



HOVEDPROSJEKT:

GJØVIK VIDEREGÅENDE SKOLE
HALL 5 OG 10
2007

FORFATTERE: JONNY GUDBRANDSEN
 TERJE ASKE
 BERNT ODNES
 JENS ERIK BJØRLIN

Dato: 29 mai 2007

Sammendrag av hovedprosjekt

| | | |
|---|---------------------------------|--|
| Tittel: | Gjøvik VGS | Nr. : 2 |
| | | Dato : 29 mai 07 |
| Deltaker(e): | Jonny Gudbrandsen | |
| | Terje Aske | |
| | Bernt Odnes | |
| | Jens Erik Bjørlin | |
| Veileder: | Harald Fallsen | |
| Oppdragsgiver: | Miljøbygg AS | |
| Stikkord (4 stk) | Betong – Stål – Brann - Energi. | |
| Antall sider: 39 | Antall bilag: 5 | Tilgjengelighet (åpen/konfidensiell): Åpen |
| Kort beskrivelse av hovedprosjektet: | | |
| <p>Vi har tatt for oss to haller på Gjøvik VGS. Den ene er en åpen hall med tak og den andre er noe større og oppvarmet som også skal kobles til en ett eksisterende bygg og ett nytt. For å skape utfordringer og gjøre oppgaven mest mulig interessant for oss har vi laget egne løsninger mange steder.</p> <p>Bærende konstruksjons materialer er av stål og betong. Og vi har regnet ut dimensjoner og nødvendig armering samt sett på jordtrykk.</p> <p>Energi beregningen av bygg 5 er også en stor del av oppgaven vår. U verdier og strøm forbruk er aktuelle temaer.</p> <p>Videre har vi sett mulighetene vi har med dataverktøy. Vi har utarbeidet ett exel ark for søyle dimensjonering og ett for energien i den oppvarmede hallen. Focus konstruksjon har vi også brukt for å illustrere forskjellige løsninger som er mulige.</p> | | |

Forord

Dette er prosjektet er utarbeidet i samarbeid med Miljøbygg AS. Et relativt stort firma med hovedkontor i Gjøvik, men også avdelingskontor på Lillehammer og Hadeland. Kontaktpersonen vår holder til på ett kontor på byggeplassen. Der vi har fått tak i tegninger og informasjon vi trenger.

Vi hadde lyst på ett prosjekt som vi kunne se på både statikk og energi beregninger. Og da vi fikk se litt nærmere på Gjøvik VGS fant vi ut at det var veldig mye å velge i. Etter å ha studert noen av oversiktstegningene sammen med Harald Fallsen, ble vi enige om å begrense oss til de to hallene. Noe vi er veldig fornøyd med, og dette vil gi oss de utfordringen vi hadde tenkt oss.

Vi har fokusert på løsninger som er økonomiske og holdbare for det virkelige arbeidsliv. Det har blitt mye teori frem til nå på skolen, og vi føler at dette prosjektet har brakt oss ett stort skritt nærmere arbeidslivet.

Vi vil gjerne sende en stor takk til alle for den hjelpen vi har fått. Uten denne hjelpen hadde ikke resultatet blitt det samme.

Vi takker:

- Hverandre, for godt samarbeid.
- Harald B. Fallsen, veileder ved HIG
- Fred Johansen, veileder ved HIG
- Miljøbygg AS, for oppgaven, tegninger og mulighet til å besøke byggeplassen.
- Aina Svenning Tøraasen, Eiendomsprosjektering AS, for informasjon angående dimensjonering.

HIG mai 25, 2007

Jonny Gudbrandsen

Bernt Odnes

Jens Erik Bjørlin

Terje Aske

| | |
|---|----|
| Sammendrag av hovedprosjekt..... | 2 |
| Forord..... | 3 |
| 1 Innledning..... | 6 |
| 1.1 Organisering av rapporten..... | 6 |
| 1.2 Beskrivelse av oppgaven..... | 6 |
| 1.3 Målgruppe..... | 6 |
| 1.4 Vår faglige bakgrunn..... | 7 |
| 1.5 Arbeidsform..... | 7 |
| 2 Konstruksjon bygg 5..... | 8 |
| 2.0 Generelt om bygget..... | 8 |
| 2.1 Laster og krav..... | 8 |
| 2.2 Tak..... | 8 |
| 2.3 Stål..... | 10 |
| 2.3.1 Bjelker i tak..... | 10 |
| 2.3.1.1 Branndimensjonering av IPE-bjelker i taket..... | 10 |
| 2.3.2 Stål i vegger..... | 10 |
| 2.3.3 HSQ bjelke i etasjeskille..... | 11 |
| 2.3.4 Stålsøyler og bjelker i kjellervegg..... | 12 |
| 2.4 Betong..... | 13 |
| 2.4.1 Gulv 2 etasje..... | 13 |
| 2.4.2 Påstøp på dekke 1 etasje..... | 14 |
| 2.4.3 Betong søyler..... | 14 |
| 2.4.4 Betongvegger i kjeller..... | 14 |
| 2.4.5 Fundamenter..... | 14 |
| 2.4.6 Hulldekke..... | 15 |
| 3 Konstruksjon bygg 10..... | 16 |
| 3.0 Generelt om bygget..... | 16 |
| 3.1 Laster..... | 16 |
| 3.2 Tak..... | 16 |
| 3.3 Stål..... | 16 |
| 3.3.1 Takbjelker..... | 16 |
| 3.3.2 Søyler..... | 17 |
| 3.3.3 Forbindelser..... | 17 |
| 3.3.4 Vindavstivning og forankring..... | 17 |
| 3.4 Betong..... | 18 |
| 3.4.1 Støttemuren..... | 18 |
| 3.4.2 Fundamenter..... | 19 |
| 4 Brann..... | 20 |
| 5 Energi..... | 24 |
| 5.1 Generelt..... | 24 |
| 5.2 Bygningsinformasjon..... | 24 |
| 5.3 Krav til bygninger..... | 25 |
| 5.4 Bygningsdeler..... | 25 |
| 5.4.1 Etasjeskille..... | 25 |
| 5.4.2 Tak..... | 26 |
| 5.4.3 Yttervegg..... | 26 |
| 5.5 Kuldebroer..... | 27 |
| 5.6 Energiramme..... | 28 |
| 5.7 Varmetapsramme..... | 29 |



| | |
|---|----|
| 5.8 Ventilasjon | 30 |
| 5.9 Energibehov til oppvarming og ventilasjon | 30 |
| 5.10 U-Verdier - annet | 32 |
| 5.10.1 Bruk av stål i vegg | 32 |
| 5.10.2 Temperaturforskjell i konstruksjonen | 33 |
| 5.11 Øvrige forhold | 35 |
| 5.11.1 Fundamentering | 35 |
| 5.11.2 Infiltrasjon | 35 |
| 7 Konklusjon | 37 |
| 8 Kilder / litteraturlister / utstyr | 38 |
| 8.1 Kilder og litteratur | 38 |
| 8.2 Utstyr | 39 |

1 Innledning

1.1 Organisering av rapporten

Rapporten du leser har vi prøvd å lage så oversiktlig og lettleselig som mulig. Vi har hatt å gjøre med to bygg som har fått tildelt ett kapittel hver for dimensjoneringen. I tillegg har vi ett eget kapittel for miljødelen og ett for brann. Alle beregninger vi har utarbeidet er lagt ved som vedlegg. I selve rapporten har vi tatt ut essensen derfra og drøftet rundt valgte løsninger og alternativer vi ikke valgte. Kapitlene i vedleggene er gitt navn og plassert i en rekkefølge som gjør det oversiktlig å se hva som hører sammen av beregninger og rapport.

1.2 Beskrivelse av oppgaven

Gjøvik videregående er et stort og omfattende prosjekt. Vi har derfor valgt ut to haller som vi skal se nærmere på. Den ene hallen er uten vegger og skal bli brukt til utearbeid. Den andre er oppvarmet, og kobler det nye bygget sammen med det gamle. I denne skal tømrer-elever kunne bygge enkle byggverk og sette opp stillaser. I underetasjen er det parkeringsplasser, og i 2 etasje finner vi ett kontor samt lagerplass.

I vårt prosjekt har vi lagt vekt på to hoveddeler; statikk og energi. Målet vårt med oppgaven er å se på forskjellige løsninger og legge frem et godt forslag på hvordan man kan sette opp disse to byggene i henhold til norske lover og standarder. Den største utfordringen vår har vært å finne gode løsninger som er pene, og mulige å gjennomføre. Men vi er selv godt fornøyde med resultatet.

For å illustrere hvor nyttig det er med dataverktøy har vi brukt excel for å løse noen av statikk og energi problemene våre. I tillegg har vi brukt Autocad til armeringstegninger, samt tegnet hele den åpne hallen i 3D med ADT.

I tillegg har vi sett på brannkrav og undersøkt om systemet vårt tåler det.

1.3 Målgruppe

Rapporten er tiltenkt andre studenter, veileder og oppdragsgiver. Også andre med interesse og faglig bakgrunn i konstruksjon og/eller energi kan ha utbytte av sette seg inn i prosjektet.

1.4 Vår faglige bakgrunn

Alle gruppemedlemmene er avgangsstudenter ved HIG, og har gått konstruksjonslinja innenfor Ingeniør Bygg.

En av gruppens medlemmer har erfaring som utdannet tømrer, og en annen som utdannet rørlegger. Alle på gruppa har litt erfaring fra diverse småjobber i byggebransjen.

Dette gjorde at det ble en god gruppesammensetning, der vi alle har noe å bidra med.

1.5 Arbeidsform

Valget vårt å gjøre dette uten noen gruppeleder har fungert veldig bra. Vi har møttes ca. en gang i uka, og enda oftere nå mot slutten. I hovedsak har Terje og Bernt tatt seg av energi delen, mens Jonny og Jens har gjort statikken. Terje har også hatt i oppgave å tegne i ADT. Vi har vært nødt til å diskutere hverandres løsninger underveis i prosjektet, for å få en god helhet.

Vi har vært så heldige å ha byggeplassen bare en 5 minutters kjøretur unna, slik at vi har vært på besøk der flere ganger for å se nærmere på detaljer som ikke har kommet klart frem fra tegningene vi har fått. Anleggsleder har også kontoret sitt der, og har vært behjelpelig med å forklare forskjellige løsninger og gitt oss tegninger.

Når det gjelder statikkberegningene har vi hatt møter med veilederen vår Harald Fallsen, og dette har vært til stor hjelp for å komme frem til løsninger. På miljødelen har vi hatt møter med Fred Johansen som har vært behjelpelig på denne delen.

Vi har hatt nytte av en god del dataverktøy, som for eksempel Excel, Autocad, Word, ADT og Focus Konstruksjon. På grupperommet vårt har vi fått tildelt en maskin som fungerer greit til nettleser og Word. For å kunne gjøre de tyngre programmene vi har brukt har Terje tatt med maskinen sin hjemmefra til grupperommet. Dermed har vi kunnet sitte samlet der og jobbe.

2 Konstruksjon bygg 5

2.0 Generelt om bygget

Dette bygget er en lukket og oppvarmet hall. Under har vi en kjeller med parkeringsplasser. Første etasje skal fungere som en hall hvor elevene skal sette opp stillaser og diverse byggverk. En truck skal også kunne kjøre her inne. I andre etasje har vi et kontor, samt at dekket der skal fungere som en passasje mellom det gamle og det nye bygget.

Alle beregninger er lagt som vedlegg.

