

OSLOPROSJEKTET

lavenergi programmet



FAGSKOLEN I OSLO



SOGN VIDEREGAENDE SKOLE

AHO Arkitektur- og designhøgskolen i Oslo

# OSLOPROSJEKTET SLUTTRAPPORT 1. DESEMBER 2012

## INNHold

		SIDE
1.	PROSJEKTET ETABLERES	3
1.1	KONTAKT MELLOM LAVENERGIPROGRAMMET OG AHO	3
1.2	SKOLENETTVERKET KOMMER PÅ Plass	3
1.3	MÅLRETTET SAMARBEID OM PROSJEKTBEskRIVELSE	4
1.4	BESØK PÅ BLAKSTAD VIDEREGÅENDE SKOLE I AUST-AGDER	4
1.5	VALG AV BYGGOBJEKT OF AVTALE MED NÆRINGSPARTNERE	5
1.6	SKAR LEIR	5
1.7	UTKAST TIL FORSKNINGSPROSJEKT	6
1.8	FLERFAGLIGE UTFORDRINGER	6
2	ARBEID HØST 2011	6
2.1	AHO	6
2.1.1	STRATEGI, KURSBESKRIVELSE	6
2.1.2	GJENNOMFØRING, DELOPPGAVER	7
2.1.3	RESULTATER	9
2.1.4	PROSJEKT VALGT FOR UTFØRELSE	11
2.1.5	EVALUERING AV KURSET	12
2.2	HiOA	12
2.2.1	OM UTDANNINGEN OG KURSET	12
2.2.2	GJENNOMFØRING	12
2.2.3	RESULTATER	13
2.3	FiO	14
2.3.1	INTRODUKSJON, KLARLEGGING AV FAGLIGE KONTAKTFLATER	15
2.3.2	AKTIVITETER, OPPGAVER	14
2.3.3	RESULTATER	14
2.4	SOGN VGS.	15
2.4.1	PLANER, AKTIVITETER	15
2.4.2	RESULTATER	16
2.5	UTSTILLING OG PROSJEKTLANSERING	16
3	ARBEID VÅR 2012	20
3.1	AHO	20
3.1.1	KURSBESKRIVELSE, ARBEIDSOPPGAVER	20
3.1.2	GJENNOMFØRING	20
3.1.3	RESULTATER	24
3.2	HiOA	23
3.2.1	OPPGAVE, GJENNOMFØRING	23
3.2.2	RESULTAT	24
3.3.	FiO	24
3.3.1	OPPGAVER, GJENNOMFØRING	24
3.3.2	RESULTATER	25
3.4	SOGN VGS.	26
3.4.1	OPPGAVER, GJENNOMFØRING	26
3.4.2	FORBEREDELSE TIL OPPSTART AV BYGGING HØST 2012	29
3.5	KONSEKVENs AV BYGGUTSETTELSE FOR MÅLOPPNÅELSE I PROSJEKTET	29
4	ARBEID HØST 2012	29
4.1	AHO: OPPFØLGING PROSJEKTERING OG BYGGING	29
4.2	HiOA	32
4.2.1	LÆRERINNSATS	32
4.2.2	BRUK AV MODULPROSJEKTET I UNDERVISNINGEN	32
4.3	FiO	33
4.3.1	BRUK AV MODULPROSJEKTET I UNDERVISNINGEN	33
4.4	SOGN VGS.	33
4.4.1	TILRIGGING, PRODUKSJONSPLANLEGGING, BYGGING	33
4.4.2	BRUK AV MODULPROSJEKTET I ØVRIG UNDERVISNING	34

5	STUDIEPLANER	35
5.1	HOVEDTREKK I SKOLENES UTDANNINGER OG KURSPLANER	35
5.2	HVORDAN OSLO-PROSJEKTET BLE INTEGRERT I KURS PÅ SKOLENE	35
6.	OSLOMODELLEN	38
6.1.	INNLEDNING	38
6.2	FAGLIG GRUNNLAG OG SAMFUNNSMESSIG RELEVANS	38
6.2.1	UTFORSKENDE BYGGING I UTDANNINGEN	38
6.2.2	ENERGI- OG MILJØLØSNINGER KREVER FLERFAGLIG SAMARBEID	38
6.2.3	BÆREKRAFT, KVALITET OG KOMPETANSE I BYGGENÆRINGEN HAR HØY POLITISK AKTUALITET	38
6.2.4	SMÅ, PREFABRIKERTE OG FLYTTBARE PROSJEKTER ER VELEGNET FOR UTFORSKENDE FULLSKALABYGGING	38
6.2.5	NORGE SOM KLIMALABORATORIUM	39
6.3	DELTAKERE, ROLLER OG ANSVAR	40
6.3.1	SKOLENETTVERKET	40
6.3.2	STYRINGSGRUPPE	40
6.3.3	PROSJEKTLEDER	41
6.3.4	NÆRINGSPARTNERE I KONTROLLFUNKSJON	41
6.3.5	PROSJEKTERING OG FOU	41
6.3.6	PRODUKSJON	41
6.3.7	ØVRIGE NÆRINGSPARTNERE	42
6.3.8	BRUK, MÅLINGER, PLANLAGTE LIVSLØP	42
6.4	ØKONOMISKE, PRAKTISKE OG ORGANISATORISKE RAMMEBETINGELSER	42
6.5	OVERFØRING, TILPASNING TIL ANDRE UNDERVISNINGS / NÆRINGS-MILJØER	42
6.6	VIDERE UTVIKLING, NYE TEMAER	42
7	OSLOPROSJEKTET: STATUS FOR MÅLOPPNÅELSE PR. 1.12.2012	43
7.1	UTDANNING	43
7.2	FOU – UTVIKLING AV KUNNSKAP	43
7.3	FORMIDLING / KUNNSKAPSOVERFØRING	43



## 1. PROSJEKTET ETABLERES

### 1.1. KONTAKT MELLOM LAVENERGIPROGRAMMET OG AHO.

Sommeren 2009 fikk to diplomoppgaver fra AHO bred og positiv omtale i Aftenposten for sine grundige analyser og gode miljøløsninger. Lavenergiprogrammet tok kontakt, og senhøstes møttes Guro Hauge (daglig leder) og Jan-Helge Friling (seniorkonsulent) fra Lavenergiprogrammet og Marius Nygaard (professor) fra AHO. Her lanserte Guro Hauge ideen om å bruke små, ikke meldepliktige bygg som plattform for flere initiativer:

1. Utvikling av nye løsninger for bygg med lavt energiforbruk og lave klimagassutslipp
2. Etablering av møteplasser der studenter/elever fra ulike fag i byggebransjen kan samarbeide om utforskende bygging i full skala.
3. Design av lekehus som kan utvikle barns forståelse for miljøtemaer i arkitektur og dagligliv. Dette kan være utgangspunkt for samarbeidsprosjekter mellom Institutt for Arkitektur og Institutt for Design ved AHO.

De to første passet svært godt til foreliggende planer på Institutt for arkitektur. Instituttet ønsket å etablere fullskalabygging som en viktig del av undervisningen og den praksisbaserte forskningen ved AHO. Flerfaglig samarbeid er også fremhvet som et viktig faglig mål på skolen fordi det er en forutsetning for utvikling av bærekraftig arkitektur. Ideen om lekehus ble positivt mottatt på Institutt for design, men ble nedprioritert fordi de ikke hadde like direkte relevans for utviklingen av lavenergi- og passivhus.

### 1.2. SKOLENETTVERKET KOMMER PÅ Plass

Lavenergiprogrammet lanserte ideene for Sogn videregående skole og Fagskolen i Oslo (FiO) som skal samlokaliseres i den nye Kuben videregående skole ved Risløkka. På begge skoler ble initiativet mottatt med entusiasme. Fra sommeren 2010 var seniorkonulent Veslemøy Nestvold Lavenergiprogrammets prosjektkontakt.

Høgskolen i Oslo og Akershus (HiOA) hadde nettopp etablert et masterstudium i Energi og miljø i bygg. De var positive til et samarbeid med AHO i prosjekteringsfasen. På denne måten fikk en i løpet av 2010 etablert et nettverk av skoler og fagmiljøer som dekket hele byggeprosessen. SINTEF Byggforsk deltok i møte om egnede byggobjekter, og ble senere tilknyttet for å delta i formulering og utførelse av mulige forskningsoppgaver som kunne utledes av prosjektet.

Kontaktpersoner og senere styringsgruppedlemmer fra de enkelte skolene har vært:

Fra Sogn vgs. Annastina Henriksson, Avdelingsleder, Bygg og anlegg og naturbruk

Fra Fagskolen i Oslo: Even Stenvaag Leira, Undervisningsinspektør / KEM koordinator

Fra Høgskolen i Oslo: Heidi Liavåg, Universitetslektor, Fagkoordinator, Institutt for Bygg og Energiteknikk

Fra Arkitektur- og designhøgskolen i Oslo: Marius Nygaard, professor, Institutt for arkitektur.



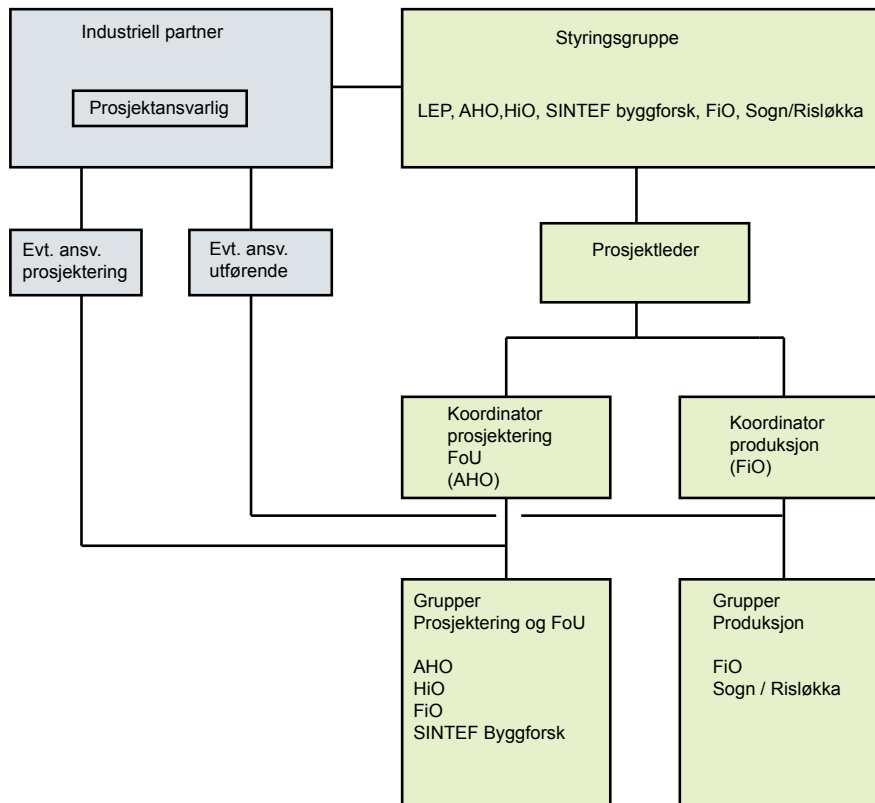
Osloprosjektet: Nettverket av samarbeidende skoler / institusjoner



### 1.3. MÅLRETTET SAMARBEID OM PROSJEKTBEKRIVELSE

Fra årskiftet 2010/2011 innledet Lavenergiprogrammet og de samarbeidende skolene en serie møter hvor aktiviteter, gjennomføringsplaner og organisering ble diskutert. Kompetanseoppbygging innen lavenergi- og passivhusbygging var felles, overordnet perspektiv. Med dette som bakgrunn ble pedagogiske mål for de enkelte skolene diskutert. Det ble også vurdert hvordan samarbeid kunne organiseres på en optimal måte.

En felles prosjektbeskrivelse ble sammenfattet av Lavenergiprogrammet og AHO i begynnelsen av April 2011. Den ble benyttet som grunnlag for søknad om kompetansemidler i Husbanken (innsendt i april 2011) og prosjektmidler fra Enova (innsendt mai 2011).



Osloprosjektet: Organisasjonsplan (fra prosjektbeskrivelsen)

### 1.4 BESØK PÅ BLAKSTAD VIDEREGÅENDE SKOLE I AUST-AGDER



Besøk på byggeplass for omsorgsboliger som bygges av Blakstad-elevene

Lavenergiprogrammet og representanter fra alle skolene deltok på fagdag arrangert av Blakstad videregående skole i Froland kommune 13. april 2011. Skolen har i samarbeid med kommunen utviklet den såkalte Blakstadmodellen for bygging av passivhus som integrert del av yrkesutdanning. Froland kommune er byggherre, prosjekteier og bestiller. Kommunen har også prosjektledelse og økonomistyring. Skolen er entreprenør og har ansvar for det faglige og pedagogiske opplegget knyttet til prosjektet. BGM arkitekter (Bengt G. Michalsen) hadde ordinært arkitektoppdrag, men samarbeidet nært med lærerne om løsningene.

Besøket var inspirerende og utbytterikt. At elever under yrkesutdanning bygger med den presisjonen og kontrollen som skal til for å oppfylle passivhuskrav er imponerende. Samtidig er det en indikator på at målrettet kompetanseheving vil gjøre det mulig å implementere passivhusløsninger raskt og på bred basis.

