalbok_for_idrettsanlegg_oppdatert_04-2015.pdf
- Kulturdepartementet. (2016, Februar). *regjeringen.no*. Hentet fra Veileder idrettshaller - planlegging og bygging : https://www.regjeringen.no/contentassets/dee978d794694506bba23a57d8a76ea8/v-0989b_idrettshaller_planlegging_og_bygging_2016.pdf
- Lars Gullbrekken m.fl., N. S. (2021). *Bruk av bygningsintegreerte solceller i Norge*. Trondheim: SINTEF akademisk forlag.
- Liebe, G. (2020, Januar 17.). *Store Norske Leksikon*. Hentet fra <https://snl.no/brannenergi>
- Moelven. (2023). *Moelven*. Hentet April 20, 2023 fra Limtre er et fantastisk materiale: <https://www.moelven.com/no/produkter-og-tjenester/alt-om-limtre/>
- Moelven Industrier ASA. (2017, Mai 15). *Moelven*. Hentet fra Limtre tåler fullstendig brannforløp: <https://www.moelven.com/no/aktuelt-og-nyheter/nyhetsarkiv/2017/limtre-taler-fullstendig-brannforlop/>
- Mondo. (2023, Mai 4). *Mondo*. Hentet fra Sportflex M: https://www.mondoworldwide.com/emea/en/products/sportflex-m/?_gl=1*1czhrdg*_up*MQ..&gclid=CjwKCAjw3POhBhBQEiwAqTCuBi_zzQ-XaWruq79r1M3q1wfsQ-nEb3gKSwfak6DilW3NaZ8ZtX0HhhoCUVoQAvD_BwE#general-data/Sportflex-M-8-mm
- NAV Kunnskapsbanken . (2018, April 26.). *kunnskapsbanken.net*. Hentet fra <https://www.kunnskapsbanken.net/om-lydabsorbenter/>
- NAV Kunnskapsbanken. (2018, Januar 19). *kunnskapsbanken.no*. Hentet fra <https://www.kunnskapsbanken.net/romakustikk-og-etterklang/>
- Norges Tennisforbund. (2023, April 13). *tennis.no*. Hentet fra <https://www.tennis.no/for-klubber/anlegg/belysning>
- Norges Tennisforbund. (u.d.). *tennis.no*. Hentet april 2023, 27 fra <https://www.tennis.no/for-klubber/anlegg/belysning>

- Norsk Standard. (2003). *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-3: Allmenne laster. Snølaster*. Standard Norge.
- Norsk Standard. (2005). *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-4: Allmenne laster. Del 1-4: Allmenne laster*. Standard Norge.
- Norsk Standard. (2009). *Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner - Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger*. Standard Norge.
- Norsk Standard. (2019). *Allmenne laster - Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger*. Standard Norge.
- Norsk Standard. (2019). *Lydforhold i bygninger. Lydklasser for ulike bygningstyper*. Norsk Standard.
- Norsk Standard. (2019). *Lys og belysning - Idrettsbelysning*. Standard Norge.
- Norsk Treteknisk Institutt. (2006). *bygge med massivtreelementer*. Oslo: Norsk Treteknisk Institutt. Hentet fra <https://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/teknisk-handbok/Hefte-3-Dimensjonering.pdf>
- Norsk Treteknisk Institutt. (2009, November). *Treteknisk.no*. Hentet Mai 13, 2023 fra Veiledning - bygge med massivtreelementer: <https://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/teknisk-handbok/Veiledning-massivtre.pdf>
- Norske Limtreprodusenters Forening. (2015). *Limtreboka*. Norske Limtreprodusenters Forening. Hentet April 17, 2023 fra https://www.moelven.com/globalassets/moelven-limtre/limtreboka_2015_el2.pdf
- NorskMassivtre. (2023). *Norskmassivtre.no*. (N. Massivtre, Produsent, & Norsk Massivtre) Hentet April 18, 2023 fra Saltak: <https://norskmassivtre.no/saltak/>
- Rockwool. (2018, Mars 5). *Rockwool*. Hentet April 28, 2023 fra Moholt 50/50: <https://www.rockwool.com/no/radgivning-og-inspirasjon/referanser/referanse---moholt-5050/>
- (2000). *Røykventilasjon temaveiledning*. DIBK. Hentet fra https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/eldre_temaveiledere_og_rundskriv/2000ho-3-roykventilasjon.pdf
- SINTEF. (2002, Høst). *Byggforsk*. Hentet Mai 11, 2023 fra Varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg: https://www.byggforsk.no/dokument/537/varmegjenvinnere_i_ventilasjonsanlegg
- SINTEF. (2018, Desember). *byggforsk.no*. Hentet fra https://www.byggforsk.no/dokument/3039/lydregulering_og_stoeyreduksjon_i_idrettshaller_gymnastikksaler_og_svoemmehaller
- SINTEF. (2021, April 15). *Byggforsk.no*. Hentet Mai 12, 2023 fra Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946: https://www.byggforsk.no/dokument/208/beregning_av_u-verdier_etter_ns-en_iso_6946
- SINTEF. (2022, November 23). *SINTEF*. Hentet April 24, 2023 fra Nye råd for fuktsikre yttervegger av massivtre: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2022/gir-rad-om-fuktsikre-losninger-for-yttervegger-av-massivtre/>
- SINTEF Byggforsk . (2018, Mai). *byggforsk.no* . Hentet fra https://www.byggforsk.no/dokument/424/lydregulering_og_stoeyreduksjon_i_produksjonslokaler_og_forretningslokaler
- SINTEF Byggforsk . (2019, Mars). *byggforsk.no*. Hentet fra https://www.byggforsk.no/dokument/1541/gulv_paa_grunnen_med_ringmur_telesikring_og_varmeisolering_av_oppvarmede_bygninger