2.1 Laster og krav

| | | |
|---------------------------------|-----------|------------------------|
| Karakteristisk snølast (Gjøvik) | S_k | 4.5kN/m ² |
| Formfaktor (5°) | λ | 0.8 |
| Egenvekt av tak | EV | 0.35 kN/m ² |
| Vind (Gjøvik) | V_{ref} | 22m/s |
| Dimensjonerende grunntrykk | σ | 200 kN/ m ² |
| Pålitelighetsklasse 2 | | |

2.2 Tak

Det første vi så på med dette bygget var taket. Alt vi visste var at de hadde brukt et lett-tak. Samt at karakteristisk snølast for området er satt til 4,5 kN m². Vi har satt opp et eget forslag basert på lett-tak fra en bedrift som heter Lett-tak systemer AS.

Fordelene med lett-tak er;

- Lett og hurtig montasje.
- Relativt rimelig i forhold til hulldekke tak.
- Lav egenvekt og vi får et lavere trykk på grunnmur.
- Lav U-verdi.
- Oppnår greit kravene som er stilt innenfor brannsikkerhet.
- Kommer ferdig innvendig og utvendig.

Naturligvis har det noen ulemper også;

- Lav egenvekt, gir god transport av lyd.
- Må se på sikring mot sug fra vinden.

Tabell fra lett-tak: (1)

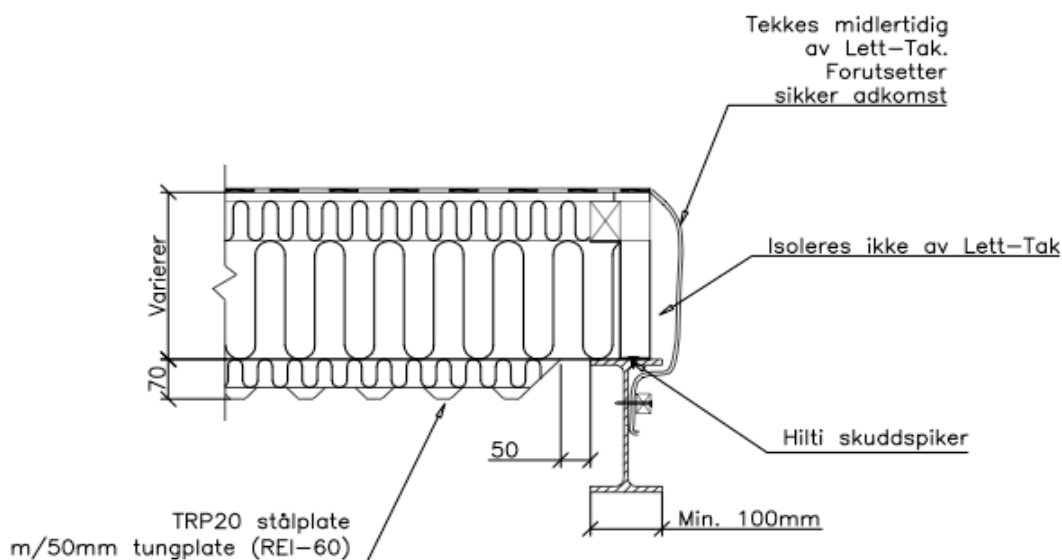
Tabell viser orienterende spennvidde i meter for Lett-Tak elementer.
Ståltykkelse t=1,0 og 1,5 mm, samt 15 mm finer.

Forutsetninger: Formfaktor for snølast er 0,80 og nedbøyning maks L/200.
Pålitelighetsklasse 2: Skoler, forretningsbygg, institusjonsbygg og kontorer
Klimaklasse 1: Oppvarmet bygg

$S_{k,0}$ = karakteristisk snølast på mark for kommunen. (NS 3491-3)

| $S_{k,0}$ kN/m ² | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 |
|-----------------------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Elementtype | | | | | | | | | | |
| 13/1,0 | 9 | 8,3 | 7,8 | 7,5 | 7,1 | 6,9 | 6,5 | 6,1 | 5,6 | 5,1 |
| 13/1,5 | 9,6 | 8,9 | 8,4 | 8 | 7,7 | 7,4 | 7,1 | 6,9 | 6,7 | 6,5 |
| 16/1,0 | 9,8 | 9,1 | 8,6 | 8,2 | 7,9 | 7,5 | 6,7 | 6,1 | 5,6 | 5,1 |
| 16/1,5 | 10,5 | 9,8 | 9,2 | 8,8 | 8,4 | 8,1 | 7,8 | 7,6 | 7,4 | 7,2 |
| 21/1,0 | 11,2 | 10,5 | 9,9 | 9,4 | 8,3 | 7,4 | 6,7 | 6,1 | 5,5 | 5,1 |
| 21/1,5 | 12 | 11,2 | 10,6 | 10,1 | 9,7 | 9,3 | 9 | 8,7 | 8,5 | 8,3 |

I tabellene utarbeidet av Lett-Tak systemer, går vi inn med snølast 4,5 kN/m², formfaktor lik 0,8, pålitelighets klasse 2 (skoler), maks nedbøyning L/200 og klimaklasse 1: oppvarmet bygg. Vi har en spennvidde på 7800 mm og leser av at vi kan bruke element type 16/1,5. Denne har en egenvekt på 0,35 kN/m².



Taket vi bruker fungerer som en stiv skive og leverandøren garanterer at taket tar skjær kreftene som søylene utgjør. Kravene for å konstruere på denne måten er at elementene er godt festet i bærebjelkene, i de langsgående finerskjøtene mellom elementene og mellom elementene parallelt med spennretningen. Leverandør garanterer også at medfølgende fester holder mot sug fra vinden.

2.3 Stål

2.3.1 Bjelker i tak

I taket har vi valgt å bruke IPE profiler lagt opp slik at de får en lastbredde på 7,8 m. En grunn er at en IPE profil med kun momentbelastning kan beregnes i tverrsnittsklasse 1, plastisk dimensjonering. I tillegg er IPE profiler høye og vi oppnår en høy I_y ved minimalt materialbruk. Vi har valgt å bruke et nedbøyningskrav på $L/200$ som tilsvarer 22,3 mm på det lengste spennet. Takhøyden er høy her, og dette kravet vil ikke skape problemer med tanke på knirk eller at det ser rart ut. Ulempene med IPE profilene er at de pga høyden kan vippe. Etter vurdering fant vi det best å avstive bjelkene istedenfor å gå opp drastisk på dimensjonen.

Et alternativ vi vurderte var å la IPE profilene være kontinuerlige over hele taket. Vi ville oppnådd et mindre dimensjonerende moment og k -verdien i vippe beregningene ville blitt redusert. Men vi ble nødt til å dele de opp for å få riktig helning på taket. Med vår løsning der taket heller mot midten, oppnår vi at vannet samler seg i sluk der. Et sluk nærme yttervegg er ikke å foretrekke i tilfelle eventuell fremtidig lekkasje.

For å illustrere hva det har å si for dimensjonerende moment og skjærkrefter å ha et kontinuerlig spenn eller ikke, har vi satt opp to forskjellige modeller av midtspennene i Focus Konstruksjon. Vi ser at dimensjonerende moment varierer med hele 140 kNm. Men det interessante her er at en IPE 400 uten avstivning ikke ville holdt uansett. Det er på det lengste spennet på 7,1 meter at det er fare for at trykkflensen kan gå ut. Kontinuerlig eller ikke, vi måtte uansett stivet opp bjelken. NB; Focus beregningene er laget med tanke på et M og V diagram.

2.3.1.1 Branndimensjonering av IPE-bjelker i taket

Disse bjelkene skal klare R60. Både IPE-400 og IPE-360 klarer brannkravet om de blir kledd inn i kalsiumsilikatplater.

2.3.2 Stål i vegger

$V_{(ref)}$ i Gjøvik er 22 m/s og bygget ligger i ruhetssklasse 3, småhusbebyggelse, og er 12 meter høyt. Vi bruker kun 1 vindsoner i høyden. For at ikke veggen skal bli for tjukke har vi valgt å bygge den opp med HUP profiler. Så for å vise hvor nyttig data verktøy er i yrket vårt, har vi utarbeidet et excel program som regner knekking og vipping på HUP søylene.

I hjørnene hadde vi to valg. Det ene var å lage en søyle sterk nok til å tåle aksial belastningen fra taket, trykk krefter fra vinden samt sug krefter 90 grader på trykk resultanten. En slik løsning ville lett ført til vridning av profilet og vi måtte brukt en profil som var tjukkere enn veggtykkelsen. Vi har da isteden valgt å bruke 2 søyler for å unngå biaksialt moment. Dermed oppnår vi en løsning med profiler som kan skjules inne i veggen.

En ting vi oppdaget med excel arket var at ”i” verdien, altså indre moment armen på profilet, spilte en stor rolle på knekning av moment og aksial belastede søyler. En søyle med store utvendig diameter og tynt gods er dermed mest lønnsomt å bruke.

I veggen har vi også plassert noen horisontale profiler som skal støtte opp. Disse er også HUP profiler og vi har ikke sett det nødvendig å regne vipping av disse. HUP har generelt mye vanskeligere for å vippe enn IPE og lignende fordi $I_w=0$ og de er like sterke i begge akser. I tillegg har de kun moment belastning.

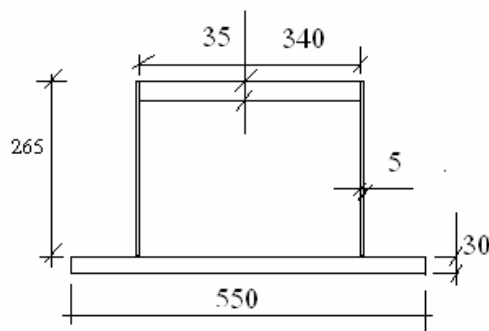
Vi har å gjøre med en stor hall uten noen bærende innervegger som kunne støtte opp bygget. Derfor har vi plassert noen skrå HUP profiler som har sideveis forskyvning av bygget.

Alt stålverket i veggene er sveiset sammen. Og nederst på langveggene er de sveiset i HSQ bjelkene som går der.

2.3.3 HSQ bjelke i etasjeskille

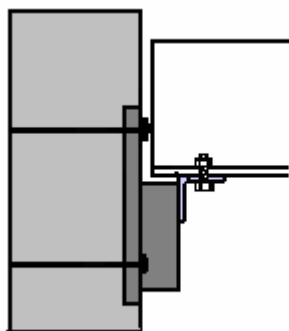
Disse får en lastbredde på 6.3 meter, maks momentet inkludert trucken blir på 802.7 kNm. Det maksimale skjæret blir på 433.9 kN.

For å finne nødvendig dimensjon på den bjelken har vi benyttet oss av en tabell som viser bjelkens moment og skjær kapasitet. Tabellen står i et hefte laget av PPTH stål AB. Den får en relativt stor bredde, men vi måtte begrense høyden til 265 mm
Ender da opp med en bjelke som vist på tegningen under.



Opplegget til bjelken blir som på tegningen under, med en stålplate i betongen som er festet med 4 M24 8.8 bolter. Platens dimensjon er 250x300x15. På denne platen er det sveiset på en ny plate som skal være opplegget for bjelken, denne har dimensjonen 270x175x25. Sveisens a-mål er 5 mm. Denne er festet til bjelken ved hjelp av et hjørnesteål som er sveiset til stålplaten og boltet til bjelken. Det skal brukes to M16 8.8 bolter.

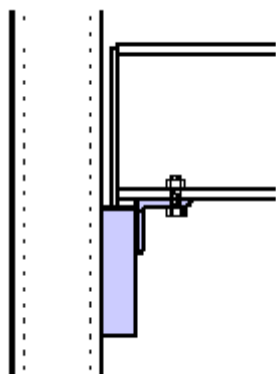
Se tegning under.



2.3.4 Stålsøyler og bjelker i kjellervegg

Bruker en IPE-300 mellom betongsøylene som fortsetter ned fra 1. etg. Denne har et spenn på 2 ganger 3.7 meter og får et maks moment på 166.5 kNm inkludert truck og maks skjær på 215.5 inkludert truck. Ved plastisk dimensjonering holder denne for alle spenninger.