### 1.5 VALG AV BYGGOBJEKT OG AVTALE MED NÆRINGSPARTNERE

Å ta ikke meldepliktige bygg som utgangspunkt ble ansett som nødvendig for ikke å binde undervisningsplanene til offentlig byggesaksbehandling. Her åpner byggesaksforskriften ( SAK 2010) for to typer prosjekter:

I. (SAK § 4-1) Mindre frittliggende bygning på bebygd eiendom som ikke skal brukes til beboelse. Mønehøyde kan være inntil 3,0 m og gesimshøyde inntil 2,5 m. Verken samlet bruksareal (BRA) eller bebygd areal (BYA) kan være over 15 m<sup>2</sup> .

Avstand til annen bygning på eiendommen skal ikke være mindre enn 1,0 m.

II. (SAK § 4-2) Unntak for plassering av særskilt bygning, konstruksjon eller anlegg

Følgende tiltak kan plasseres uten søknad eller tillatelse:

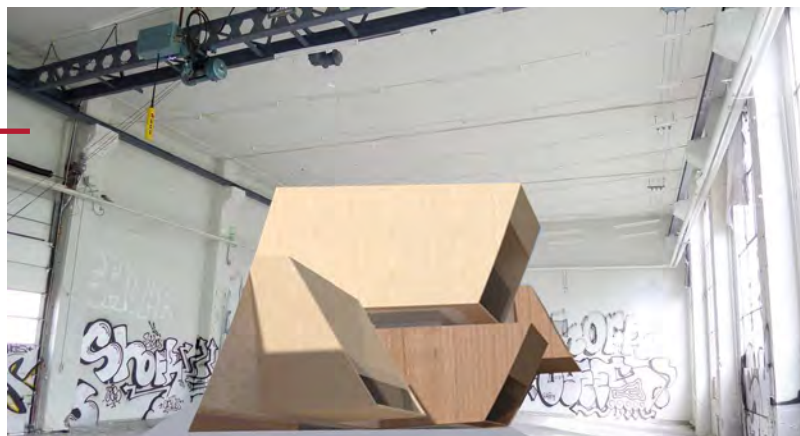
a) Bygninger, konstruksjoner eller anlegg på eller i direkte tilknytning til bygge- eller anleggstomt hvor arbeid pågår.

Den siste bygningstypen fremsto som mest egnet for vårt prosjekt. I første rekke fordi det åpnet for et bredere spekter av størrelser og funksjoner, inklusive boliger. Et tykt klimaskall ville gi begrenset innvendig plass når bebygd areal skal være under 15 m<sup>2</sup> og gesimshøyde under 2.5 m.

Lavenergiprogrammet og AHO tok kontakt med Utleieforeningen. Den organiserer bedrifter som driver utleie av maskiner, utstyr og flyttbare byggmoduler. Daglig leder Arne Bugge kunne fortelle at 50.000 moduler av ulike typer er i ferd med å bli utdatert på grunn av skjerpede energi- og innneklimakrav og nye regler for tilgjengelighet og universell utforming. Mange midlertidige bygg blir stående mye lenger enn opprinnelig avtalt, og bør derfor gis en bedre teknisk, funksjonell og arkitektonisk kvalitet. Byggmoduler anvendes i alle deler av landet og i alle typer klima, landskap og bygningsmiljøer. De egner seg derfor for systematiske undersøkelser av klimapåvirkninger.

Med dette som bakgrunn fremsto å utvikle passivhusløsninger for prefabrikerte byggmoduler som en svært relevant oppgave for Osloprosjektet. Ideen ble diskutert med Temporent, Indus Norge, UCO og Moelven byggmodul (sistnevnte ikke medlem av Utleieforeningen). Bedriftene besluttet å gi tilsammen kr. 100.000 til bygging av en modul, og Osloprosjektet kunne nå ta utgangspunkt i et konkret byggobjekt i planleggingen av kurs og byggeprosess.

### 1.6 SKAR LEIR



Til venstre: Oversiktskart over Skar leir. Over: Hall 1 (Fotomontasje)

Sogn vgs. har siden 2009 hatt avtale med Oslo kommune om bruk av deler av det tidligere militære anlegget Skar leir i Maridalen som undervisningslokaler. Leiren har en rekke store verkstedshaller som er ideelle for fullskalabygging. AHO er en av flere utdanningssteder som har interesse av et permanent sted hvor større prosjekter og løsninger kan utprøves og utstilles uten å måtte demonteres raskt av plasshensyn. Under en felles befaring i juni 2011 ble en stor hall i nordre del av anlegget utpekt som best egnet. Sogn vgs. skulle utrede muligheten for bruk av denne hallen. Samtidig ble ideen om å utvikle Skar leir som et permanent område for utforskende bygging lansert. Forslaget ble møtt med interesse på bydelsnivå, og ble også beskrevet i et Notat som ble sendt til Etat for Eiendom og Utbygging (EBY). Nærheten til drikkevannskilden Maridalsvannet legger sterke begrensninger på bruken av Skar Leir. Osloprosjektets nettverk av skoler kan i samarbeid med andre kompetansemiljøer utvikle helhetlige, miljøvennlige løsninger både for bygninger, uterom og vann- og avløpssystemer. Dermed kan leiren bli et undervisningsprosjekt i seg selv.

## 1.7 UTKAST TIL FORSKNINGSPROSJEKT

Sommeren 2011 utarbeidet AHO og SINTEF byggforsk beskrivelse av forskningsprosjektet "Industrialisert bygging med tre" innenfor programmet Natur og næring i Norges Forskningsråd.

Hovedelementer var:

- Tverrfaglig utvikling og samarbeid. Design
- Tverrfaglig utvikling og samarbeid. Produksjon
- Planlegging og montasje. Tetting
- Tekniske installasjoner i element/modulbygg
- Midlertidige bygg og myndighetskrav

Arbeidet med prosjektbeskrivelsen bekreftet at mange av temaene i Oslo-prosjektet var relevante forskningstemaer. Skissen var også utformet med sikte på deltakelse fra de involverte skolene. Det viste seg at samarbeid med aktuelle industripartnere ikke kunne avklares innenfor søknadsfristen.

Oppfølgende målinger av temperatur og fukt i byggmodulen er opprettholdt som mål i prosjektet. Det er anskaffet trådløse sensorer som monteres i konstruksjonene og gir data til minisentral med internett-tilkobling.

## 1.8 FLERFAGLIGE UTFORDRINGER

Osloprosjektet er organisert rundt et lite byggobjekt der passivhusløsninger er integrert. Både modulen og skolesamarbeidet er i prosjektbeskrivelsen satt inn i større sammenhenger som gir nye typer utfordringer.

En byggmodul må utformes slik at den kan produseres og settes sammen med andre enheter på en måte som er effektiv i forhold til byggetid, materialbruk, areal, volum og energibehov. Konstruksjonene må utformes slik at de åpner for fleksible planløsninger og varierte fasadeuttrykk. Løsninger for lyd og brann må forberedes i oppbyggingen av den enkelte modulen. Det må også legges til rette for oppvarmings- og ventilasjonsløsninger for enkle og sammensatte prosjekter.

Prosjektet forutsetter samarbeid mellom fire skoler med forskjellige fagkretser, undervisningsmodeller og fagkulturer. Det er bred enighet om at flerfaglige perspektiver og prosesser er avgjørende for utforming av bærekraftige bygg og byer, men det finnes få eksempler på samarbeid over så brede felt. AHO og HiOA forventes å drive forskningsorientert undervisning men den må bygge på grunnleggende kunnskap om materialer, konstruksjoner, tilførselssystemer og produksjonsmåter. På AHO jobbes det prosjektorientert, mens HiOA har parallelle fagmoduler. Sogn videregående skole ønsker å undervise mer prosjektorientert og mindre timeplanbasert for å knytte utdanningen sterkere til utøvelsen av håndverk. Samtidig må skolen formidle generell kunnskap som gir forståelse av hvordan de bygde løsningene påvirkes av sol, vind, vann og laster. Fagskolen bygger ny kunnskap på en solid yrkesbakgrunn og utdanner fagfolk og ledere som må kunne kommunisere både vertikalt og horisontalt i byggeprosessene.

Å forstå og avveie de ulike perspektivene både i utdanningene og i byggutforming har vært en hovedutfordring i Osloprosjektet.

## 2. ARBEID HØST 2011

### 2.1. AHO

#### 2.1.1. STRATEGI, KURSBEKRIVELSE

Parallelt med arbeidet i Oslo-prosjektet har Institutt for arkitektur ved AHO utviklet en ny strategisk plan hvor en forplikter seg til å utvikle samarbeidet med de andre skolene.



”Instituttets nettverksamarbeid med andre byggorienterte utdanninger i Oslo-regionen skal følges opp. Målet er å etablere en plattform for flerfaglig utvikling og utforskende fullskalabygging. Kunnskaper om grensesnittet mellom konseptutvikling og produksjon skal prioriteres både i grunnutdanningen og i masterstudiene.”

Høsten 2011 gjennomførte AHO et masterkurs som integrert del av Osloprosjektet med tittel: *Prosjektering og uttegning av liten byggmodul for utforskende bygging i full skala - del 1 (prosjektering)*

Kursinnholdet ble beskrevet slik:

”Prosjektering av en eller to små boligenheter (15-20 m<sup>2</sup>) med energibehov på passivhusnivå. Modul(e) skal utplasseres på sted(er) med spesifikke, krevende klimapåvirkninger (vind, regn, snø). Kurset og prosjekteringen orienteres mot en kritisk diskusjon rundt potensial og begrensninger i ulike strategier og løsninger for passivhus.”

Følgende læringsutbytte ble satt som mål:

”Kjennskap til designparametre knyttet til kompakte boligenheter. Oversikt over klimaforhold som påvirker situasjonsplan og bygningsutforming. Kjennskap til bygningsfysiske temaer som er avgjørende for energieffektivitet. Oversikt over kommende lavenergi- og passivhusstandarder og tekniske løsninger. Erfaring i analyse og designutvikling av konstruksjonsdetaljer som er kritiske i forhold til klimatilpassing, energieffektivitet og lave vedlikeholdskonstnader.”

### 2.1.2 GJENNOMFØRING, DELOPPGAVER

Marius Nygaard (professor med ansvar for bærekraft og energibruk i arkitektur) var kursansvarlig. Forøvrig deltok universitetslektor (Siv.ing.) Solveig Sandness og Professor II (Dr.Ing.) Nils E. Forsén.

	August	September	Oktober	November	Desember
M 1		To 1 900 Forelesning/ Workshop m. HIQA	L 1	Ti 1 Fordypningskurs	To 1
Ti 2	F 2		S 2 Uke 40	O 2	F 2
O 3	L 3		M 3	To 3 900 Gjennomgåelse Lille auditorium	L 3
To 4	S 4	Uke 36	Ti 4 Fordypningskurs	F 4	S 4
F 5	M 5		O 5 Flerfaglig workshop AHO/HIOA	L 5	M 5
L 6	Ti 6	Fordypningskurs	To 6 900 Forelesning/ workshop	S 6 Uke 45	Ti 6 900 Gjennomgåelse Grupperom 3
S 7	O 7	Uke 32	F 7	M 7	O 7
M 8	To 8	900 Gjennomgåelse Lille auditorium	L 8	Ti 8	To 8
Ti 9	F 9		S 9 Uke 41	O 9 Fordypningskurs-uke	F 9
O 10	L 10		M 10	To 10	L 10 Uke 50
To 11	S 11	Uke 37	Ti 11 Fordypningskurs	F 11	S 11
F 12	M 12		O 12 Workshop Transsolar	L 12	M 12
L 13	Ti 13	Fordypningskurs	To 13 900 Gjennomgåelse Lille auditorium	S 13 Uke 46	Ti 13
S 14	O 14	Uke 33	F 14	M 14	O 14 AHO works
M 15	To 15	10-12 Introduksjon kurs	L 15	Ti 15	To 15
Ti 16	F 16	Fordypningskurs	S 16 Uke 42	O 16	F 16 Semesterstutt
O 17	L 17		M 17	To 17 900 Forelesning/ workshop	L 17
To 18	S 18	900 Forelesning/ Workshop	Ti 18 Fordypningskurs	F 18	S 18 Uke 51
F 19	M 19		O 19	L 19	M 19
L 20	Ti 20	Fordypningskurs	To 20 900 Forelesning/ workshop LA+G3	S 20 Uke 47	Ti 20
S 21	O 21	900 Flerfaglig workshop AHO/HIOA	F 21	M 22	O 21
M 22	To 22	900 Forelesning/ workshop	L 22	Ti 22 Fordypningskurs	To 22
Ti 23	F 23	Fordypningskurs	S 23 Arkitekturdagen	O 23 Uke 43	F 23
O 24	L 24		M 24	To 24 900 Forelesning/ workshop	L 24
To 25	S 25	900 Forelesning/ Workshop	Ti 25 Fordypningskurs	F 25	S 25 Uke 52
F 26	M 26		O 26	L 26	M 26
L 27	Ti 27		To 27 900 Forelesning/ workshop	S 27 Uke 48	Ti 27
S 28	O 28	Uke 35	F 28 Ekskursjon	M 28	O 28
M 29	To 29		L 29	Ti 29	To 29
Ti 30	F 30	Fordypningskurs	S 30 Uke 44	O 30	F 30
O 31			M 31 900 Konstruksjoner		31

Semesterplan for modulkurset  
Vertikale striper markerer faser i prosjekteringen:  
Program (oransje)  
Forprosjekt (gul)  
Hovedprosjekt (rød)  
Detaljprosjekt (blå)

I første del av kurset ble det holdt en serie med forelesninger og seminarer som ga en grundig innføring i rammebetingelsene for utforming og produksjon av byggmoduler. Industripartnerne bidro med forelesninger og innspill på seminarer. Det ble gjennomført bedriftsbesøk på Moelven byggmodul.