- SINTEF Byggforsk. (1998, Høst). *byggforsk.no*. Hentet fra https://www.byggforsk.no/dokument/2595/romakustikk?gclid=CjwKCAjwge2iBhBBEiwAfXD BR8dZhcgtgmZb2X_e4R-0JSC1hOmvinWhqT_BDDrwwVnfhH7JwpX1fxoCFPEQAvD_BwE
- SINTEF Byggforsk. (2003). *Byggforsk*. Hentet April 25, 2023 fra Snølast på tak. Dimensjonerende laster: https://byggforsk.no/dokument/216/snoelast_paa_tak_dimensjonerende_laster
- SINTEF Byggforsk. (2003). *Byggforsk*. Hentet April 25, 2023 fra Vindlaster på bygninger: https://byggforsk.no/dokument/3118/vindlaster_paa_bygninger
- SINTEF Byggforsk. (2006, Vår). *byggforsk*. Hentet fra https://www.byggforsk.no/dokument/321/roeykkontroll_i_bygninger#i921
- SINTEF Byggforsk. (2009, November). *Byggforsk*. Hentet April 2023 fra Etasjeskillere i massivtre: https://www.byggforsk.no/dokument/3367/522891_etasjeskillere_i_massivtre
- SINTEF Byggforsk. (2012, Mars). *Byggforsk*. Hentet April 25, 2023 fra universell utforming av arbeids og publikumsbygninger: https://www.byggforsk.no/dokument/2767/universell_utforming_av_arbeids_og_publikumsbygninger#i6
- SINTEF Byggforsk. (2016, Mai). *byggforsk*. Hentet fra nødvendig rømningstid ved brann: https://www.byggforsk.no/dokument/322/noedvendig_roemningstid_ved_brann?gclid=CjwKCAjwge2iBhBBEiwA_473dBPbiPTR4x7NtRYFmfTIRRMovxRuN4JOB5zLRWyG5J04wuoLE Zxk3RoCFp4QAvD_BwE
- SINTEF Byggforsk. (2016, Mai). *byggforsk*. Hentet fra https://www.byggforsk.no/dokument/5159/roemning_fra_bygninger_ved_brann
- SINTEF Byggforsk. (2016, Mai). *byggforsk.no*. Hentet fra https://www.byggforsk.no/dokument/5159/roemning_fra_bygninger_ved_brann
- SINTEF Byggforsk. (2016, Mai). *byggforsk.no*. Hentet fra https://www.byggforsk.no/dokument/2955/tilgjengelig_roemningstid_ved_brann?gclid=CjwKCAjwge2iBhBBEiwAfXDBR48WCWO5jfU6VaGcenBSqzuSVc68GYlnSjkreTQb4ZpC11X812 RgnRoCTZEQAvD_BwE
- SINTEF byggforsk. (2018, Desember). *Byggforsk*. Hentet fra lydregulering og støyreduksjon i idrettshaller, gymnastikksaler og svømmehaller: https://www.byggforsk.no/dokument/3039/lydregulering_og_stoeyreduksjon_i_idrettshaller_gymnastikksaler_og_svoemmehaller#i432
- SINTEF Byggforsk. (2018, April). *Byggforsk*. Hentet April 18, 2023 fra Kompakte tak: https://byggforsk.no/dokument/387/kompakte_tak
- SINTEF Byggforsk. (2018, November). *Byggforsk*. Hentet April 25, 2023 fra Klimadata for termisk dimensjonering og frostsikring: https://byggforsk.no/dokument/204/klimadata_for_termisk_dimensjonering_og_frostsikring
- SINTEF Byggforsk. (2021, Februar). *Byggforsk*. Hentet April 20, 2023 fra Brannmotstand for vegger av tre, mur og betong: https://www.byggforsk.no/dokument/1539/brannmotstand_for_vegger_av_tre_mur_og_betong#i952
- Standard Norge. (2012). *Kriterier for passivhus og lavenergibygninger. Yrkesbygninger*. Norsk Standard.
- Tekna. (2021, Januar 2). *Tekna.no*. Hentet fra Hva er kravene til passivhus?: <https://www.tekna.no/fag-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/krav-til-passivhus/>

Treteknisk Institutt. (2006, Oktober). Hefte 3 - Dimensjonering. *Håndbok - bygge med massivtrelementer*. Oslo: Norsk Treteknisk Institutt.

Vedleggsliste

Vedlegg A: Artikkel

Vedlegg B: Plakat

Vedlegg C: Kostnadsberegninger

Vedlegg D: Planløsninger og snitt fra ArchiCad

Vedlegg E: Illustrasjoner fra Lumion

Vedlegg F: Illustrasjoner fra Focus Konstruksjon

Vedlegg G: E-poster

- Kjersti Nordberg, Levanger kommune
- Per Roar Brox, Splitkon
- Gunnar Utskot, Vestlandske Limtreindustri AS
- Bjørn Aas, COWI
- Reinaldo Luca, Mondo S.p.A.
- Joakim Dørum, Green Advisers AS
- Bård Stav, AcryliCon Midt-Og Vest Norge AS

Vedlegg H: Simienberegninger

- Passivhusevaluering
- Årssimulering
- Sommersimulering
- Vintersimulering

Vedlegg I: Mengdeuttak Focus Konstruksjon