Som opplegg for bjelken sveises en stålplate på søylen, platen er 120x120x15 mm og sveisens a-mål 3 mm. Det sveises også på et hjørnestål på platen og i det settes i en M16 8.8 bolt i gjennom flensen i bjelken og hjørnestålet. Se tegning under



Midt under bjelken settes en RHS-80x80x5.0 søyle. Den får en bruddlast på 394 kN og har en knekk lengde på 1.75 meter.

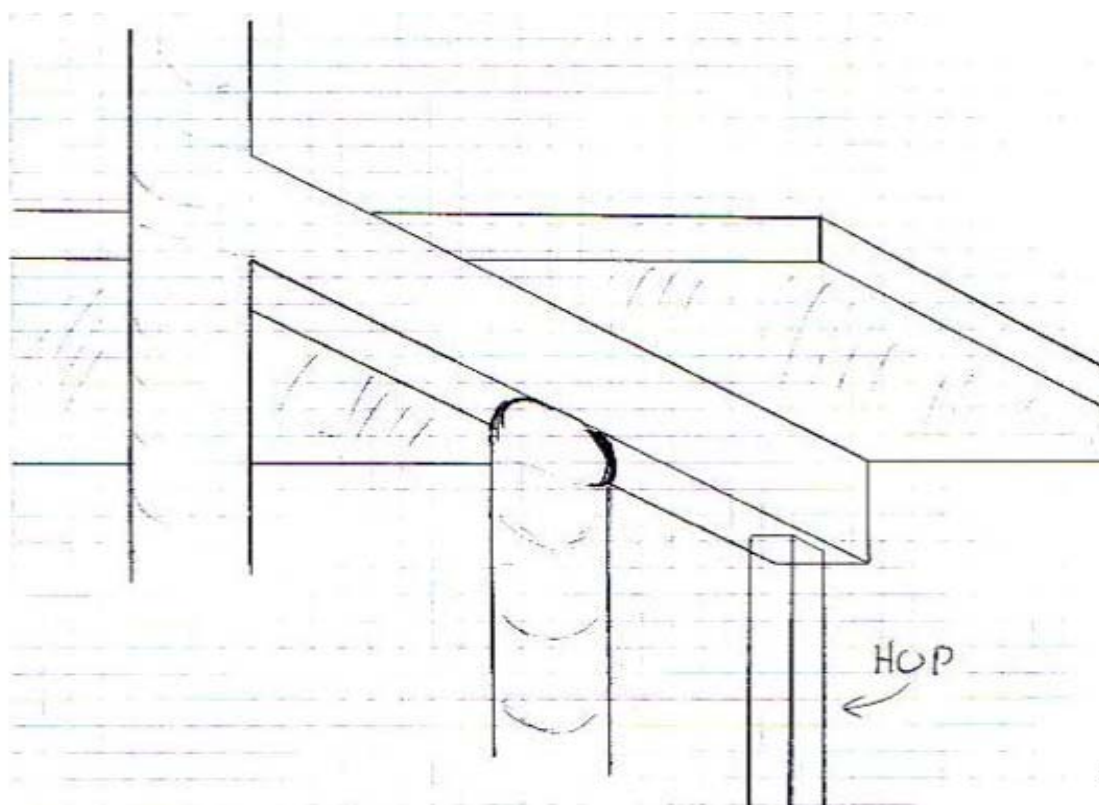
Setter RHS søyler også rett under de som er i veggen i 1. etasje, disse får en last på 368kN og knekk lengde på 2.05 meter. Kunne brukt mindre søyler der enn de over, men av estetiske hensyn brukes det også her RHS 200x8.

2.4 Betong

2.4.1 Gulv 2 etasje

Dette gulvet er støpt fra det gamle eksisterende bygget og inn i det nye. På den måten kan folk gå fra det gamle bygget, gjennom hallen og inn i det nye bygget. For å unngå ekstra søyler har vi plassert en bjelke liggende på de eksisterende søylene (se tegning). Der dekket slutter, har vi valgt å sette opp en HUP profil.

På dekke får vi en utkragning på 2,7 meter. Betong bjelken er av B30, overdekning 25mm, B500c armering og er dimensjonert som en kontinuerlig bjelke over 2 spenn. Det kan bli trangt med armering gjennom midt søylen. Avkapping av armeringen er gjort etter anbefalinger i kompendium. Men over moment nullpunktene kommer de litt andre steder, siden vi ikke har jevn last over hele. Vi har tatt hensyn til dette og trekt armeringen trykt forbi. Vi har laget en modell av bjelken i Focus Konstruksjon. Denne er laget hovedsakelig for å illustrere et V og M diagram. Armeringsforslag og nedbøyning er ikke relevant for oppgaven. Se heller på håndskrevne utregninger.



2.4.2 Påstøp på dekke 1 etasje

Det skal være en påstøp på 120 mm på gulvet i bygghallen, dette mye på grunn av at det skal kunne kjøres en truck rundt i denne. Det maksimale trykket fra et hjul blir på 28 kN fordelt på dekkbredden 150 mm og lengden 100 mm.

På grunn av at en får en slags bølge effekt på gulvet når trucken kjører på det anbefales det å ha i et Ø8 armeringsnett både i topp og bunn av påstøpen med en overdekning på 25 mm.

Dette fordi det vil bli strekk i dekket på undersiden av det rett under hjulet og strekk på oversiden litt foran hjulet.

Så for å sikre at det ikke blir oppsprekning av påstøpen brukes to armeringsnett.

2.4.3 Betong søyler

Søylene inne i bygghallen har en knekk lengde på 8 meter og får kun aksiallast, bruddlasten blir på 300 kN. Det er en sirkulær søyle med en diameter på 400 mm. Lengdearmeringen er 4 stk. Ø20 jern og som bøyer har vi valgt Ø8 c/c 250. Overdekkingen er på 25 mm.

Søylene i kjelleren har en knekk lengde på 2.75 meter og får en bruddlast på 1609 kN. Denne har en diameter på 400 mm og overdekning på 50 mm. Lengdearmeringen blir også her 4 stk. Ø20 jern og bøyer på Ø8 c/c 250.

2.4.4 Betongvegger i kjeller

Kjellerveggene skal være massive betongvegger med en tykkelse på 200 mm, kjelleren skal være uoppvarmet slik at isolering er unødvendig. Vertikalarmeringen blir da på Ø10 c/c 250 på begge sider, mens horisontalarmeringen blir på Ø12 c/c 175 på begge sider.

2.4.5 Fundamenter

Midt under bygget kommer det seks søylefundamenter, regner etter den som får størst last og lager alle de andre like. Den største bruddlasten blir på 1700 kN, og det dimensjonerende grunntrykket er også her 200 kN/m². På disse fundamentene brukes betong med kvalitet B45 på grunn av stor last.

Dette gir en bredde på fundamentene på 3.1 meter og en tykkelse på 0.5 meter.

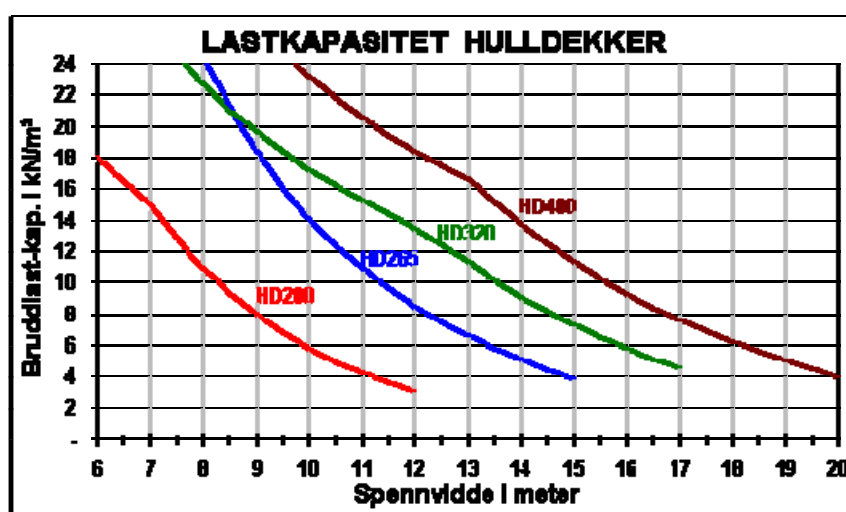
Armeringen blir Ø16 c/c 100 på den midtre halvdelen og Ø16 c/c 200 på den ytre ¼ delen. Dette tilfredsstiller også kravet til rissvidder for eksponeringsklassen XC2, etter å ha redusert rissvidden med faktoren 35/50 i hht. pkt. 15.2.4 i NS 3473.

Under ytterveggene blir det stripefundamenter disse får en last på 161.8 kN/m, noe som gir en bredde på disse lik 0.9 meter. Høyden blir på 0.3 meter.

Armeringen på disse blir Ø10 c/c 111.

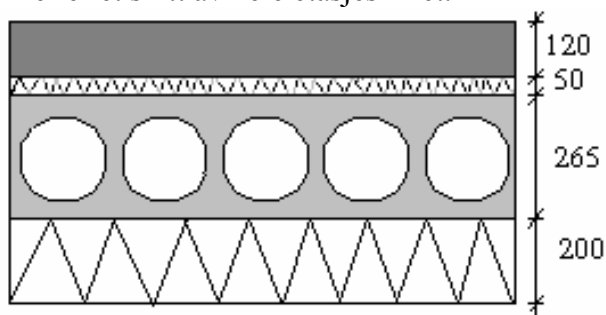
2.4.6 Hulldekke

Det største spennet hulldekket får er på 7.5 meter. Har videre valgt dimensjonen av hulldekket ut fra en tabell som viser sammenhengen mellom spennvidde og hvor stor last den kan påføres i tillegg til egenlasten av dekket. Denne tabellen er hentet fra Contigas nettsider. (2)



Lastene her er påstøpen og nyttelasten, slik at det blir en last på 11.1 kN/m². Trucken vil også gi en del last.. Slik at vi har valgt å bruke HD265.

Her er et snitt av hele etasjeskillet.



3 Konstruksjon bygg 10

3.0 Generelt om bygget

Dette bygget skal fungere som lager slik at veggene ikke er tette, det består av en støttemur formet som en hestesko. Det skal fylles opp bak og på sidene skal det skråne ned til null.

Det skal legges et stålplatetak på ett rammeverk av stål bjelker og søyler.

Fra toppen av støttemuren og opp til takbjelkene er det 2.7 meter og dette skal ikke tettes igjen.

Alle beregninger er lagt til som vedlegg.

3.1 Laster

| | | |
|---------------------------------|-----------|------------------------|
| Karakteristisk snølast (Gjøvik) | S_k | 4.5kN/m ² |
| Formfaktor (5°) | λ | 0.8 |
| Egenvekt av tak | EV | 0.30 kN/m ² |
| Egenvekt av IPE bjelker | EV | 1.25kN/m |
| Vind (Gjøvik) | V_{ref} | 22m/s |
| Jordtrykkskoeffisient | k | 0.75 |
| Dimensjonerende grunntrykk | σ | 200 kN/m ² |

3.2 Tak

Vi bruker her bærende takplater av stål.

3.3 Stål

3.3.1 Takbjelker

Har valgt å bruke IPE-profil i taket og har brukt plastisk dimensjonering. Maks momentet blir 1108 kNm og maks skjær blir 318 kN med $q_f = 41.8$ kN/m. Avstanden mellom bjelkene er 7 meter og avstanden mellom oppleggene er 14.8 meter med en utkraging på 0.5 meter bak og 1.8 meter foran.

Kom frem til at vi her må bruke IPE-600, denne bjelken tar både moment og skjær samt jevnføringsspenningen. Her brukt plastisk dimensjonering på denne bjelken da denne er i tverrsnittsklasse 1.