Fra arkitektstudentenes besøk på Moelven Byggmodul. I midten: Teknisk sjef Bjørn Ottar Torp

Opgave 1 for studentene var å utarbeide et felles prosjekteringsgrunnlag som sammenfattet alle viktige rammebetingelser for modulprosjekter. Rapporten på 80 sider inneholder også omtale av en rekke relevante prosjekteksempler.



Utdrag av studentenes felles rapport om prosjekteringsgrunnlag for byggmoduler



Det ble etablert et direkte samarbeid med HiOA (master i energi og miljø i bygg) om utvikling av energiløsninger for prosjektene. Det ble gjennomført felles workshops der prinsipløsninger for høye, mellomhøye og lave modulbygg ble diskutert.

I siste uke av september dro kursets studenter og lærere på studietur på sykkel i Amsterdam. Byen har mange store container- og modulprosjekter. Blant dem er Keetwonen - verdens største containerby med 1000 studentboliger.



Studietur med sykkel i Amsterdam. I midten: Keewonen containerboliger for studenter. Til høyre: Stavangerweg modulboliger for studenter.

Transsolar er tyske energi- og klimarådgivere med kontorer i Stuttgart, München og New York. De har erfaring fra en rekke høyt profilerte samarbeidsprosjekter med kjente arkitekter som Foster & partners, Steven Holl og Frank Gehry. I begynnelsen av oktober arrangerte kurset en workshop med Matthias Rudolph fra Transsolar. Han ga positive tilbakemeldinger om bredden og nivået på de løsningene som ble diskutert.

Hoveddelen av arkitektstudentenes arbeid besto i utvikling av individuelle prosjekter under veiledning fra kurslærerne og inviterte spesialister. Det ble gjennomført en rekke delinnleveringer og felles gjennomgørelser av prosjektene. Til to av disse arrangementene var industripartnerne og de andre skolene invitert.

### 2.1.3 RESULTATER

#### PROSJEKTER



Studiokurs i planlegging av byggmoduler høsten 2011: Oversikt over innleverte prosjekter



Det ble åpnet for prosjekter med ulik størrelse og ulike funksjoner. Det viste seg at studentene fordelte seg jevnt på store/høye, mellomstore og små prosjekter. Det var en klar forutsetning at det prosjektet som skulle plukkes ut for videre detaljering og bygging måtte være realistisk i forhold til kompleksitet og teknologi. Flere av prosjektene lå fra starten i denne gruppen, noe som ga trygghet for at kurset ville gi en eller flere løsninger som var egnet for bygging i full skala. Det var også fra starten forutsatt at alle prosjektene skulle presenteres i et samordnet format på en felles utstilling.

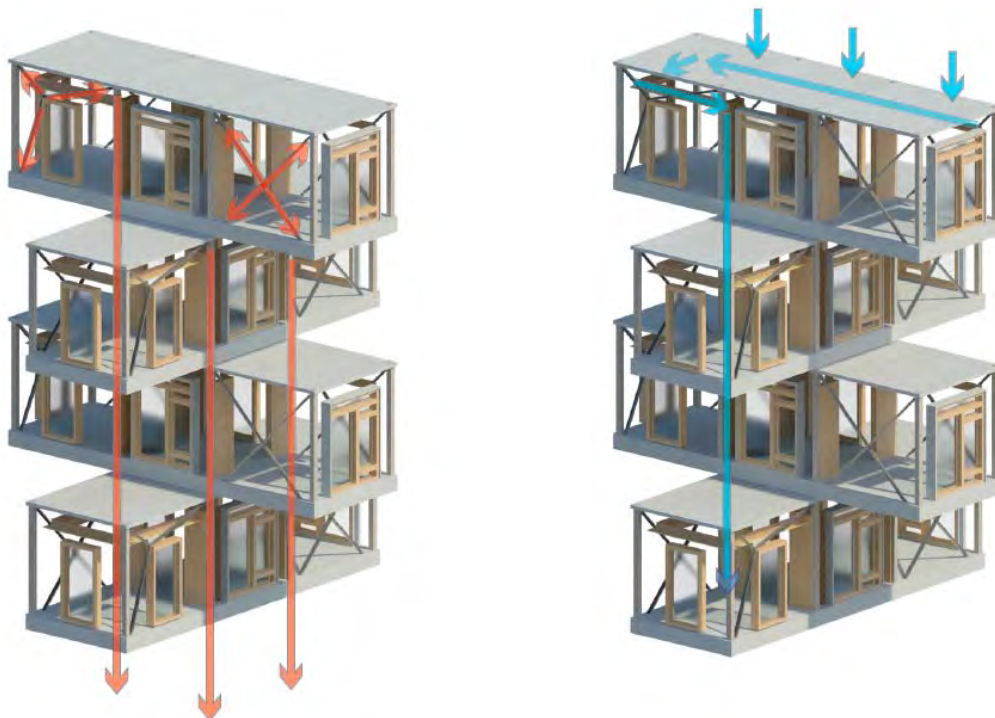
Samlet holdt prosjektene et høyt nivå og illustrerte en rekke viktige temaer knyttet til utforming av små byggmoduler med passivhusstandard:

Nytt samspill mellom konstruksjon og klimaskall i små trebygg

Krav om god varmeisolasjon og minimerte kuldebroer fremtvinger en gjennomgang av hva som er en optimal konstruksjon og hva som er en optimal løsning for isolasjon og sperresjikt for fukt og luft. Prosjektet som er utvalgt for bygging har en indre kjerne av bærende trekonstruksjoner. Dette er omsluttet av et ytre isolerende skall som ikke har bærende eller avstivende rolle. Prinsippet åpner for bruk av nye kombinasjoner av isolasjonsmaterialer og kledninger.

#### Integrert utforming av konstruksjoner og tekniske systemer

De fleste prosjektene dokumenterer hvordan byggets ulike delsystemer er bygd opp og avhengigheten mellom dem. Konstruktive konsekvenser av arkitektoniske intensjoner er tatt opp tidlig i prosjektutviklingen og avklart under detaljeringen.



*Samordning av konstruksjoner og tekniske systemer i arkitektstudent Terje Sandbergs modulprosjekt*

#### Nye isolasjonsmaterialer trukket inn i diskusjonen om detaljer i passivhus

I en rekke av prosjektene er nye isolasjonsmaterialer som f.eks. vakuumpaneler anvendt for å redusere tykkelse og vekt på klimaskallet. Vakuumisolasjon kombineres også med tradisjonelle materialer.

#### Fleksible dør/veggløsninger for å oppnå tilgjengelighet i små boenheter

En rekke boligbyggere har hevdet at krav om tilgjengelighet og / eller universell utforming medfører urimelige kostnadsøkinger i små leiligheter. Studentboliger brukes ofte som eksempel. Mange av prosjektene tar denne utfordringen på alvor, og viser fleksible dør/veggløsninger der deler av gangarealet kan innlemmes i baderommet ved behov. På denne måten kan tilgjengelighetskrav etterkommes i små byggmoduler.

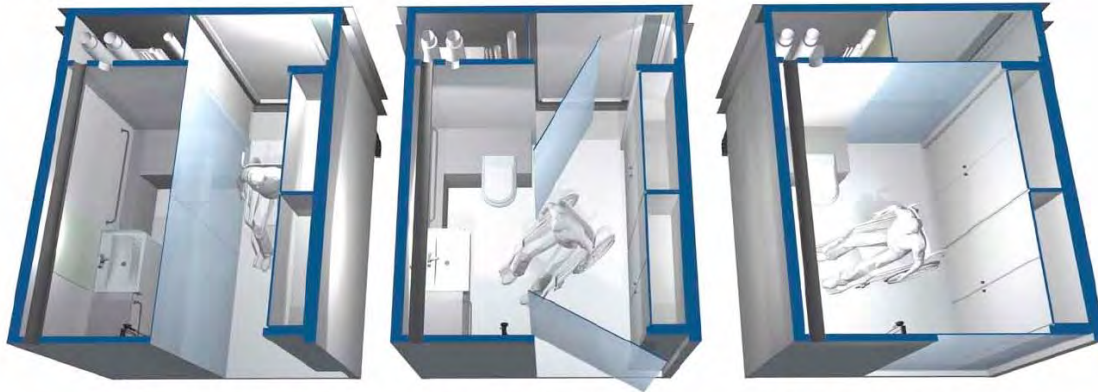


fig.1: Entresituasjon. Baderommet ligger skjult bag glassdørene

fig.2: Rommet endrer funksjon, badet åpner seg og gangen forsvinner.

fig.3: Et romslig universelt utformet bad.

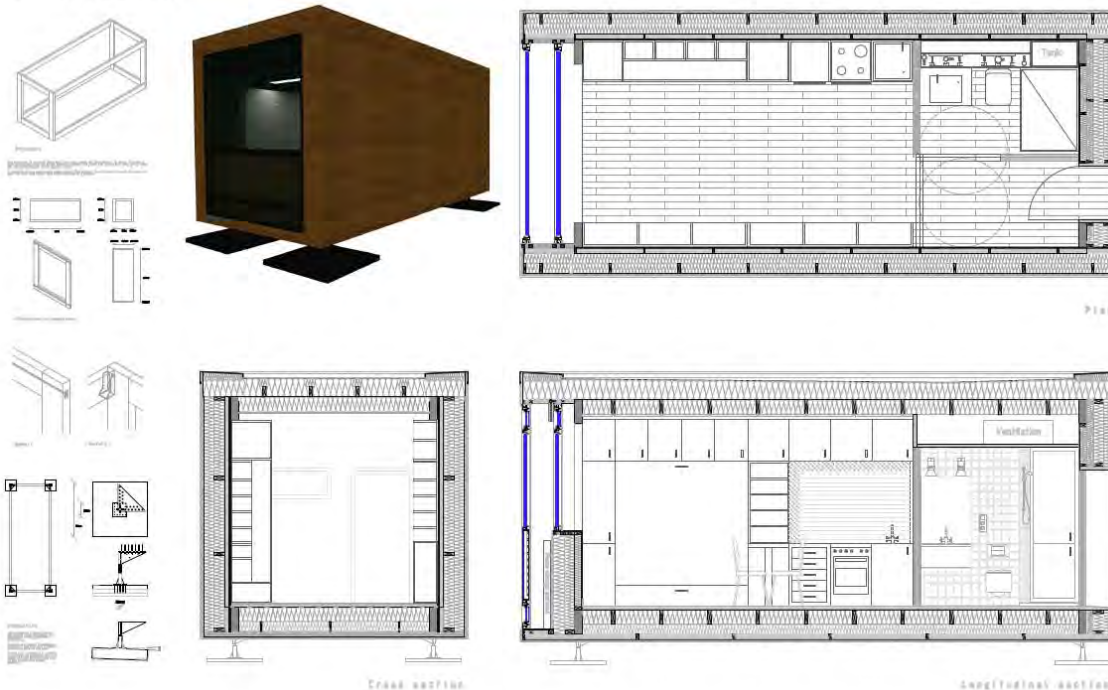
Arkitektstudent Tor Magnus Horten: Tilgjengelighet i kompakt boenhet tilrettelagt med fleksible vegger.

Samarbeid med HiOA har brakt dokumentasjonen av energibruk opp på et nytt nivå  
Felles forelesninger og workshops for AHO - og HiOA-studentene har gitt både arkitekt- og ingeniørstudenter ny innsikt i flerfaglige problemstillinger i tidlige designfaser.  
(Se nærmere omtale under HiOA nedenfor)

#### 2.1.4 PROSJEKT VALGT FOR UTFØRELSE

Normalt skal forelesninger på masterkurs holdes på engelsk hvis en eller flere studenter ikke forstår norsk. Modulkurset hadde fått dispensasjon av hensyn til samarbeidet med de andre skolene. Arkitektstudent Joan Pastor Planas fra Barcelona valgte kurset til tross for dette, og fikk ekstra litteraturhenvisninger og veiledning på engelsk. Under utformingen av sitt prosjekt forholdt han seg presist til mange av de mulighetene og utfordringene som knytter seg til fremtidens fleksible og energieffektive byggmoduler. Prosjektet inneholdt en rekke oppslag som kan bidra til nyskapende løsninger ved bygging. Prosjektet var samtidig godt tilrettelagt for produksjon, og ble derfor valgt ut for videre bygging i samarbeid med Fagskolen i Oslo og Sogn videregående skole.