I forkant av disse bjelkene setter vi på L-profiler med høyde på 600 mm. Disse kappes i 14 meters lengder slik at det blir skjøt på annenhver takbjelke. De festes sammen med sveis med a-mål 4 mm. Disse brukes på grunn av vippefare samt av estetiske grunner. Det blir da en ramme rundt hele bygget.

En må også bruke 4 avstagninger mellom bjelkene med avstand 2960 mm.

Det er ikke nødvendig med forsterkningsplater over oppleggene, vi har regnet ut at bjelken har nok kapasitet.

3.3.2 Søylar

Søylene foran har en knekk lengde på 6.7 meter og får en bruddlast på 393 kN. Dette gir en RHS 140x140x8.0 søyle.

Søylene bak har en knekk lengde på 2.7 meter og en bruddlast på 330 kN. Dette gir en RHS 80x80x6.3 søyle.

3.3.3 Forbindelser

Forbindelsen mellom søylene og støttemuren består av en 15 mm tykk stålplate som sveises til enden av søylen og det brukes to M16 8.8 bolter fra stålplaten ned i støttemuren.

Platens utstrekning er 260x120mm. Sveisens a-mål er 4 mm

Forbindelsen mellom søylene foran og fundamentet blir på samme måte, men her brukes en plate på 320x170x12mm. Også her brukes to M16 8.8 bolter og sveis med a-mål 4 mm.

I toppen på begge sider hvor søylene møter takbjelkene, sveises det rundt hele RHS profilet til IPE profilet med a-mål 4 mm.

3.3.4 Vindavstivning og forankring

Siden bygget er såpass åpent antok vi at vind ikke ville bli noe problem, men vi har gjort noen beregninger av hvor stort trykk/sug konstruksjonen får.

Vindhastigheten på Gjøvik er 22 m/s. Det gir en q_{kast} på 0.48kN/m².

Bruker RHS 80x80x6.3 på skrå i alle fire hjørnene som vindavstivning, på sidene sveises det på en metallplate med tykkelse 10 mm på vindavstiveren, sveisen har a-mål 4 mm.

Det benyttes 2 stk. M16 8.8 bolter ned i muren.

I andre enden sveises vindavstiveren til søylen med en sveis med a-mål 4 mm.

Har også gjort beregninger for å se på hvor stort løftet på taket blir, dette blir ikke større enn 27 kN på den mest utsatte søylen.. Slik at boltene som er festet ned i støttemuren/fundamentene greit tar det, disse har en uttrekkskapasitet på 77 kN/bolt.

3.4 Betong

3.4.1 Støttemuren

Vi har valgt å bruke noe større bredde på disse enn absolutt nødvendig for å få noenlunde lik spenning under hele sålen slik at muren ikke skal tippe fremover. Vi har som forutsetning at den fylles opp 3.25 meter på baksiden og at det på sidene går fra 3.25 til 0.

Betongkvaliteten på støttemuren og fundamentene under de lengste søylene er B30, og eksponeringsklassen er XC2.

Lasten som muren får fra taket kommer ned gjennom søyler som er mellom takbjelkene og muren. Disse punktlastene har vi regnet med at fordeler seg ned i veggen slik at de blir å regne som jevnt fordelte under hele sålens bredde.

Lasten pr. søyle er $\approx 330\text{kN}$ og de står med avstand 7 m fra hverandre. Har etter en del beregninger kommet frem til at vi bruker en bredde på 3.2 meter.

Dette gir en sikkerhet mot velt på nesten 4, spenningsbildet på undersiden av sålen blir at det i forkant blir på 86 kN/m^2 . På baksiden blir det 55 kN/m^2 , den store bredden vi har benyttet forsvarer med at vi ville ha trykket noenlunde jevnt fordelt.

Hovedarmeringen i sålen og såle/veggskjøten er $\text{Ø}16\text{ c/c } 111$, tverrarmeringen blir noe mer på grunn av det lange utstikket foran. Der benyttes $\text{Ø}20\text{ c/c } 125$.

Lengdearmeringen i sålen er $\text{Ø}16\text{ c/c } 250$. Horisontalarmeringen i veggen er $\text{Ø}16\text{ c/c } 200$ mens den vertikale er $\text{Ø}12\text{ c/c } 12$. Som toppbøyler benyttes $\text{Ø}8\text{ c/c } 250$.

Rissvidden blir på 0.39 mm som tilfredstiller kravet til denne eksponeringsklassen
Utformingen og den valgte armeringen kommer frem på vedlagt tegning.

På sidene har vi valgt å bruke litt mindre støttemurer fra midten og ut mot fremsiden av bygget, da det der er mindre fylling bak denne. Vi har regnet med 2.0 meter fylling bak denne.

Det gir en bredde på 2.1 meter og en sikkerhet mot velt på ca. 4. Spenningsbildet her blir at det foran er 72 kN/m^2 og bak 20 kN/m^2 .

Hovedarmeringen i sålen og såle/veggskjøten er $\text{Ø}12\text{ c/c } 225$, tverrarmeringen blir her da $\text{Ø}16\text{ c/c } 200$.

Lengdearmeringen i sålen er $\text{Ø}16\text{ c/c } 250$. Horisontalarmeringen i veggen er $\text{Ø}16\text{ c/c } 200$, mens den vertikale er $\text{Ø}12\text{ c/c } 250$. Toppbøylen er også her $\text{Ø}8\text{ c/c } 250$.

3.4.2 Fundamenter

Fundamentene under søylene i forkant får en bruddlast på 400 kN, dette gir en bredde på fundamentene på 1.5 meter.

Armeringen blir Ø12 c/c 200 i begge retninger, deler ikke opp i flere soner med forskjellig armering på et så lite fundament. Dette tilfredsstillers også skjærkontrollen.

Rissvidden blir da på 0.39 mm etter å ha brukt pkt. 15.2.4 i NS 3473. Dette punktet sier at den beregnede rissvidden kan reduseres med 35/50 når kravet til overdekning er 35 mm og vi har satt denne til 50 mm.

4 Brann

Anvendte lover og forskrifter;

- Plan og bygningsloven.
- Brann- og eksplosjonsvernloven.
- TEK og REN-veiledning til TEK spes. kap.7.
- FOBTOT – Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn.
- Forskrift om tilsyn i bygninger, områder, virksomheter, mm., Gjøvik kommune.

Hovedpunkter;

- Mekanisk motstandsevne og stabilitet.
- Sikkerhet ved brann.
- Sikkerhet ved bruk.

Dokumentasjon;

- Analyse og beregninger.
- Preaksepterte løsninger.

Analyse av prosjektet;

- Vurderes som et særskilt brannobjekt - Brann- og eksplosjonsvernloven §13
- Risikoklasse 3 - skole – REN, veiledning til TEK §7-22 tabell 1
- Brannklasse 2 - risikoklasse 3 og 3-4 etg. - REN, veiledning til TEK §7-22 tabell 2 - ut fra konsekvens – TEK §7-22 tabell: Brannklasser – middels konsekvens. Pålitelighetsklasse 2.

Tabell: Risikoklasser (TEK) (3)

| Risikoklasser | Bare sporadisk personopphold | Alle kjenner til rømningsveiene og kan bringe seg selv i sikkerhet | Bare beregnet for våkne personer | Lite brannfarlig aktivitet |
|----------------------|-------------------------------------|---|---|-----------------------------------|
| 1 | ja | ja | ja | ja |
| 2 | ja/nei | ja | ja | nei |
| 3 | nei | ja | ja | ja |
| 4 | nei | ja | nei | ja |
| 5 | nei | nei | ja | ja |
| 6 | nei | nei | nei | ja |

Bæreevne og stabilitet;

- Brannklasse 2
 - Trappeløp - R30
 - Bærende hovedsystem – ubrennbare materialer - R60
 - Sekundære, bærende bygn.deler, etg.skillere - R60
 - Bærende bygningsdel under øverste kjeller – ubrennbart - R90

Dimensjonering gjøres ut i fra beregningsregler som følger under, alternativt europeiske regler i kombinasjon med nasjonale anvendelsesdokumenter. Disse vil bli erstattet med norske utgaver av europeiske standarder –NS-EN 1991 -> NS-EN 1999.
Dokumenterbare klassifiserte produkter, eller bruk av anerkjente beregningsmetoder som kan etterprøves er alternativet.

NS 3904 Brannteknisk prøving av bygningskonstruksjoner.

NS 3470 Prosjektering av trekonstruksjoner, beregnings- og konstr.regler, kap 15.

NS 3472 Prosjektering av stålkonstruksjoner, beregnings- og konstr.regler, tillegg B.

NS 3473 Prosjektering av betongkonstruksjoner, beregnings- og konstr.regler, kap 14.3, tillegg B.

Andre viktige områder for brannsikkerhet;

- eksplosjonsfare – oppbevaring og bruk av brannfarlige varer, viktig med egen branncelle.
- overflater og materialer – NS 3919 Brannteknisk klassifisering.
- brann- og røykspredning, inndeling i brannceller, spredning og rømning er sikret.
- tilgjengelighet for brannvesen, slukkevann og merking av installasjoner.

Rømningsveger

- to uavhengige rømningsveger – avstand maks 30m, til sikkert sted – risikokl.3.
- dørbredde, rømningsveg og fri bredde i gang ol. min. 1,2m – risikokl.3.
- dører – i eller tilknytning til rømningsvei EI30, over 10 pers. må den være utadslående.
- trapperom trykkesettes ved mer enn 2 etg. Tr2 – materialer i begrenset brennbare – EI60.

Brannseksjonering

- skillende konstruksjoner som klasserom, rømningsveg, heisrom, fyrrrom inneles som egne brannceller – EI60, dette gir også mulighet til samtidig oppfyllelse av lydkrav.
- trapperom/heis/install. – dør selvlukkende EI30C/EI60C.
- garasje – trapperom/brannsluse dør selvlukkende, ubrennbar EI60.
- seksjoneringsvegg – høy brannbelastning – max brt.areal 800m² pr.seksjon
 - ev. brannalarmanlegg - max brt.areal 1200m² pr.seksjon.
 - **ev. sprinkleranlegg - max brt.areal 5000m² pr.seksjon – anbefales.**
- seksjoneringsvegg – BKL 2, MJ/m²<400 – REI M 120.

Slokkemiddel

- et stort og ”middels viktig” bygg – anbefales sprinkling, alarmanlegg, direkte melding til brannvesen.
- installasjon av brannslange v/trykkvann eller håndslukkeapparater (min.6kg) der vann ikke finnes.

Varsling/Ledesystem

- for forsvarlig rømning fra bygning med flere brannceller, anses det nødvendig med ledesystem.
- et stort antall mennesker, risikoklasse 3 med to eller flere etg. og elevtall>300 krever brannalarmanlegg FG-godkjenning.
- en komplekst sammensatt bygningsmasse med flere etasjer og innvendige rømningskorridorer vil ha behov for ledesystem – BKL 2 gir krav om funksjonssikkerhet i minimum 60 minutter. Prosjekteres og utføres ihht. NS-dokumenter. (NS-ISO 6309:1988)
- heis anses ikke som fluktvei.

Tekniske installasjoner

- ivareta brannsikkerheten – ingen spredning fra tekniske rom eller via ventilasjon.
- brannspredning ved gjennomføringer – skal ha samme brannmotstand som vegg.