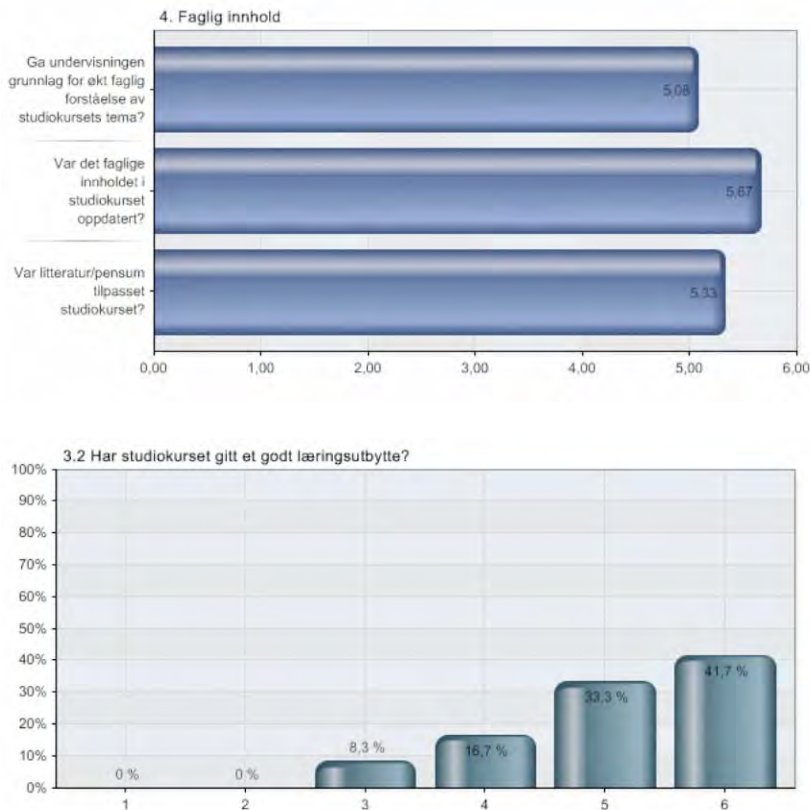
#### Universality



Arkitektstudent Joan Ramon Pastor Planas: Prosjekt valgt ut for bygging i full skala.

## 2.1.5 EVALUERING AV KURSET.

På AHO gir studentene tilbakemelding på nettbaserte spørreskjemaer etter hvert kurs. Svarene blir tillagt vekt og brukes i planleggingen av fremtidige kurs. Modulkurset på AHO fikk svært positiv bedømmelse fra studentenes side. Dette er oppløftende, spesielt med tanke på at mange av temaene var nye, og flere felles aktiviteter med andre skoler måtte tilrettelegges underveis i kurset.



Utdrag av studentevalueringene av studiet om liten byggmodul høsten 2011  
Øverst: Faglig innhold. Under: Læringsutbytte

## 2.2. HIOA

### 2.2.1. OM UTDANNINGEN OG KURSET.

Høgskolen i Oslo og Akershus startet høsten 2011 toårig masterstudium i Energi og miljø i bygg. I de tre første semestrene gjennomføres parallelle kurs i grunnleggende fagtemaer, og i fjerde semester gjennomføres masterprosjekt.

Samarbeidet med AHO ble knyttet til kurset *Energi, inneklima og analytiske metode* som utgjør 1/3 av studiet i 1. semester (10 av 30 studiepoeng). I dette kurset inngår undervisning i modeller og digitale verktøy for energiberegning. Det er snakk om et målrettet samarbeidsprosjekt innenfor stramme tidrammer.

### 2.2.2 GJENNOMFØRING

Professor II (Phd.) og seniorforsker ved SINTEF Byggforsk Mads Mysen var HiOs kursleder. Ved oppstart av semesteret ble det holdt felles forelesninger for arkitekt- og ingeniørstudenter om bærekraftig arkitektur og energieffektive ventilasjonssystemer.

Senere ble det holdt to felles workshops der konsepter for integrerte energiløsninger i høye, mellomhøye og lave bygg ble diskutert i grupper. Et hovedmål var å utvikle en forståelse av de tidlige designbeslutningene som har stor betydning for energiforbruket. Under oppsummeringen i plenum ble sammenhengen mellom volumformer og luftbevegelser i og rundt bygg diskutert.

Som case-studier for HIOAs beregninger ved hjelp av programmet SIMIEN ble tre studentprosjekter fra AHO brakt fram til et detaljeringsnivå som kunne gi tilstrekkelig informasjon for simulering av energibehov. Prosjektene falt innenfor de tre hovedtypene som var diskutert på de felles seminarene: Et høyt, et mellomhøyt og et lavt.





Fra flerfaglig workshop på AHO. Arkitektstudenter og masterstudenter fra Energi og miljø i bygg på HiO. diskuterer prinsipløsninger for ulike typer modulbygg.

De flerfaglige møtene ble naturlig nok preget av at dette var nytt, og det måtte brukes litt tid på å finne problemstillinger og kommunikasjonsformer som passet for begge grupper. Prosessen ble oppfattet som meningsfull og nyttig både for studenter og lærere. Den kan forbedres ved å utvikle forelesninger om hvordan integrert design bør organiseres, og med gode eksempler på samordnete og helhetlige løsninger.

### 2.2.3 RESULTATER

Ingeniørstudentenes SIMIEN-beregninger ble presentert på en felles gjennomgåelse på HiOA. Kursansvarlig AHO-lærer var til stede (arkitektstudentene var opptatt med innlevering). Energiberegningene var lovende: I to av tre tilfeller var konklusjonen at energibehov på passivhusnivå er innen rekkevidde uten fundamentale endringer av løsningene. Det tredje eksempelet (lavt bygg) viste at normalkrav til kjøkkenventilasjon i små boligenheter gir stort varmetap. Dette temaet krever nærmere studium. Kursleder og to studenter presenterte problemstillinger på utstillingsåpningen 13. desember 2011.

#### Ny simulering på leilighetsnivå med utbedret verdier:

Resultater av evalueringen		Beskrivelse
Evaluering mot passivhusstandarden		
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall	
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller krav til energibruk	
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter	
Luftmengde ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3700 (tabell A.1)	
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus	

Minstekrav enkeltkomponenter		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	0,15
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,08	0,13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]	0,15	0,15
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,65	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,03	0,03
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	85	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,20	1,50
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,30	0,60

Utdrag av resultater fra SIMIEN-beregninger foretatt på eksempel 1-høyt bygg. Gruppearbeid utført på HiOA som del av kursgjennomføring koordinert med AO

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	26,3 kWh/m <sup>2</sup>	26,5 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Energibruk el./fossile energibærere	56,3 kWh/m <sup>2</sup>	77,1 kWh/m <sup>2</sup>

Minstekrav enkeltkomponenter		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	0,15
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,08	0,13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]	0,15	0,15
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,65	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,03	0,03
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	85	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,20	1,50
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,30	0,60

Sammendrag av nøkkelverdier for Leilighet 4 etg vestfasade 247 grader		
Beskrivelse	Verdi	Tidspunkt
Maks. innelufttemperatur	26,1 °C	14:45
Maks. operativ temperatur	25,5 °C	15:15
Maks. CO2 konsentrasjon	515 PPM	24:00

*Utdrag av resultater fra SIMIEN-beregninger foretatt på eksempel 1-høyt bygg. Gruppearbeid utført på HiOA som del av kursgjennomføring koordinert med AO*

## 2.3 FIO

### 2.3.1 INTRODUKSJON, KLARLEGGING AV FAGLIGE KONTAKTFLATER

Osloprosjektets hovedidé og innhold ble presentert på planleggingsdag på FiO 12. september 2011. Det ble fastslått at et samarbeid om planlegging og fullskalabygging av en liten byggmodul med passivhusstandard kan knyttes til flere kurs og fag på FiO. De fagkurs som vil ha størst kontaktflate med prosjektet er:

BIM (Bygningsinformasjonsmodeller)

Bygg / Bygningsproduksjon

Bygg / Bygningsfysikk

Bygg / Konstruksjonslære 1 og 2

Bygg / Trekonstruksjoner

Bygg / Kvalitetsstyring og HMS (Helse- miljø og sikkerhet)

Bygg / FDVU (Forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling)

KEM (Klima- energi- og miljøteknikk) / Passivhusløsninger

### 2.3.2 AKTIVITETER, OPPGAVER

Lærer i byggfag Ola Færden var kontaktperson og fulgte opp prosjektet for lærerne på FiO. I løpet av høsten ble passivhusproblematikk og byggmodul-prosjektet integrert i flere fagplaner og kursoppgaver.

En gruppe elever utviklet en BIM- modell basert på det modulprosjektet fra AHO som var utvalgt for bygging i full skala. Modellen skulle ha høy detaljeringsgrad og vise både hovedkonstruksjoner, utfyllende bindingsverk og tekniske systemer.

KEM-elever laget utkast til ventilasjonsløsninger for enkeltmoduler og større, sammensatte prosjekter. Systemene skulle integreres på en måte som ga størst mulig fleksibilitet i bruken av modulbyggene. Det ble blant annet foreslått å benytte kryperommet under midlertidige modulbygg til fremføring av ventilasjonskanaler.

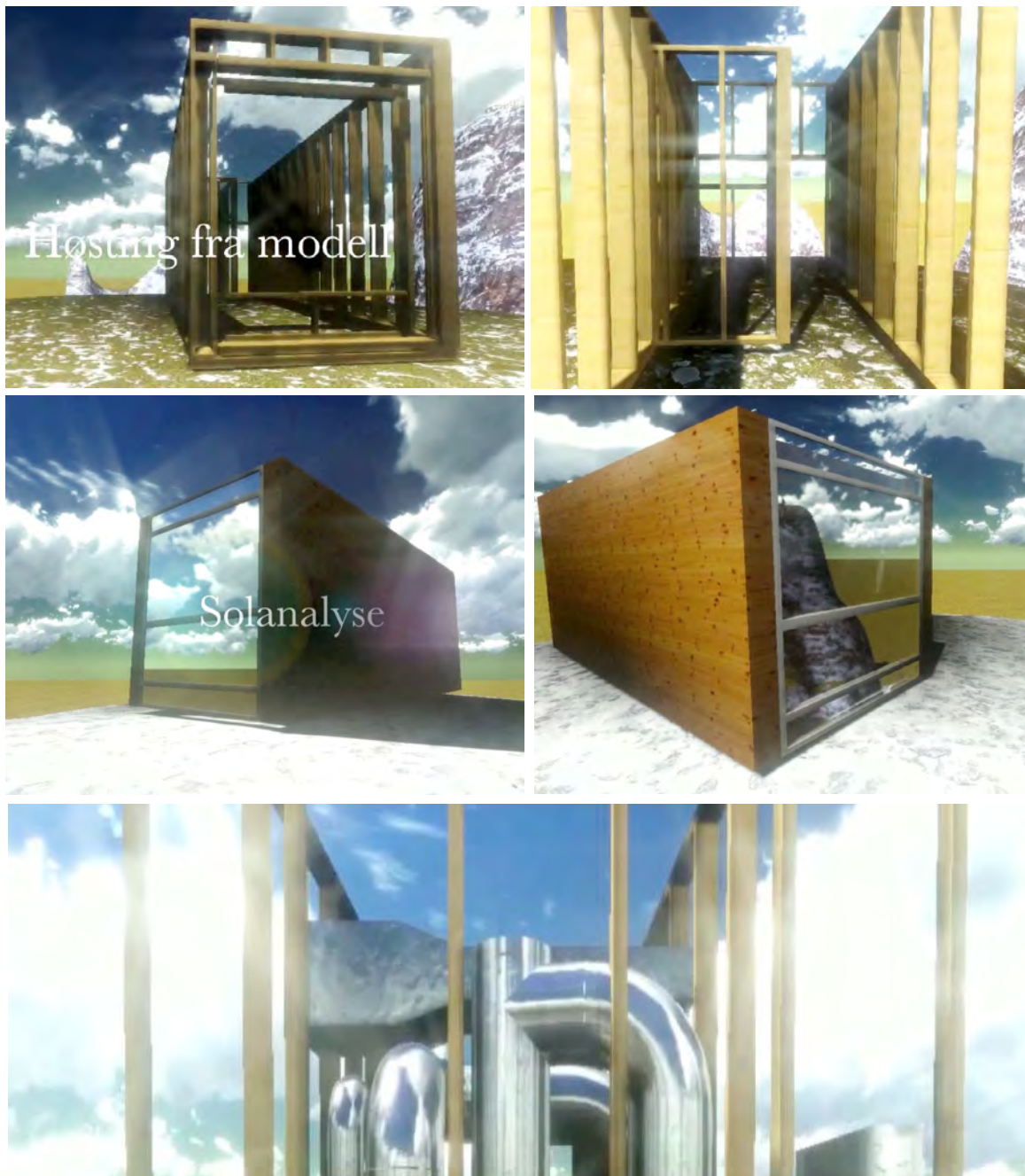
Studenter og lærere fra FiO foretok befarings og oppmålinger på Skar Leir i november. Deretter arbeidet de med oversiktstegninger og riggplaner for de hallene som skulle brukes til produksjon.

### 2.3.3 RESULTATER

Ventilasjonsløsningene ble lagt fram under felles fagdag på Sogn videregående skole 7. desember 2011, og diskutert både med arkitektstudenten fra AHO og byggelever fra Sogn.

BIM-modellen spilte hovedrollen i en velredigert og engasjerende film presentert under utstillingsåpningen på AHO 13. desember. Her ble også Arbeidet med riggplaner og SHA-planer (sikkerhet, helse og arbeidsmiljø) presentert.

Fagskolen var også invitert til forelesninger og deltok på delgjennomgåelse av arkitektstudentenes prosjekter.