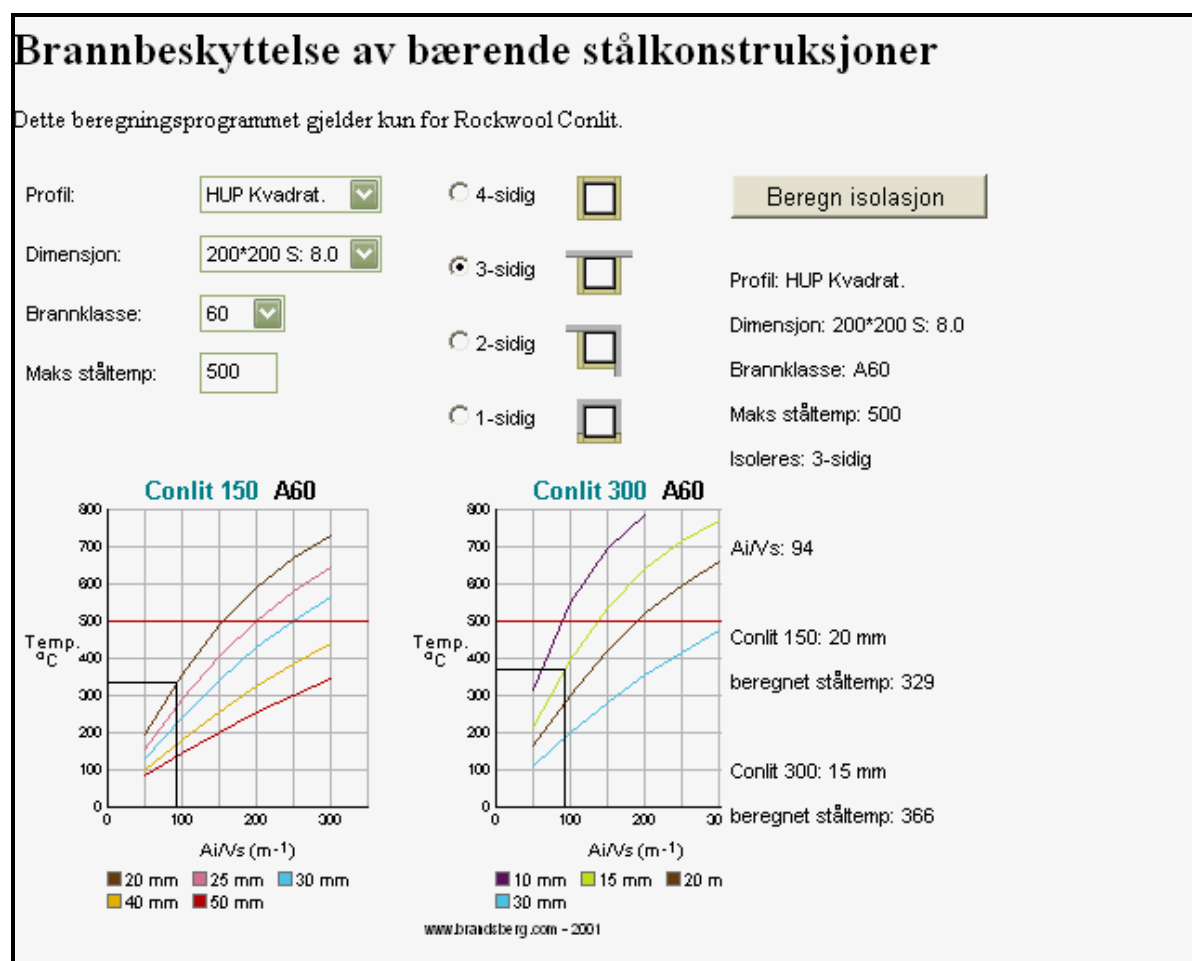
Tilgjengelighet

- rednings og slokkeinnsats krever atkomst, min.bredde 3m, max stigning 1:8m, fri kjørehøyde min. 3.5m, svingradius min. 7/9m, akseltrykk 10 tonn.
- slokkemannskap sikres lett adkomst til enkelstrom i større bygninger.

Brannisolering av stålprofiler i vegger.

Vi har valgt å bruke Conlit plater fra Rockwool til dette. På siden deres finner man ett eget dimensjoneringsprogram (4), hvor vi oppgir brann krav og dimensjon på brukte stålsøyler.

Dette er resultatet vi fikk:



Alle søyler i veggene må dermed kles inn med Conlit 150/20mm eller Conlit 300/15mm. Med R60 får vi en stål temperatur ett 30 minutter på 366, som tilfredsstiller kravet på 500 grader. Ved 500 grader har stålet miste ca 50 % av kapasiteten, og dette regnes som kritisk temperatur for stålet.

5 Energi

5.1 Generelt

Anvendte lover og forskrifter;

- Plan og bygningsloven av 1997 – overgangsregler → 2009
- TEK (Teknisk forskrift)
- REN (Veiledning til teknisk forskrift)
- Standardiseringen i Norge (NS)

Metoder for å vurdere bygningers energiforbruk:

- Varmeisolering
- Energiramme
- Varmetapsramme

Vi har for beregninger av disse tallene valg å lage en modell i Excel som gir oss muligheter for å bygge opp de enkelte bygningsdeler med samtidig visning av u-verdi resultat. Det er også lagt opp til en energibetraktning, dette er en del av det nye forskriftskravet og vil med videre utvikling kunne implementere utregninger av primerenergibehov, CO₂-utslipp og vurdering av vektet energi.

Denne bygningen har vi sett på som en selvstendig enhet i denne sammenheng, vi har for liten kjennskap til de andre bygningene tilknyttet varme og ventilasjonsanlegget til å gjøre annet. Det er også en egen type bygning bruksmessig, og bør av den grunn også beregnes separat. Vi har valgt ut fra TEK og NS3031 og plassere bygningen i kategorien – verksted.

5.2 Bygningsinformasjon

Bygg 5, verkstedshallen:

Arealer (NS3940)

| | |
|-------------------------|-----------------------|
| Yttervegger | 777,6 m ² |
| Tak | 558,36 m ² |
| Gulv | 558,36 m ² |
| Vinduer/dører/glassfelt | 71,90 m ² |
| Oppvarmet bruksareal | 535 m ² |
| Volum | 4522,7 m ³ |
| Oppvarmet luftvolum | 4333,5 m ³ |

5.3 Krav til bygninger

Denne tabellen viser de gamle og de nye energikravene, TEK-97 og TEK-07. Dette er kravene vi må forholde oss til ved valg av oppbygning i de forskjellige bygningsdelene. (3)

| Energiltak | TEK 97 | TEK 2007 før høring | TEK 2007 etter høring |
|---|--|---|---|
| Samlet glass- vindus- og dørareal | 20 % av bygningens bruksareal | 20 % av bygningens bruksareal | 20 % av bygningens bruksareal |
| U-verdi yttervegg | 0,22 W/m ² K (20 cm isolasjon) | 0,16 W/m ² K (25 cm isolasjon) | 0,18 W/m ² K (25 cm isolasjon) |
| U-verdi tak | 0,15 W/m ² K (25 - 30 cm isolasjon) | 0,13 W/m ² K (30 - 35 cm isolasjon) | 0,13 W/m ² K (30 - 35 cm isolasjon) |
| U-verdi gulv på grunn og mot det fri | 0,15 W/m ² K (20 EPS isolasjon) | 0,13 W/m ² K (20 - 25 cm EPS og kantisolasjon) | 0,15 W/m ² K (20 - 25 cm EPS og kantisolasjon) |
| Gjennomsnittlig U-verdi for glass, vindu og dører | 1,6 W/m ² K (2-lags vinduer) | 1,1 W/m ² K (3-lags vinduer med lavemisjonsbelegg og gassfylling) | 1,2 W/m ² K (2-lags vinduer med lavemisjonsbelegg, gassfylling og isolert karm) |
| U-verdi glassvegger og glasstak | 2,0 W/m ² K | Faller bort – samme krav som for vindu | Faller bort – samme krav som for vindu |
| Kuldebroer | Inkludert i U-verdien for yttervegg | Virkning av kuldebroer skal reduseres til et minimum | 0,03 W/m ² K for småhus 0,06 W/m ² K for andre bygg |
| Tetthet | 4,0 luftvekslinger per time (småhus) 3,0 luftvekslinger per time (andre bygg inntil to etasjer) 1,5 luftvekslinger per time (andre bygg over to etasjer) | 1,5 luftvekslinger per time | 1,5 luftvekslinger per time 2,5 luftvekslinger per time for småhus. |
| Varmegjenvinning av ventilasjonsluft | 60 % | 80 % | 70 % |
| Spesifikk effekt i ventilasjonsvifte (SFP) | Ingen krav | 2,0 / 1,0 kW/m ³ s (dag/natt) i næringsbygg 2,5 kW/m ³ s i boliger | 2,0 / 1,0 kW/m ³ s (dag/natt) i næringsbygg 2,5 kW/m ³ s i boliger |
| Kjøling | Minst mulig kjølebehov | Lokalkjøling skal unngås | Lokalkjøling skal unngås |
| Temperaturstyring | Ingen krav | Natt og helgesenking av innnetemperatur til 19 grader (17 grader for idrettsbygg) | Natt og helgesenking av innnetemperatur til 19 grader (17 grader for idrettsbygg) |

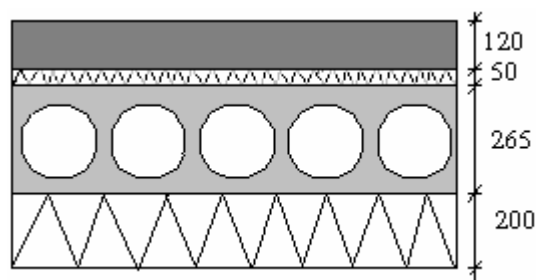
5.4 Bygningsdeler

Her er en oversikt over hvordan hver bygningsdel i bygg 5 er oppbygd, med utregnet U-verdi for hver del. Tap på grunn av kuldebroer er tatt med i betraktningen, pluss en sikkerhetsmargin på 0,015 W/m² K i følge NS 3031. U-verdi for hver av bygningsdelene skal tilfredsstillere kravene i TEK.

5.4.1 Etasjeskille

Snitt av etasjeskille i verkstedshallen.

Materialer i etasjeskille:
120 mm påstøp
50 mm ekspandert polystyren, klasse 33
265 mm hulldekke
200 mm mineralull



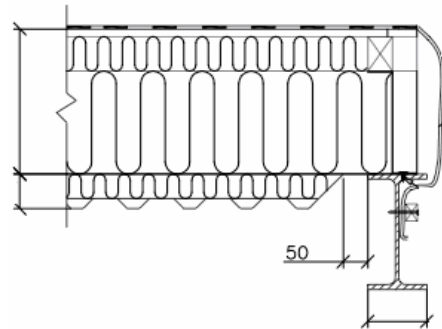
Utregnet U-verdi for etasjeskille er **0,15 W/m² K**, som tilfredsstiller kravet i TEK.

5.4.2 Tak

Snitt av lett-taket i verkstedhallen. Denne skissa er hentet fra nettsiden til produsenten som vi valgte å bruke, Lett-tak Systemer AS.

Materialer i taket:
400 mm mineralull
Gran og furu
Stål
15 mm kryssfiner
Papp/folie

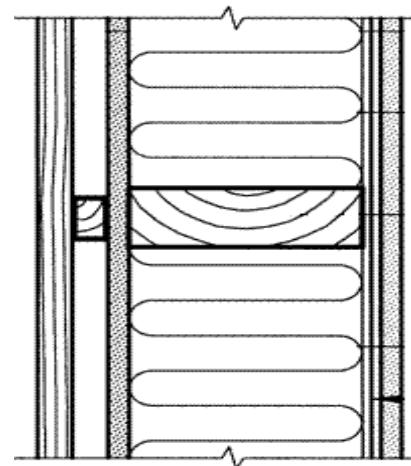
Utregnet U-verdi for taket er **0,15 W/m²K**.
(Produsentens verdi: 0,15/0,14)



5.4.3 Yttervegg

Snitt av yttervegg i verkstedshallen.

Materialer i yttervegg:
13 mm gips
Dampspærre
200 mm mineralull klasse 36
Stendere 48x198 mm
Gips
Vindspærre (forutsatt for å klare infiltrasjonskrav)
Utlekting (48x48)
Fasadeplater (åpen)
Utregnet U-verdi for ytterveggen er **0,21 W/m²K**.