*BIM-modell laget av fagskolestudentene Knut Morten Lund, Henrik Bakke, Jørgen Aspelund og Magnus Svensen  
Modellen ble laget på grunnlag i digitale filer oversendt fra arkitektstudent Joan Ramon Pastor Planas*

## 2.4 SOGN VGS

### 2.4.1 PLANER, AKTIVITETER

I høstsemesteret 2011 skulle Sogn vgs. sammen med Fagskolen i Oslo følge prosjektutviklingen som i første rekke skulle skje i samarbeid mellom AHO og HiOA. Det var en krevende oppgave i seg selv å få koordinert fagplaner og felles oppgavetemaer for disse to skolene. De innledende forelesningene og seminarne ble derfor rettet mot arkitekt- og ingeniørstudenter. Den første felles gjennomgåelsen med deltakelse også fra Sogn vgs. var et heldags arrangement 3. november på AHO. Her ble 13 prosjektutkast gjennomgått i plenum. Passivhusløsninger var tema i alle prosjektene. Representanter for næringspartnerne var også tilstede, og en serie praktiske og produksjonstekniske problemer ble gjennomgått. En rekke lærere og ca. 20 elever fra VG1 og VG2 på sogn og Sinsen voksenopplæring deltok under presentasjonen og diskusjonen av prosjektene.





Arkitektstudent Jan Kristian Orvik presenterer sitt modulprosjekt for industripartnerne og elever og lærere fra de andre skolene på felles gjennomgåelse 3. november 2011

7. desember 2011 ble det arrangert en fagdag på Sogn med deltakelse fra Lavenergiprogrammet og alle de samarbeidende skolene. Her ble det utvalgte modulprosjektet grundig gjennomgått i en form som var rettet mot elevene på Sogn. En stor modell i målestokk 1: 20 ble brukt aktivt i presenstasjonen. Innspill fra Fagskolen i Oslo ble også diskutert. Lærere fra Blakstad videregående skole fortalte om sine erfaringer.

Elever og lærere på Sogn spilte en hovedrolle under åpningen av utstillingen på AHO 13. desember. Deres begrunnelse for valg av byggfag og motivasjon for deltakelse i prosjektet gjorde inntrykk.

#### 2.4.2 RESULTATER

Lærernes kunnskaper og engasjement i lavenergi- og passivhusbygging var utviklet gjennom befaringer og andre felles faglige aktiviteter våren 2011. Dette ble videreutviklet gjennom de faglige møtene med de andre skolene i høstsemesteret. Elevene besøkte AHO og fikk et grundig innblikk i temaer som er viktige i prosjekteringen av passivhus. Kontakten mellom studenter/elever fra de andre skolen ble videreutviklet under arrangementene i desember. Aldersforskjellen mellom Sogn-elevene og øvrige studenter/elever skaper både sosial og faglige utfordringer som de andre skolene må legge spesiell vekt på å overvinne. Dette må være et viktig tema når samarbeidet skal videreføres.

#### 2.5. UTSTILLING OG PROSJEKTLANSERING

AHO- kurset for masterstudenter i prosjektering av passivhusmoduler var fra starten organisert for å ende opp i en utstilling av arbeidene. Utstillingsåpningen ble benyttet som markering av at Osloprosjektet nå var etablert. Kunnskapsminister Kristin Halvorsen takket ja til å åpne utstillingen. Styrking av yrkesutdanningen har stått sentralt i debatten både om undervisningssytsemet og om byggeindustriens utvikling. Det ble derfor lagt stor vekt på å presentere bredden i de deltagende skolene, spesielt på Sogn videregående skole rolle i prosjektet.

Lavenergiprogrammet v/ Guro Hauge og Veslemøy Nestvold innledet og hadde ansvar for invitasjoner og mediakontakt. AHO bygde utstillingen og la til rette lokaler og de praktiske rammene rundt arrangementet. Ialt deltok ca. 100 personer under begivenheten. Det var bred deltakelse fra departementet og viktige statlige etater. Næringspartnerne og andre bedrifter i byggebransjen var godt representert i tillegg til lærere og studenter fra de deltagende skolene. Møtet fylte høgskolens største auditorium og ble en hovedbegivenhet ved avslutningene av høstsemesteret.

De enkelte skolene presenterte seg selv, sine deltakere og sine fullførte og planlagte oppgaver i prosjektet. Etter at statsrådets besøk var avsluttet, holdt Kaja Tiltnes fra PIRLL arkitekter foredrag om Meteorologisk institutt og andre av kontorets prosjekter som viste nye energiløsninger i praksis.

I sin korte åpningstale la Kunnskapsministeren spesiell vekt på bredden i samarbeidet og potensialet for utvikling av kompetanse og innovasjon knyttet til energieffektivisering i byggebransjen. Hun "spikret skolene sammen" symbolsk, og møtte de involverte elevene og studentene.

Arrangementet fikk svært bred og positiv omtale både i digitale og trykte medier. For Osloprosjektet var det et inspirerende felles løft som ga mange oppløftende tilbakemeldinger.



Arkitektstudent Joan Ramon Pastor Planas presenterer sitt prosjekt for Kunnskapsministeren

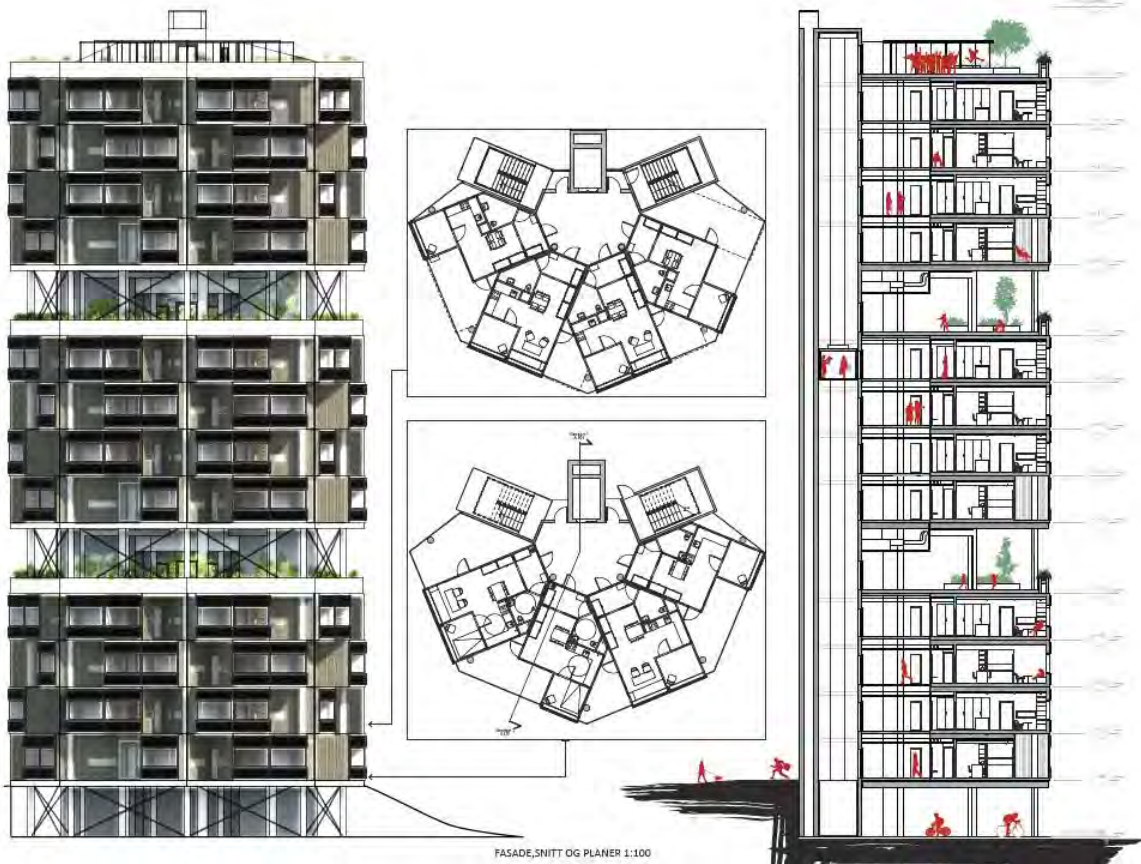


Kunnskapsminister Kristin Halvorsen åpner utstillingen og snakker med elever og studenter fra byggskolene





Oversiktsbilder av arkitektstudentenes utstilling



FASADE, SNITT OG PLANER 1:100

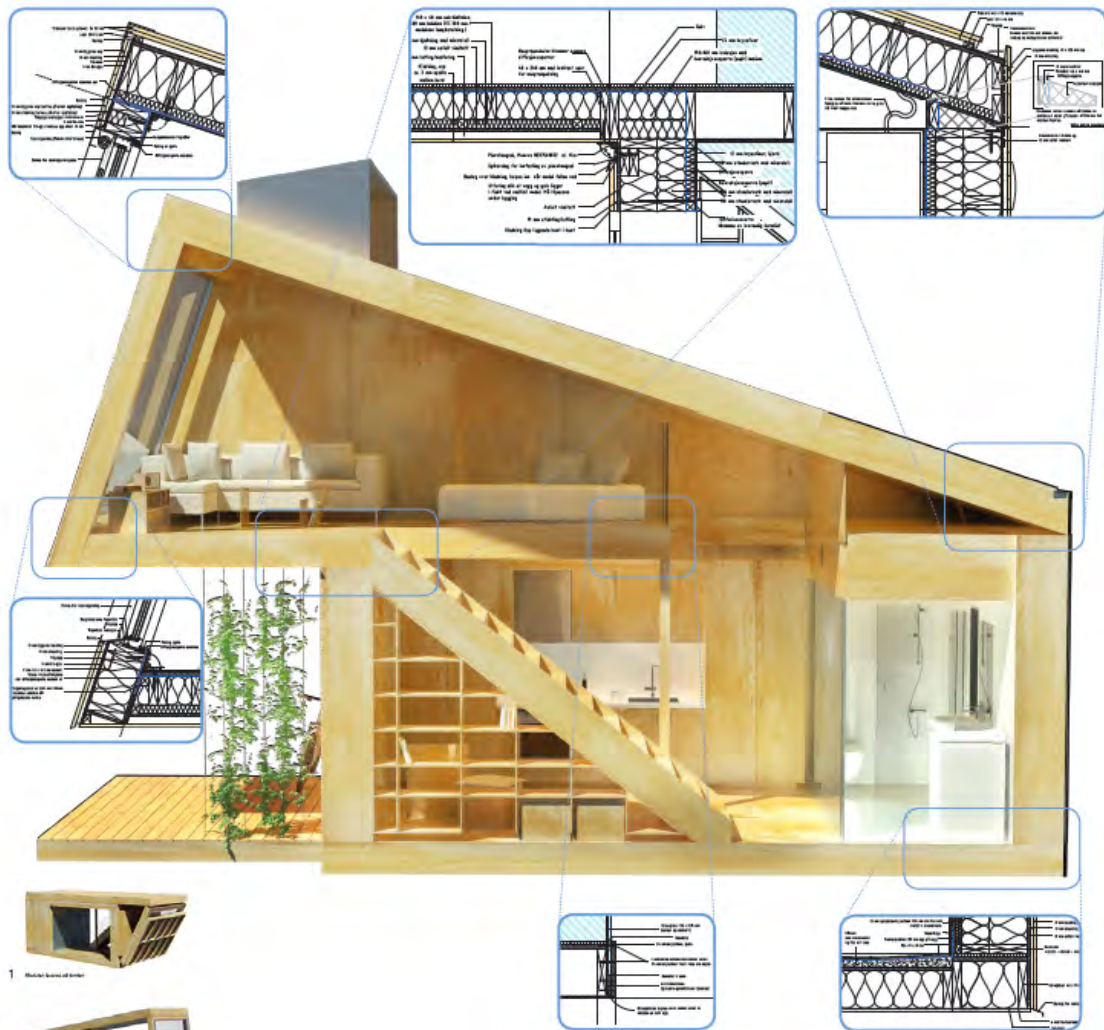


Høyt modulprosjekt tegnet av arkitektstudent Daniel Barth





Mellomhøyt modulprosjekt tegnet av arkitektstudent Christian Halse



Lavt, oppfellbart modulprosjekt tegnet av arkitektstudent Bård Lindqvist

### 3. ARBEID VÅR 2012

#### 3.1. AHO

##### 3.1.1 KURSBESKRIVELSE, ARBEIDSOPPGAVER.

Vårsemesterets kurs på AHO ble presentert våren 2010 som del to av et studietilbud som besto av Del 1: Prosjektering av passivhusmodul i høstsemesteret (se kapittel 2.1. ovenfor) og Del 2: Et fordypningskurs (6 studiepoeng) i vårsemesteret der detaljering og bygging av modulen ble fulgt opp. Dette kurset hadde klimaskallet som hovedtema og byggmodulen skulle brukes som et hovedeksempel. Kurset ble beskrevet slik:

Klimaskallet / liten byggmodul for utforskende bygging i full skala - del 2-(bygging)

"Videre utdanning i designparametre, bygningsfysikk, konstruksjoner og materialer knyttet til utforming av klimaskallet i bygninger. Oppfølging, deltakelse i og dokumentasjon av produksjon en eller to små boligheter (15-20 m<sup>2</sup>) prosjektert høsten 2011"

Dette var første gang et slikt helårsopplegg ble prøvd. Det viste seg at flere av deltakerne fra høstsemesteret enten skulle gjennomføre diplomprogram eller diplomoppgave våren 2012. Det betydde at de var avskåret fra Del 2 av kurspakken. Dette har ikke betydd mye i praksis. Det er positivt for modulkurset at det ble vurdert som relevant for studenter i siste del av masterstudiet. Joan Ramon Pastor Planas, som hadde tegnet den modulen som skulle bygges, skulle bli med videre. Han fikk med seg to andre medstudenter i oppfølgingen av modulprosjektet.