På grunn av at ytterveggen er en konstruksjon med ikke-homogene sjikt, ble utregningen basert på dette. Dette er fordi varmestrømmen ikke alltid går vinkelrett gjennom veggen, men går også "sidelengs", fordi mineralull har mye bedre varmeisoleringssevne enn for eksempel bindingsverket. Derfor brukte vi de to metodene varmetette skott og legering. Her får vi ved metoden varmetette skott en litt for god U-verdi (øvre grenseverdi), og ved legering en litt dårlig U-verdi (nedre grenseverdi). Den totale U-verdien beregnes ved å ta gjennomsnittet av disse. V

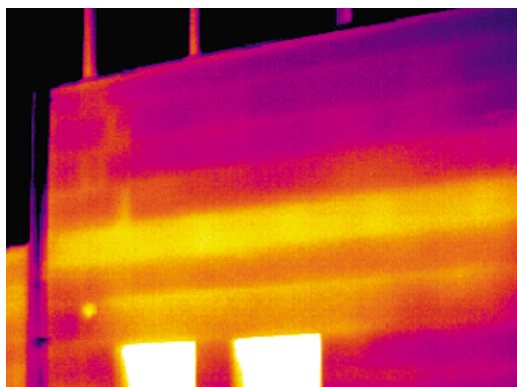
5.5 Kuldebroer

Vi ser av beregningene våre at kuldebroer er en stor og viktig del av årsaken til økt varmestrøm igjennom konstruksjoner. Det bidrar til vesentlig lavere varmemotstand, og kan skape negative forhold som ekstra varmetap, kondens eller støvsverting (ofte i sammenheng med luftlekkasjer).

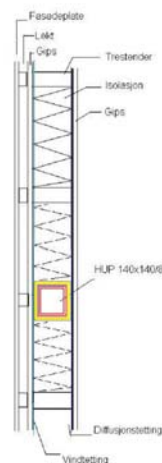
Dette kan unngås ved å bruke konstruksjoner som ikke gir brudd i isolasjonssjiktet, dette gjelder spesielt bruk av materialer som metall og betong som har høy varmekonduktivitet. Det er her viktig å bryte denne brua med et godt varmeisolerende materiale. En utvendig ”skjerm” av slike konstruksjoner vil holde den ”svake” delen av konstruksjonen på varm side, og skape minst varmegjennomgang og problemer.

Risiko for kondens er det mest alvorlige tilfellet, hvor vi kan få dannelse av mugg og dannelse av is ved lavere temperaturer. Dette kan gjøre stor skade på konstruksjonen, og i verste tilfelle gjøre at den mister sin funksjon..

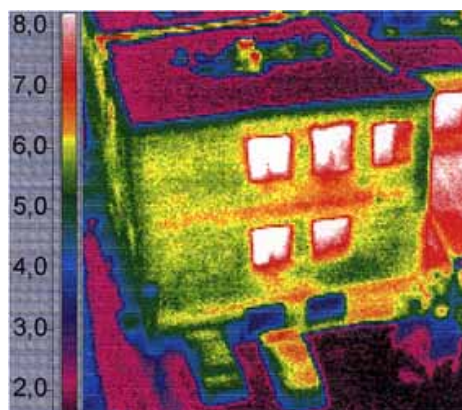
Vi ser at veggkonstruksjonen som er valgt i vårt tilfelle har alle forutsetninger som skal til for at dette skal oppstå. Stål som materiale har en høy varmeledningsevne og vil måtte prosjekteres riktig for å unngå problemer.



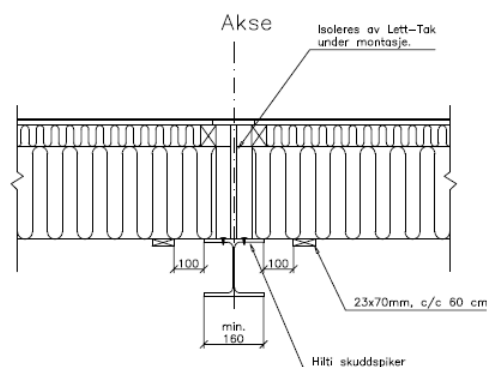
720.032 Termografering av bygninger



Det samme gjelder for takkonstruksjonen, her vil overgangen og ledningsevnen til lett-tak konstruksjonen som er lagt opp på stål være avgjørende for oppnåelse av u-verdikravet. Med mange skjøter vil dette sammen med en løsning som bryter kuldebrua før den går ned i stålprofilen, være viktig å utføre på en god måte.



720.015 Utbedring av kuldebroer



Bildene tatt med termofotografering viser eksempler på kuldebruer, og det er innlysende hvor vi har konstruksjonsdetaljene. Disse gir en betydelig gjennomstrømming og påvirker innetemperatur og kvalitet. Det nedre bildet viser godt hvor energitapet er størst, taket er en viktig del med tanke på energiforbruket – varm luft stiger som kjent.

5.6 Energiramme

For å beregne energibehovet for hallen bruker vi energirammemetoden. Denne metoden går ut på å beregne en energiramme på grunnlag av forventet gitte U-verdier for bygningsdeler og koeffisienter i en tenkt bygning av samme størrelse, fornuftig innrettet mht. isolasjonsnivå, vindusareal- og fordeling, ventilasjonsomfang og varmegjenvinning av ventilasjonsluft. Deretter regnes det forventede energiforbruket for hallen ut på grunnlag av U-verdiene i de bygningsdelene vi har valgt å bruke. Det forventede energiforbruket sjekkes opp mot energirammen basert på krav i TEK, og skal ikke overskride den utregnede energirammen.

Energiramme (lagerbygning): 133,38 kWh/m²

| | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Transmisjonsvarmetapet: | 86,90 kWh/m ² |
| Infiltrasjonsvarmetapet: | 52,15 kWh/m ² |
| Ventilasjonsvarmetapet: | 16,65 kWh/m ² |
| <u>Energitilskudd (reduksjon):</u> | <u>56,06 kWh/m²</u> |

Totalt forventet energibruk: 99,64 kWh/m²

Ser at resultatet vi kom frem til, 99,64 kWh/m² er mindre enn kravet i energirammen vår, 133,38 kWh/m², og dermed tilfredsstillende kravet. (TEK)

5.7 Varmetapsramme

Her har vi laget en oversikt over varmetapet vi har i verkstedshallen, sammenlignet med de gjeldende kravene i både TEK-97 og de nye oppdaterte kravene i TEK-07. Her ser vi at det totale varmetapet vi har beregnet tilfredsstillende kravene i TEK-97. U-verdiene til hver av bygningsdelene er regnet ut, inkludert kuldebroer, og alle disse tilfredsstillende kravene i TEK § 8-21.

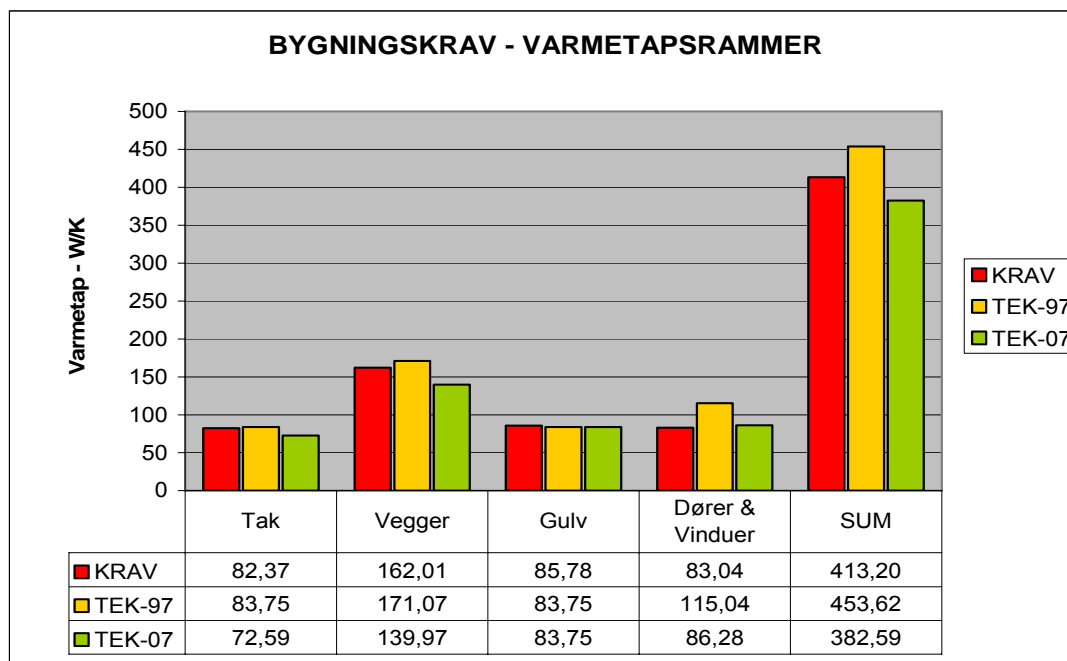
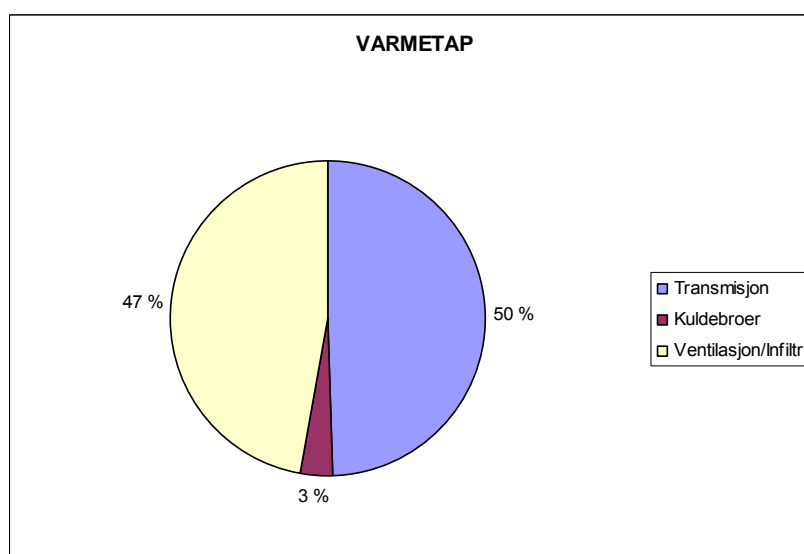


Diagram som viser forholdet mellom de forskjellige varmetapene for hallen.



5.8 Ventilasjon

Frisklufttilførsel for personer i lett aktivitet beregnes til 7 l/s. (TEK § 8-34)
Ventilasjonsbehovet vurderes ut i fra disse 3 punktene (A, B, C), og summeres:

A) Personbelastning

Friskluftbehovet basert på forurensning fra mennesker: 292 l/s

B) Materialbelastning

Ut ifra Arbeidstilsynets ”veiledning om klima og luftkvalitet på arbeidsplassen” og veiledning til teknisk forskrift til plan og bygningsloven § 8-34, velges her et tillegg på 0,7 l/s pr. m² bruksareal pga forurensning fra materialer.

Friskluftbehovet basert på forurensning fra materialer: 374,5 l/s

C) Tillegg på grunn av forurensning fra arbeid og prosesser:

Vi velger å se bort i fra tillegg i ventilasjon pga forurensning fra arbeid og prosesser. Viser til arbeidstilsynets ”veiledning om klima og luftkvalitet på arbeidsplassen”, der det står følgende: ”Enhver forurensende aktivitet tilsier et tillegg i luftmengden dersom ikke effektive tiltak hindrer utslipp til luften.”

I denne hallen skal det brukes maskiner/utstyr som naturlig gir ut mye forurenset luft. Ved disse vil vi ha egen avtrekk som fjerner den forurensete lufta, derfor regner vi ikke med dette tillegget. (Krav i TEK § 8-33 punkt 3).