Læringsutbyttet var beskrevet slik:

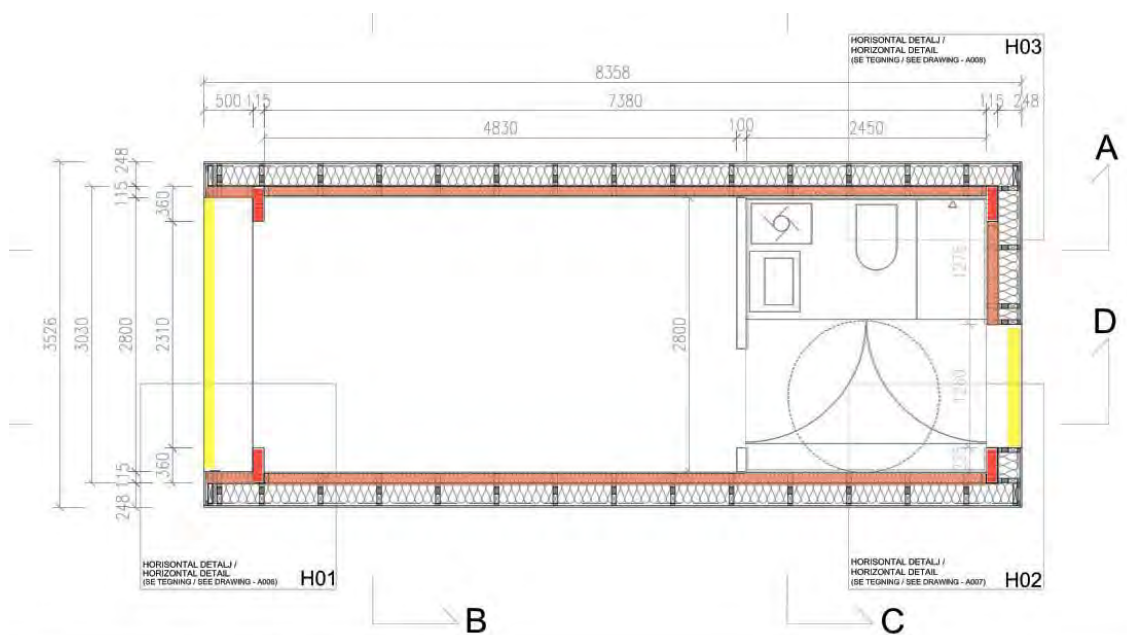
"Kjennskap til rammebetingelser og detaljert design av bygningers klimaskall. Kjennskap til produksjonsplanlegging og helse, miljø- og sikkerhetsspørsmål knyttet til bygging. Erfaring fra å observere overføringen av designdokumentasjon til bygget resultat. Kjennskap til relevante toleranser knyttet til ulike byggdetaljer og produksjonsmetoder."

Det understrekes at energieffektive klimaskall og utnyttelse av fornybare energikilder er hovedtemaer i forelesningene.

Marius Nygaard (kursleder) og Nils Forsén organiserte kurset. Lærer og studenter på AHO skulle i henhold til prosjektbeskrivelsen delta i detaljprosjektering og tilrettelegging og oppfølging av byggeprosessen i vårsemesteret.

##### 3.1.2. GJENNOMFØRING.

Under ledelse av Fagskolen ble det startet opp en serie av byggemøter fra januar 2012. Prosjektleder Marius Nygaard og arkitektstudent Joan Ramon Pastor planas deltok fast fra AHO. I første del av vårsemesteret ble hovedtrekk i det utvalgte modulprosjektet etterprøvd og bekreftet. Samtidig ble en rekke deløsninger videreutviklet, tildels i samarbeid med nye, viktige industripartnere.



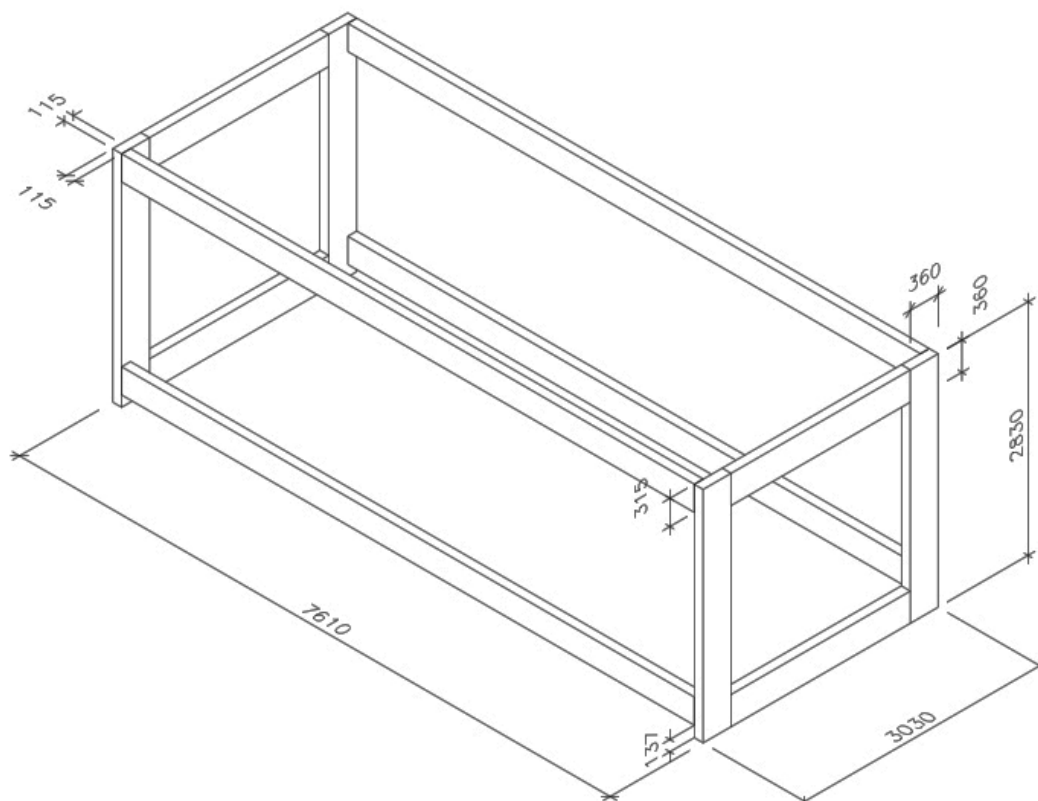
Arkitektstudentene Joan Ramon Pastor Planas (Spania), Marina Tourfexi (Hellas) og Martin Kandola (Norge) Utviklet byggmodulens planer, snitt og detaljer fram til arbeidstegninger i løpet av vårsemesteret 2012



### Videreutvikling av limtrekonstruksjonene

Moelven limtre sa seg villige til å gi prosjektet avgjørende støtte i form av limtrebjelker til rammer og randdragere. Bachelorstudenter ved HiOA og elever ved FiO gjennomførte beregninger av limtremrammene. Dette var et fint bidrag til utviklingen av prosjektet. Beregningen munnet ut i en anbefaling om at det i hjørnene ble innfelt stålplater festet med dybler. Denne løsningen er sikker, men gir avhengighet av stålleveranser til trekonstruksjonene.

Som del av modulkurset holdt Nils Ivar Bovim fra det bygningstekniske miljøet på UMB en felles forelesning på AHO. Her presenterte han lange (800 mm), selvgjengende treskruer som alternativ løsning for avstiving av tremrammer. Dette er enkelt å utføre, og gir knutepunkter med skjulte bolter/skruer som også vil være brannbeskyttet. Det ble besluttet å foreta fullskala bygging og belastningstesting av en prøveramme på Sogn vgs. (se nedenfor) Dette var svært vellykket, og førte til beslutning om å bruke skrueløsningen i byggingen av modulen.



*Limtrekonstruksjonene ble beregnet og videreutviklet i første halvdel av vårsemesteret 2012  
Tegning: Joan Ramon Pastor Planas, Marina Toufexi og Martin Kandola*

### Takkonstruksjon i "massivtre".

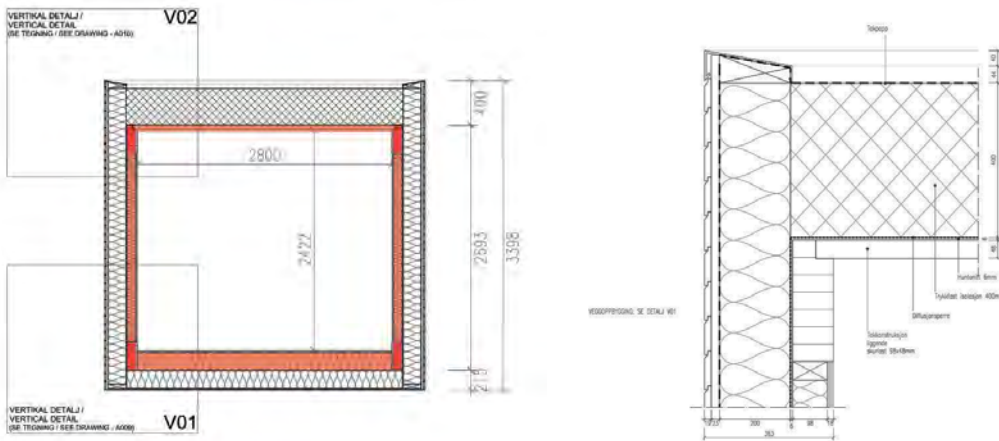
En hovedutfordring i små trebygg med massive (ikke-ventilerte) tak er å unngå at organiske materialer blir liggende mellom dampsperre på undersiden og en diffusjonstett takmembran på oversiden. Nils Forsén (professor II på AHO og rådgiver i Multiconsult AS) foreslo å benytte et plassbygd "massivtredekke" av 48 mm skurlast. Løsningen er sjekket i forhold til dimensjonerende snølast. Dekket er enkelt å produsere og gir et isolert sjikt fritt for trematerialer, dvs. samme prinsipp som i industritak.

### Yttervegger, gulv og tak: Samarbeid med Moelven Iso3 og Glava

Typiske løsninger i første generasjons passivhus i tre har hatt isolasjonstykkelser på 350-400 mm i vegger og 500 mm i tak. Moelven Iso3 har utviklet stendere med kuldebrobryter som reduserer varmetapet gjennom bindingsverket. Glava har startet produksjon av isolasjonsmatter med lambdaverdier på 33. I kombinasjon gir disse produktene U-verdier på pasivhusnivå i yttervegger med tykkelse 300 mm. Dette er produksjonsvennlig og gir en plassbesparelse som er viktig, spesielt i små, flyttbare bygg.

Både Glava og Moelven Iso3 støtter prosjektet med prisgunstige leveranser av sine produkter. Martine Kartnes hos Glava har utført U-verdiberegninger for en rekke alternative løsninger. Her er





Løsninger for ttervegger, tak og gulv ble videreutviklet i samråd med nye industripartnere: Moelven Iso3 og Glava  
Til venstre typisk snitt, til høyre: Typisk gesimsdetalj.

Tegning: Joan Ramon Pastor Planas, Marina Toufexi og Martin Kandola

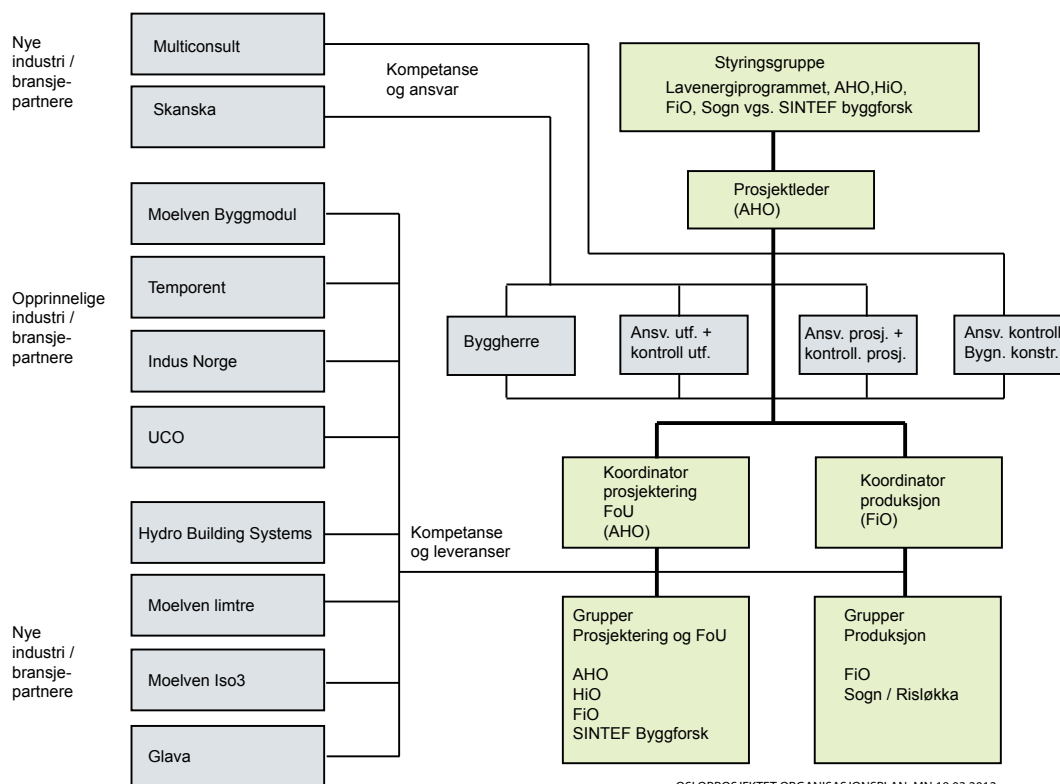
det benyttet ny programvare som gir mer realistiske simuleringer av varmetap i kuldebroer.

### Glassvegg: Hydro Building Systems utvikler løsning.

Joan Ramon Pastor Planas' modulprosjekt har en dobbelt glassfasade der løsninger for naturlig ventilasjon og utnyttelse av solenergi er integrert. Denne typen løsning ligger utenfor de byggebudsjetter som er etablert for modulen. Det ble derfor tatt kontakt med Hydro Building Systems som sa seg villig til å delta i en "dugnad" for å få en moderne glassløsning integrert i prosjektet. Med denne brikken på plass var alle viktige delsystemer i modulprosjektet under utvikling i samarbeid med leverandører som er ledende på energieffektive løsninger.

### Mot avklaring av roller

Modulbygget er prosjertert med sikte på å utplasseres som midlertidig "brakke" knyttet til en byggeplass eller et anleggsområde. Dette krever ikke offentlig saksbehandling, men skal likevel tilfredsstillende krav i bygningslov og forskrifter. De deltakende skolene er i utgangspunktet ikke organisert for å påta seg ansvar som byggherre eller kontrollerende for prosjektering og bygging. Skanska ble derfor forespurt om å ta rollen som ansvarlig kontrollerende for bygging. Dette resulterte i et samarbeid der Skanska vil benytte sine systemer for kontroll og engasjerer en



OSLOPROSJEKTET ORGANISASJONSPLAN MN 19.03.2012

Organisasjonsplan utviklet seg sterkt i løpet av våren 2012

erfaren prosjektleder, Arne Linja, for oppfølging av byggeprosessen.

Multiconsult har sagt seg villig til å kontrollere bygningsteknikk (og bygningsfysikk), og Pirll arkitekter er klare til å foreta kontroll innenfor arkitektens ansvarsfelt. Utarbeidingen av avtaler for disse kontrollfunksjonene har skapt behov for en avklaring av eier- og byggherrerollen i prosjektet.

#### Bygningsdetaljer, arbeidstegninger

Disse tre arkitektstudentene utviklet arbeidstegninger for byggmodulen i vårsemesteret 2012:

Joan Ramon Pastor Planas (Spania)

Marina Toufexi (Hellas) og

Martin Kandola (Norge)

På kurset i modulprosjektering ble det forutsatt levert detaljtegninger for bruk i produksjon av modulen. Det var ikke uventet at noe gjensto, men veien fram mot endelige arbeidstegninger ble mer tidkrevende enn antatt. Flere faktorer bidro til dette:

- Språkbarrierer måtte overvinnes. Disse kan være betydelige når det dreier seg om byggfaglige termer. Flere av de deltakende lærerne og studentene mente at dette måtte ses på som en utfordring som byggebransjen må lære seg å leve med. Den spanske studenten "vant konkurransen" på tross av at alle felles forelesninger ble holdt på norsk. Dette ble gjort av hensyn til samarbeidet med de andre skolene. Normalt skal alle masterkurs på AHO holdes på engelsk hvis en eller flere studenter ikke forstår norsk.

- Det tok tid å avklare nøyaktige dimensjoner på limtrekomponentene.

- Løsninger på yttervegger og tak ble bearbeidet i samråd med leverandører og konsulenter.

Denne typen utvikling og tilpasning er vanlig i byggesaker, men her forutsatte tidsplanen egentlig at tegningene var helt klare som produksjonsunderlag ved semesterstart i januar. I ettertid fremstår dette som for optimistisk. Det var helt avgjørende at modulkurset frambrakte mange prosjekter som holdt et høyt nivå. Det ville skape interesse hos alle de deltakende skolene, og gi tro på at samarbeidet vil bli både robuste og nyskapende løsninger. Det viste seg å være vanskelig å velge ut et prosjekt tidlig nok og deretter tilføre nok ressurser til å ferdigstille arbeidstegninger til semesterslutt.

#### Uforutsette utsettelse

Etter fullskala bygging og belastningstest av limtrerammen var bestilling og leveranse av lange spesialskruer forespeilet å være fullført kort tid etter påske. Det viste seg at dette arbeidet med nøkkelkomponenter til konstruksjonene stoppet opp noe som medførte at hele byggeprosessen ble forsinket. Det var svært vanskelig å forutse at denne typen og graden av utsettelse kunne forekomme. Det peker på nødvendigheten av tydeligere avtaler, også i samarbeid som har innovasjons- og utviklingskarakter.

#### 3.1.3 RESULTATER:

Som del av fordypningskurs på AHO med klimaskallet som grunntema utviklet en studentgruppe arbeidstegningene fram til et nivå som er ferdigstilt som grunnlag for bygging. Hovedløsninger og detaljer er utarbeidet i nært samråd med leverandører og konsulenter. Det er foretatt grundig gjennomgang av bygningsfysiske problemstillinger knyttet til de enkelte byggedetaljene.

I løpet av våren har prosjektleder lagt ned et stort arbeid med å etablere kontakter mot leverandører av viktige komponenter i konstruksjoner, og yttervegger, tak og gulv. Disse produsentene har sagt seg villige til å levere på gunstige betingelser. Det er også knyttet etablert kontakt med entreprenør og rådgivere for kontroll av bygging og av prosjekterte løsninger. Til sammen vil dette gi høyere kvalitet og større innslag av nyskapning i prosjektet.

#### 3.2. HIOA

##### 3.2.1 OPPGAVE, GJENNOMFØRING

Høgskolen i Oslo og Akershus hadde ikke i utgangspunktet kurs knyttet til Osloprosjektet våren 2012. Christian Nordahl Rolfsen er imidlertid lærer på FiO og Høgskolelektor på HiOA. Han involverte to av sine kolleger ved HiOA i prosjektet, og deres studenter deltok på de innledende byggemøtene.

Nøyaktig dimensjonering av limtrekomponentene måtte utføres. AHO hadde lansert innebygde strekkstag for å som alternativ til innfelte stålplater og dybler for å avstive limtrerammen. HiOA-studentene fikk oversendt en BIM-modell fra elevene på FiO. Denne ble sammen med informasjon om dimensjonerende laster og materialegenskaper benyttet som inngangsdata i beregningsprogrammet ROBOT som HiOA-studentene benyttet i analyser og dimensjoneringer.

### 3.2.2. RESULTAT

Analysen av limtrekonstruksjonene ble levert som gruppearbeid av byggstudentene på HiOA. Den anviste anbefalte dimensjoner for limtrekomponentene. Studentene anbefalte ikke en strekkstag-løsning, men i stedet en tradisjonell løsning med stålplater og dybler.

Her fikk vi et eksempel på at samarbeid om et felles byggeprosjekt kan utnyttes pedagogisk på flere måter enn opprinnelig planlagt.

### 3.3. FIO

#### 3.3.1 OPPGAVER, GJENNOMFØRING

FiO var tildelt oppgaven som koordinator for byggingen av modulen. Fagskolens elever innkalte til ukentlige byggemøter fra begynnelsen av januar 2012. De førte også referat fra møtene. På møtene deltok representanter for lærere og studenter/elever fra alle skolene.



*Fra byggemøte på FiO i februar 2012. Lærere og elever fra alle skolene deltok.*

**Byggemøter:** Felles forståelse av grunnleggende løsningsprinsipper i modulprosjektet.

Bakgrunnen for utformingen av den valgte modulløsningen var presentert under felles møter og på utstillingsåpningen i desember. Det viste seg likevel å være behov for en felles gjennomdrøfting og etterprøving av disse prinsippene. Ett viktig spørsmål var berettigelsen av å etablere en primærkonstruksjon med rammer og randdragere i limtre. Den svarte på flere viktige utfordringer knyttet til modulbygging:

- Fasadene kan utformes friere når det ikke må innarbeides avstivende felter
- Forholdene legges til rette for åpne forbindelser til nabomoduler både horisontalt og vertikalt.
- Det etableres én grunnenhet som kan anvendes i mange situasjoner innenfor et større prosjekt
- En presis og stabil grunnenhet gjør det lettere å føye til sekundære konstruksjoner, som også kan velges friere fordi de ikke har bærende eller avstivende funksjoner. Dette er viktig for å kunne integrere nye, høysisolerende materialer.
- Det legges til rette for en fremtidig selektiv demontering og gjenbruk av konstruksjoner og materialer.

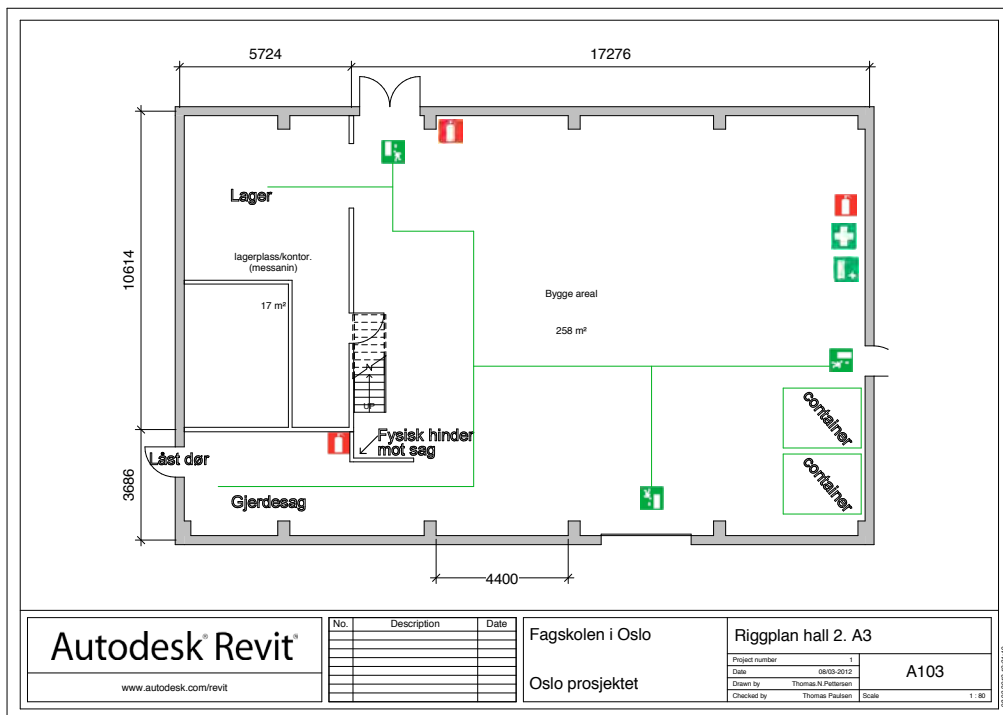
At alle fagmiljøene deltok i denne avklaringen av løsningsprinsipper var avgjørende for å etablere en felles forståelse som grunnlag for det videre flerfaglige samarbeidet.

#### Nytt alternativ på Skar leir. Utsatt klargjøring av byggested

Sogn vgs. og Oslo kommune v/ Etat for eiendom og byfornyelses (EBY) foretok felles befarings på Skar leir i slutten av januar 2012. Da ble det avklart at hall nr. 1 som opprinnelig var utpekt som produksjonssted, ville bli for dyr å sette istand. Hall nr. 2, som er noe mindre, viste seg også å ha tilstrekkelige dimensjoner, og ble besluttet klargjort som byggehall for modulprosjektet.



Lærere og elever fra FiO gjorde en rask og grundig innsats med oppmåling av hall 2 og utarbeiding av ny riggplan. Det videre arbeidet med bygningsmessig utbedring og klargjøring tok lengre tid en anslått, og var først ferdigstilt etter påske, ca. 10 april.



Riggplan for Hall 2 i Skar Leir Utarbeidet av elever på FiO

### Forsinkelser vanskeliggjorde bruk av modulprosjektet i hovedoppgaver

De elevene fra FiO som vurderte å benytte oppfølgingen av byggmodulen som hovedprosjekt i avsluttende kurs måtte foreta endelig valg i slutten av mars. Utsettelsene knyttet til arbeidstegninger, materialleveranser og klargjøring av produksjonssted gjorde at FiO-elevene følte at de ikke hadde tilstrekkelig underlag. At Skanska var på vei inn i prosjektet var viktig, men resultatet ble likevel at ingen av elevene valgte modulkurset som hovedoppgave.

Her har vi et eksempel på avhengigheter som ikke var klart forstått av alle deltakere i prosjektet. Prosjektleder og lærere fra andre skoler regnet med at FiO ville stille med lærere og elever som kunne bemanne rollen som koordinator av byggeprosessen gjennom hele prosjektperioden. Slik situasjonen utviklet seg, ble tung deltakelse fra FiOs side avsluttet i begynnelsen av april. Når modellen for videre samarbeid skal utvikles, må slike kritiske tidspunkter og bindinger tydeliggjøres.