Luftbehovet for hele hallen: 666,6 l/s → 2400 m³/h

Luftvekslinger pr time: 2400/4333 = 0,55

(Minstekravet er 0,5 luftvekslinger pr time, TEK § 8-34 punkt 2.)

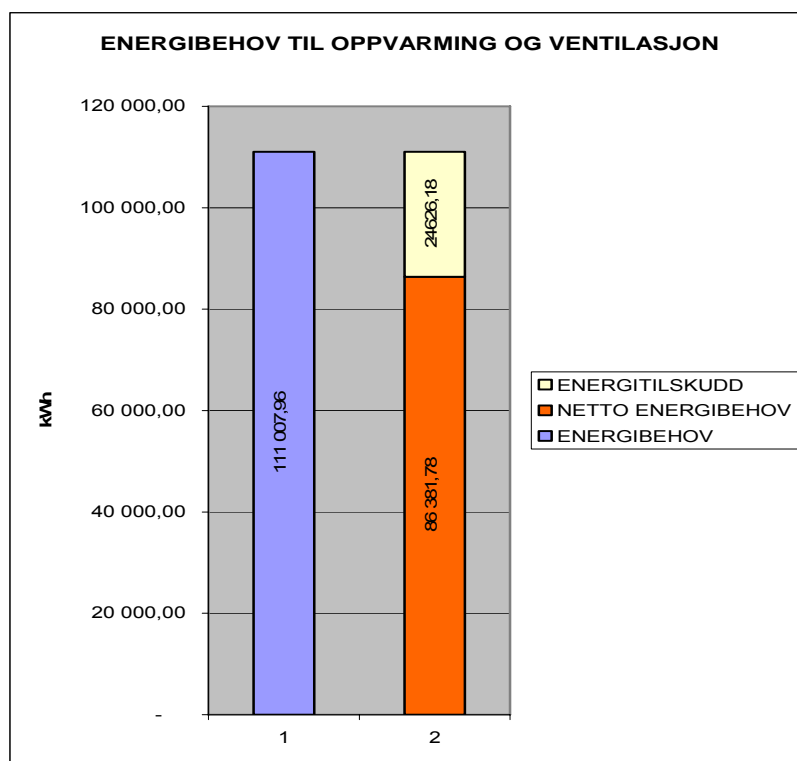
5.9 Energibehov til oppvarming og ventilasjon

Det totale energibehovet for bygningen er beregnet for å finne ut hvor mye energi som trengs for å dekke det totale varmetapet pr år. Vi har her laget et diagram som viser brutto energibehov for hallen, samt netto energibehov og energitilskudd.

Totalt energitilskudd er beregnet ved tilskudd fra belysning, personer, utstyr og solstråling.

| | |
|---|---------------------|
| Energitilskudd fra belysning, personer og utstyr er beregnet til: | 16424,50 kWh |
| Energitilskudd fra solstråling er beregnet til: | <u>8612,77 kWh</u> |
| Totalt | <u>25037,27 kWh</u> |

På grunn av utnyttelsesgraden av energitilskuddet, får vi en reduksjon av det totale energitilskuddet. Da ender vi opp med: **24626,18 kWh.**



Energibehov for dekking av tot.varmetap (6.2) $Q_M = Q_t + Q_i + Q_v$ (kWh) 111 007,96

Nto. energibehov -oppvarming og ventilasjon (6.1) $Q_N = Q_M - r \cdot Q_T$ (kWh) 86 381,78

| Totalt energitilskudd | | | |
|--|-------|---|-----------------|
| Energitilskudd belysning/utstyr/personer (mangler grunnlagsdata) | (Mnd) | $Q_E = (\Phi_b \cdot t_B \cdot d_B + \Phi_U \cdot t_U \cdot d_U + \Phi_N \cdot t_N \cdot d_N) \cdot (t/7 \cdot 24) \cdot A_{\text{gulv}}$ | |
| Energitilskudd belysning/utstyr/personer | (År) | $Q_E = (Q_B + Q_U + Q_N) \cdot A_{\text{gulv}}$ (kWh) | 16424,50 |
| Energitilskudd solstråling | (År) | $Q_S = \Sigma \alpha \cdot S \cdot A_g \cdot a \cdot t$ (kWh) | 8612,77 |
| $Q_T = Q_E + Q_S$ (Wh) | | SUM QT | 25037,27 |

| | | |
|---|--|-----------------------|
| Energibehov - Varmegjennomgangstap (W) | $Q_t = \Sigma U \cdot A \cdot (\Theta_i - \Theta_e) \cdot t + \Sigma \Delta U I \cdot (\Theta_i - \Theta_e) \cdot t$ | 65 515 678,68 |
| Energibehov - Infiltrasjon (varmetap) (W) | $Q_i = C \cdot n_i \cdot V \cdot (\Theta_i - \Theta_e) \cdot t$ | 36 072 877,37 |
| Energibehov - Ventilasjon (varmetap) (W) | $Q_v = C \cdot L \cdot (1-n) \cdot (\Theta_i - \Theta_e) \cdot f \cdot (t_v/168) \cdot t$ | 9 419 403,68 |
| | SUM QM (W) | 111 007 959,72 |

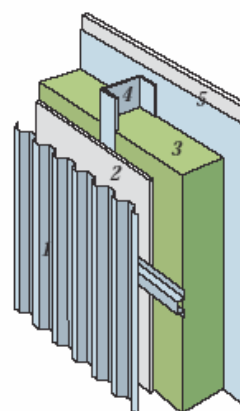
Som en oppsummering kan vi si at bygget er godt isolert etter dagens krav, og får med sitt lille vindusareal, og antatt god gjenvinningsfaktor i ventilasjons -anlegget et godt resultat på energi og varmetapsramma. Som nevnt blir overganger og detaljer rundt infiltrasjon og kuldebroer de viktigste områdene. Slik det er utført i vårt bygg vil vi tro det kommer til å være et svakt punkt, dette pga. for liten isolasjonstykkelse på utsiden av søyler/bjelker. Disse burde vært trukket lengre inn i konstruksjonen, eventuelt påforet min 30mm på utsiden.

5.10 U-Verdier - annet

5.10.1 Bruk av stål i vegg

U-verdi vegg med forsøk på utregning med 99 % isolasjon og 1 % stål med tykkelse 1,5mm, på samme måte som isolasjon/tre fikk vi så høy verdi som:

NY U-verdi m/kuldebro 0,361



Figur B24

1. Utlekket kledning
2. Vindsperre
3. Rockwool
4. Stålstenderplate
5. Stålstender
5. Dampspærre og innvendig kledning

U-verdi (W/m²K)

Yttervegg med stålstendere

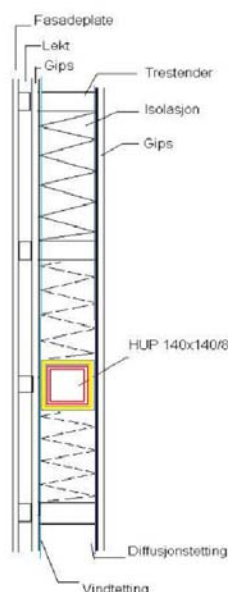
| Stålstenderplate 37 | Stendere uten slisser | | Stendere med slisser | |
|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | Godstykkelse stålstendere 0,7 mm | Godstykkelse stålstendere 1,5 mm | Godstykkelse stålstendere 0,7 mm | Godstykkelse stålstendere 1,5 mm |
| 100 | 0,48 | 0,52 | 0,36 | 0,40 |
| 150 | 0,37 | 0,42 | 0,25 | 0,28 |
| 200 | 0,30 | 0,36 | 0,20 | 0,22 |

Dette kan sammenlignes med utklippet i fra Rockwool sin konstruksjonsguide s.33, og ser ut til å stemme meget godt.

Det er 6, 8 og 10 slisser i stålstenderne for henholdsvis 100, 150 og 200 mm tykkelse.

Vi har her tegnet et snitt av yttervegg, hvor vi ser den bærende HUP-profilen. Den er kledd inn med brannisolasjon, og lukket inn i veggen med gips på inn- og utsiden. Det er lektet ut for utvendig fasadeplater hvor disse sitter skrudd med ca. 5mm avstand – en åpen/luftet løsning.

Vi ville se nærmere på virkningen av en slik konstruksjon med tanke på temperaturforholdene inne i konstruksjonen. Dette er vist på neste side.

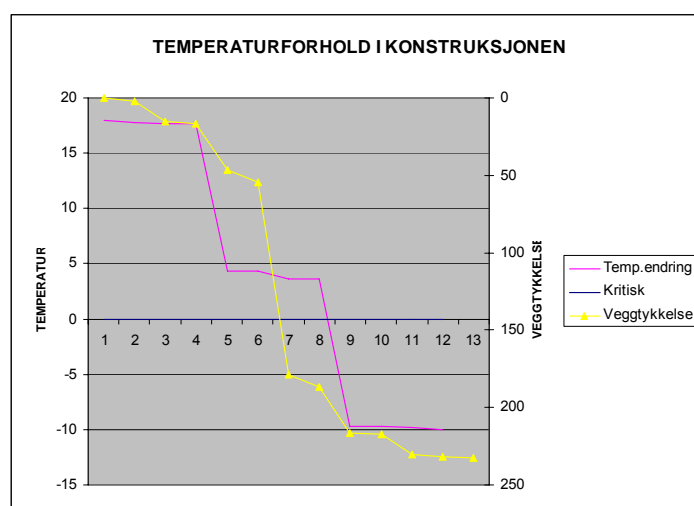


5.10.2 Temperaturforskjell i konstruksjonen

Vi har her laget en beregning som gir oss viten om hvor i konstruksjonen vi får 0 °C. Det er en stor fordel å plassere de godt varmeledende delene av konstruksjonen på ”varm side”. Vi ser av resultatet at nullpunktet ca. 190mm ut som blir i det ytre mineralullsiktet. Dette er i og for seg gunstig, sett bort i fra den isolerende effekten. Men vi har varierende temperaturer i dette landet, så her blir det store forskyvninger av nullpunktet. Dette kan bidra til problemer med fuktvandring og vil gi endringer i egenskapene til materialet.

Dette er ingen god løsning, vi kan med informasjon om innvendig/utvendig fukt, damptrykk og dampmotstand i de forskjellige materialene finne et mulig sted for kondensfare, og dermed fare for isdannelse og fuktproblem.

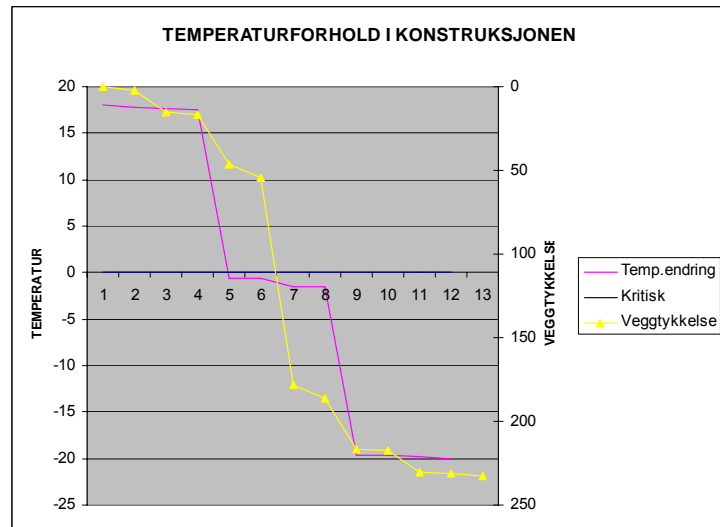
| Temp.endring | Veggtykkelse |
|--------------|--------------|
| 18 | 0 |
| 17,72 | 2 |
| 17,59 | 15 |
| 17,48 | 16,5 |
| -0,59 | 46,5 |
| -0,62 | 54,5 |
| -1,49 | 178,5 |
| -1,51 | 186,5 |
| -19,59 | 216,5 |
| -19,59 | 217,5 |
| -19,72 | 230,5 |
| -20,00 | 231,5 |
| | 232,5 |



Dette viser hvordan temperaturforholdene endrer seg inne i konstruksjonen når utetemperaturen synker til -20 °C. Vi får en forskyvning av nullpunktet til den indre delen av isolasjonen, og dermed havner også stålet på den ”kalde siden”. Det er her små marginer, og når utetemperaturen varierer mellom -17 - -19 °C så svinger stålet mellom +/- 0 °C. Blir temperaturen -10 / +20 kommer 0-punktet midt i bjelken/søylen. Dette gir ugunstige forhold.

Øker vi derimot den utvendige isolasjonen med kun 20mm til 50mm får vi en helt annens situasjon. Vi kan da tåle nesten -30 °C før vi får minusgrader i stålet. Anbefales.

| Temp.ending | Veggtykkelse |
|-------------|--------------|
| 18 | 0 |
| 17,79 | 2 |
| 17,70 | 15 |
| 17,62 | 16,5 |
| 4,30 | 46,5 |
| 4,28 | 54,5 |
| 3,64 | 178,5 |
| 3,62 | 186,5 |
| -9,70 | 216,5 |
| -9,70 | 217,5 |
| -9,79 | 230,5 |
| -10,00 | 231,5 |
| | 232,5 |



5.11 Øvrige forhold

5.11.1 Fundamentering

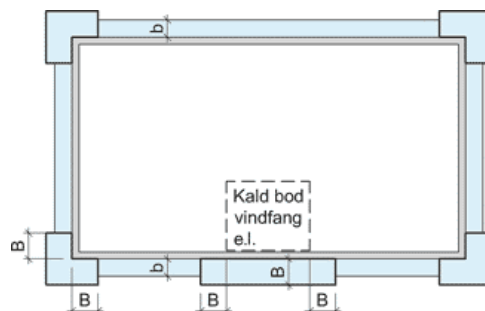
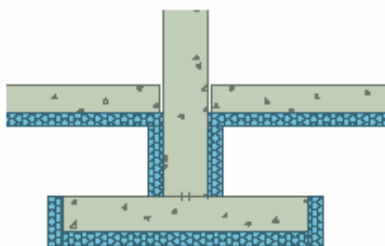
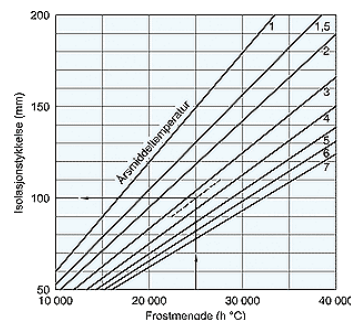
I forbindelse med isolasjon og beregninger har vi også sett på behov for dette ved fundamentering. I følge byggforsklad - 451.021 Klimadata for termisk dimensjonering og frostsikring, gis dette ut i fra frostmengde og type bygning. For varig bygning med konsekvenser ved bevegelse brukes normalt 50-års verdien F_{50} , som for Gjøvik er 43000 ($h^{\circ}C$).

Frostsikring ses i de fleste tilfeller i sammenheng med såle/ringmur, som vi finner beskrivelse for i byggforskladet 521.112. Her gis det i tabell 22.a nødvendig tykkelse og utstrekning på markisolasjonen, som med vår frostmengde her vil føre til en tykkelse på minimum 50mm og med anbefalt utvendig og innvendig isolering. Dette er for øvrig avhengig av fundamenteringsdybde (min 300mm) og overfylling/stedlige masser.

På tegningen under ser vi også at området bør utvides der det er kalde rom, dette gjelder selvsagt i høyeste grad for fundamenter som står alene. Dette er typisk for søylene i vårt kaldt lager, her har vi tegnet inn 100mm isolasjon i bunnen med 50mm lagt over og 50mm i sammenheng med gulvet. Dette er omhandlet i 521.811 hvor utstikk av isolasjonen er vektlagt, i følge tabell 5 og figur 341 vi det i vårt tilfelle gi følgende dimensjoner ved normale byggeforhold:

| | |
|----------------|------------|
| Markisolasjon: | ca. 200 mm |
| Uttstikk: | ca. 250 cm |

Vi ser her større verdier enn vi har lagt inn, men vi har lagt til grunn 200 mm drenerende masser under fundamentene og den sammenhengende gulvisolasjonen. Det er her viktig at den føres et stykke ut fra hallen der det ikke er overfylling, forslag til løsninger som vist på figurene under. (4)



5.11.2

Infiltrasjon

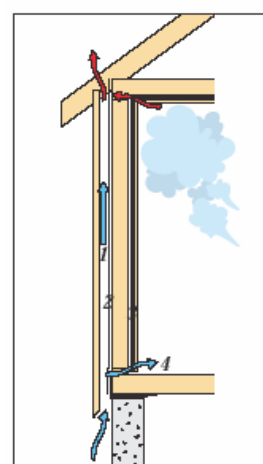
Energibruken har en klar sammenheng med luftlekkasjene i en bygning, det har på dette området vært svært liten fokus. Vi har i de siste årene fått strengere krav til isolering, mens kravene til tetthet har vært uforandret fra 1987 og frem til i dag.

Vi ser av våre beregninger at infiltrasjon er en stor andel av varmetapet, og kan ved enkle og forholdsvis liten økonomisk innsats utgjøre store reduksjoner i energiforbruket. Her er det viktig med planlegging og detaljering av konstruksjonene, men ikke minst er utføringen det avgjørende. Forhold som beliggenhet, vindforhold, høyde/etasjer, utforming og plassering av bygget spiller også en viktig rolle.

Det er også andre fordeler med god tetting, vi kan sikre byggets komfort, fuktforhold, lukt, støvproblemer og reduksjon av lyd.

På figuren ser vi typiske steder hvor det er utfordrende å utføre tettingen. Men dette er svært viktige områder pga. termisk oppdrift. Vi får av tetthetsforskjell mellom kald og varm luft, vind og ventilasjonsvifter et undertrykk nede og overtrykk oppe. Dette gjør at det "suges" inn kald luft nedenfra og varm luft presses ut oppe.

Den mengden luft som angir luftlekkasjetallet er basert på antall luftskifter pr. time når bygget utsettes for en trykkforskjell på 50 Pa.

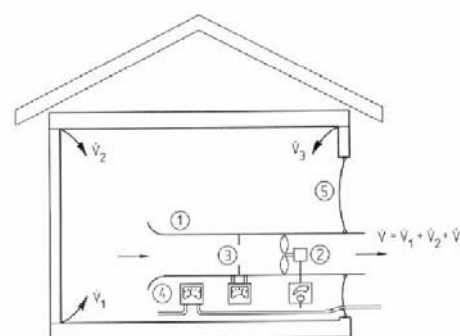


Figur B4
1. Anblåsing
2. Vindsperre
3. Dampspærre
4. Gjennomblåsing

$$n_{50} = \frac{V'_{50}}{V}$$

V'_{50} = samlet luftlekkasje ved 50 Pa trykkforskjell (m³/h)
 V = bygningens volum (m³)

Metoden som blir bruk ved mindre bygninger er ofte en "Blower Door" med programvare for testing. Dette vil være nødvendig for å dokumentere at tetningskravet er oppfylt. Skissen til høyre viser grunnprinsippet.



Det er i de nye kravene TEK-07 som trår i kraft for fullt i 2009 gitt et betydelig fokus og skjerpelse. Vi ser en stor økning i beskrivelser, tester og vurderinger innen dette området, og vil se en økt bruk av trykktesting og termofotografering av bygninger for å oppdage og utbedre slike svakheter. Det er derimot viktig og utføre disse tiltakene før bygningen "lukkes", dvs. å teste for lekkasjer etter dampspærre og vindtetting er montert. Venter vi til fasader og innvendig arbeid er ferdig blir en utbedring av slike svakheter en uforholdsmessig dyr affære.

7 Konklusjon

Som grunnlag for oppgaven vår har vi brukt tegninger vi fikk utdelt av Miljøbygg AS. Her kunne vi se hvilke størrelser de hadde kommet frem til på fundamenter og søyler. Utfordringen vår var å regne alt selv, å se hvor nærme vi kom de resultatene som faktisk var brukt i byggene. Armering i betongen og størrelse på stål søyler kommer derimot ikke frem på tegningene vi fikk. Målet vårt med prosjektet er å komme frem til løsninger som lar seg gjennomføre og er økonomiske, noe vi ser ut til å ha fått til.

Avgrensingene vi gjorde i forprosjektet viste seg å være ganske riktige. Selve dimensjoneringen og energiberegningen var av et større omfang og tok noe lenger tid enn først antatt. Mens andre ting som for eksempel Focus Beregningene gikk raskere. Vi er dermed fornøyde med arbeidsoppgavene vi påtok oss i forprosjektet, sett i forhold til mengde og tid.

Vi har prøvd å holde oss mest mulig innenfor fremdriftsplanen, men noen endringer ble vi nødt til å gjøre. Dette mye pga. annen arbeidsbelastning og eksamensavvikling. Om vi skulle gjort ett nytt prosjekt med den erfaringen vi har i dag, ville vi nok ha lagt opp planen litt annerledes.

Vi føler at dette har gitt oss ett godt innblikk i hverdagen til en ingeniør. Det som har vært mest interessant har vært å komme frem til løsninger der vi ikke har hatt en gitt fremgangsmåte. I disse tilfellene har vi vært nødt til å snakke med veileder, og de som har prosjektert bygget. Vi har hele tiden møtt nye utfordringer og denne arbeidsformen har vært utrolig lærerik.

Samarbeidet i gruppa har forbedret seg etter hvert som tiden har gått i prosjektet. Mot slutten har alle sett mot det samme målet og vi har blitt mer strukturerte. Vi har hatt jevnlig møter der alle har vært til stede og lagt frem status for arbeidet sitt. Hvor vi både har gitt fra oss, og tatt imot innspill fra de andre gruppe-medlemmene. På denne måten har vi hatt oversikt over hvordan vi lå an i forhold til målet som ferdig prosjekt. Vi har hatt en jevn arbeidsflyt hele veien, bortsett fra den siste uka da vi har møttes oftere. Dette har vært nødvendig for å kunne flette sammen en rapport som vi alle har fått frem det vi ønsker i.

8 Kilder / litteraturlister / utstyr

8.1 Kilder og litteratur

Skrevne:

Harald B. Fallsen:

- Kompendium (forelesninger) i dimensjonering av stålkonstruksjoner etter NS 3472
- Kompendium (forelesninger) i dimensjonering av betongkonstruksjoner etter NS 3473

Leif Erik Storm

- Kompendium – Del 1 av 2 for emnet BYG2042 Statikk høsten 2005

Knut Jonas Espedal

- Bygningsfysikk, Byggenæringens Forlag AS ISBN 82-8021-042-3

Sigurd Hoelsbrekken

- Brannsikkerhet, Prosjektering og dokumentasjon, Universitetsforlaget ISBN 82-00-42852-4

Statens bygningstekniske etat

- Veiledning til TEK til Plan- og bygningsloven 1997
- TEK til Plan og bygningsloven 1997

Betongelementforeningen

- Betongelementboken 2005 bind A, Bygging med betongelementer

Nettsider:

- www.lett-tak.no (1)
- www.contiga.no (2)
- www.be.no (3)
- www.dsb.no
- www.lovdatab.no
- www.byggforsk.no
- www.rockwool.no (4)

8.2 Utstyr

Underveis i prosjektet har vi benyttet følgende programmer.

Microsoft Word
Microsoft Excel
Microsoft Powerpoint
Adobe Illustrator
Adobe Acrobat
Autocad 2005
AutoCad (ADT)
Focus konstruksjon
Rockwool Conlit