### 3.3.2 RESULTATER

Byggemøtene i Osloprosjektet våren 2012 var sannsynligvis første gang lærere og elever/studenter fra så mange typer byggutdanning var samlet rundt et felles prosjekt. Forskjeller i faglige perspektiver kom tydelig fram. Forholdet mellom arkitektoniske mål og konstruktive og håndverksmessige utførelser ble diskutert. Å tilrettelegge slike flerfaglige prosesser under utdanningen er avgjørende for at integrerte energiløsninger skal forstås og bli optimale.

Elevene på FiO gjorde en stor innsats på et profesjonelt nivå med organiseringen av detaljklaringer og forberedelse til bygging. Møtereferatene viser samtidig at viktige avklaringer tok lenger tid en beregnet.

FiO-elevene kunne høste materiale fra den BIM-modellen de laget av modulprosjektet før utstillingsåpningen 13. desember. Nye tegninger fra arkitektstudentene ble benyttet til å revidere konstruksjonsdelen av modellen. Deretter ble BIM-modellen oversendt til bachelor byggstudenter ved HiO som brukte den i sine beregninger. Denne utvekslingen illustrerte også rollefordeling og ansvarsforhold knyttet til en felles digital modell.

Fagskolen arrangerte fagdag 14. mars. med hovedtemaet "Passive men Smarte hus; Hvordan møter vi dette i fremtiden?" Her ble kontaktflatene mellom passivhusløsninger og de ulike bygg- og installasjonsfagene gjennomgått. BIM-modellen av modulprosjektet ble presentert. Fagdagen hadde stort besøk og bidro til at Osloprosjektets mål og innhold ble formidlet.

### 3.4. SOGN VGS.

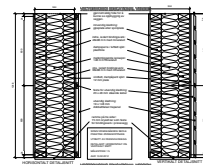
#### 3.4.1 OPPGAVER, GJENNOMFØRING

Med Fagskolen som koordinator skulle Sogn vgs. utføre byggingen av modulen våren 2012. Forberedelser av dette samarbeidet startet i midten av november 2011 og ble videreført i byggemøtene perioden januar til mars. Deltakerne erfarte at forskjeller i skolenes fag- og timeplaner satte grenser for karakteren av og dybden i samarbeidet om byggingen.

Sogn har tatt et spesielt ansvar for utredningen av plassbehov for fullskalabygging og klargjøring av Skar leir for dette formålet. Skolens ledelse har deltatt i disse avklaringene. I samråd med eieren, Etat for eiendom og byfornyelse (EBY) er det beskrevet og utført tiltak for å oppgradere lokalene. Disse arbeidene er til dels utført av elever og lærere som del av undervisningen. Klargjøringen av lokalene tok noe lenger tid enn beregnet, uten at det ble avgjørende for oppstartstidspunkt. Noen arbeider, som f.eks. ny og større industriport i hall 2 er vedtatt og under forberedelse.

#### Oppstart med bygging av passivhusvegg

Tre av lærerne på sogn, Kjetil Hardal, Kristian Lorck og Trond Berg har vært fast tilknyttet prosjektet, og de to førstnevnte har ledet de interne prosessene. Kjetil Hardal har valgt undervisning i passivhusbygging som fordypningstema i sin yrkeslærerutdanning. Bygging av passivhusmodulen er presentert grundig for alle byggelevne. Som en forberedelse til byggestart ble det 15. februar arrangert en workshop i en byggehull på Sogn. 25 elever ble fordelt på team som bygde et 1,2m x 1,2m utsnitt av en passivhusvegg i full skala. Prosjektleder ved AHO hadde utarbeidet en egen tegning som viste oppbyggingen av veggen med bindingsverk, isolasjon, tettesjikt og kledninger.



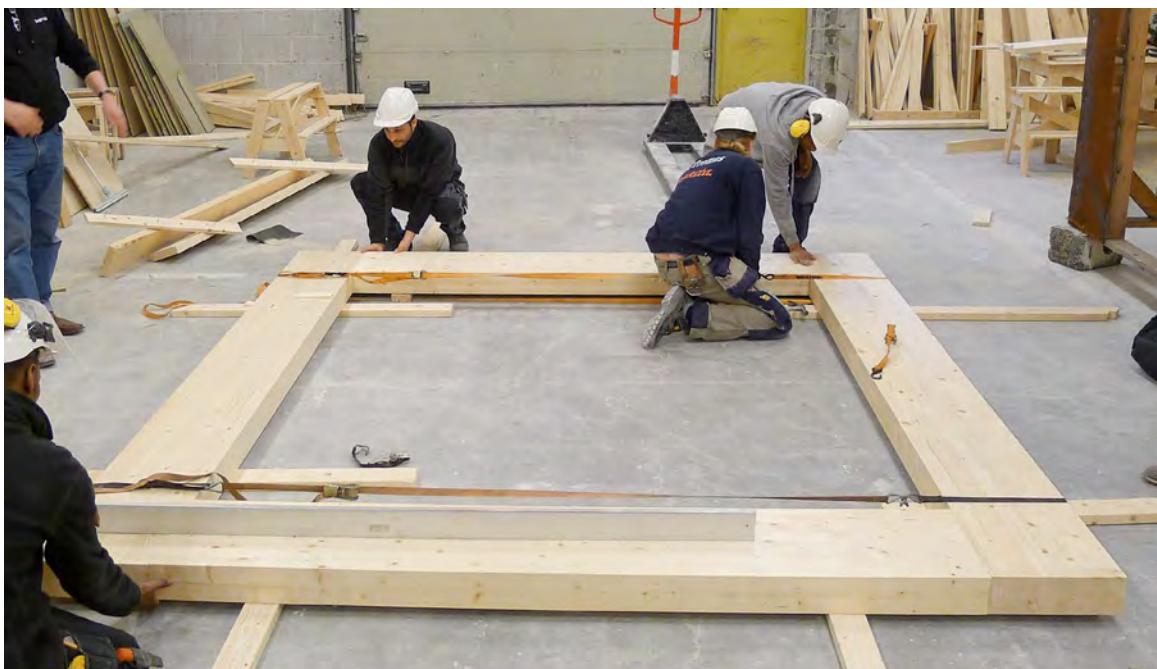
Fra bygging av utsnitt av passivhusvegg på Sogn vgs. Egen arbeidstegning ble utarbeidet av AHO



### Fullskala bygging av limtreramme

Limtreramme i kortveggene på modulen er avgjørende for å etablere størst mulig frihet i utformingen av fasader. Samtidig legger de forholdene til rette for å koble sammen moduler til større, sammenhengende rom. Sammenføyningen av hjørnene i rammene må ha tilstrekkelig styrke til at konstruksjonen kan ta opp vindlaster. Vanligvis gjøres dette ved å felle inn stålplater som festes med gjennomgående stålstenger (dybler). Dette krever underleveranse fra stålverksted og utfresing av spor i limtrekomponentene. Fra det tretekniske miljøet på UMB var det fremmet forslag om å benytte lange, selvgjengende skruer. Løsningen ville være enklere og raskere og utføre og er i tillegg elegant med skjulte forbindelser som ville være brannbeskyttet av omsluttende treverk.

Moelven limtre bidro med materialer til en fullskala testramme som ble satt sammen på Sogn vgs. 28. mars 2012. En gruppe voksne elever fra Sinsen under ledelse av Kristian Lorck tok hovedansvar for byggingen. I tillegg deltok lærere fra AHO og UMB. Prosessen måtte forberedes med avrettet underlag for å sikre en plan ramme. Sammenføyningen av rammen ble utført raskt og problemfritt av byggelevne. Dette vellykkede forsøket i full skala var svært engasjerende for alle de involverte. En så omrisset av passivhusmodulen i full skala, og viste at de viktige rammekonstruksjonene kunne utføres raskt og presist av elevene.



Voksenelever fra Sinsen bygger limtreramme i full skala under veiledning av lærere av Sogn videregående skole 28.mars 2012 Over: Delene i limtrerammen holdes sammen med stropper . Klosser og kiler stabiliserer rammen i vannrett posisjon før sammenføyning Til venstre: 800 mm lange skruer bores inn i rammehjørnene og gir skjulte forbindelser med stor styrke. Lærer Kjetil Hardal kontrollerer at alle hjørner ligger i samme plan.



### Limtreramme belastes til brudd

Dagen etter, 29. mars ble neste skritt tatt i utprøvingen av limtrerammen. Det besto i å belaste den til brudd ved kontrollert påføring av økende last. Sogn vgs. forberedte en rigg som stabiliserte rammen. Det var inngått avtale med SINTEF byggforsk v/ seniorrådgiver Dag Henning Sæther. Han ledet gjennomføringen av belastningstesten. Hydraulisk lastcelle og måleutstyr fra SINTEF Byggforsk for registrering av laster og deformasjoner ble montert.

Voksenelevene som hadde bygd rammen deltok også i gjennomføringen av forsøket. De hadde nå fått følge av en stor gruppe interesserte medelever fra Sogn og studenter fra AHO. Gruppen av lærere fra skolene hadde også vokst. Den spennende utviklingen av forsøket mot knakende klimaks og brudd ble dokumentert med fotografier og video. Det viste seg at rammen motsto den dimensjonerende lasten med god margin.

Fullskallatesten må sammenfattes som svært vellykket. Elever / studenter fra de samarbeidende skolene hadde fått oppleve overgangen fra tegning til bygget resultat. En ny konstruktiv løsning hadde vist seg å være lett byggbar samtidig som den hadde nødvendig styrke. Alle deltok i diskusjonen av de bygningstekniske og produksjonstekniske sidene av rammekonstruksjonen. Vi fikk demonstrert det engasjerende og tette flerfaglige samarbeidet som er en av grunnideene i Osloprosjektet.



Limtreramme plassert i rigg for påføring av last. Hydraulisk lastcelle til venstre. Til høyre måleinstrument for avlesing av deformasjon.

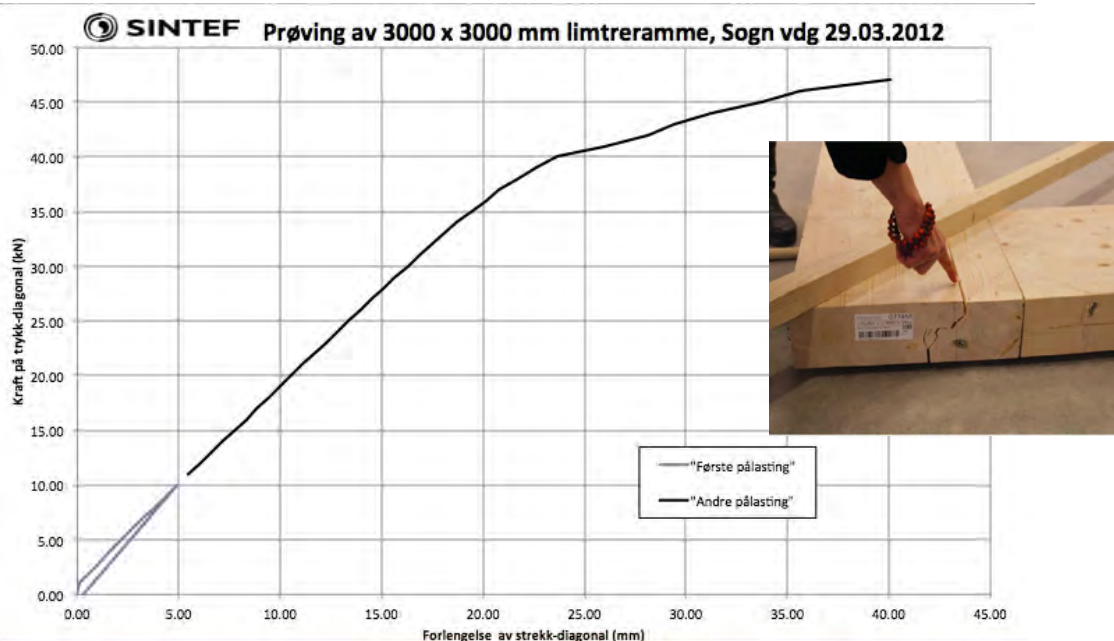


Diagram som viser påført last og deformasjon i strekkdiagonal. Kilde: SINTEF Byggforsk v/ Dag Henning Sæter  
Innfelt: Bruddsted i hjørne av limtreramme.

### Utsettelse av byggestart

Manglende oppfølging fra UMBs side av dokumentasjon og bestilling av skruer var overraskende og uforutsett i lys av det vellykkede forsøket. Resultatet var en utsettelse av hele byggeprosessen. Oppstart med gulvkonstruksjonen kunne foregå uavhengig av limtrekonstruksjonene, og ble planlagt å skje 29. mai. Da leveranser av Iso3-komponenter til gulvet viste seg ikke å komme på lovet tidspunkt, måtte oppstart av bygging i sin helhet utsettes til høstemesteret 2012.

### Forberedelse av produksjon: Løsninger

I samarbeid med Skanska v/ Arne Linja foretok lærerne på Sogn en gjennomgang av arkitektstudentenes arbeidstegninger og forberedte bygging på Skar leir. I disse diskusjonene deltok også prosjektleder og studenter fra AHO. Det kom nyttige innspill fra produksjonssiden som ble fulgt opp i mindre justeringer av detaljene.

### 3.4. FORBEREDELSE TIL OPPSTART AV BYGGING HØST 2012

I samråd med Multiconsult ble det iverksatt en alternativ prosedyre for å frembringe nødvendig dokumentasjon for bestilling av lange skruer (ca. 800 mm) til limtrerrammene. De utførte forsøkene representerer dokumentasjon i seg selv, men måtte suppleres med noen beregninger.

Iso3-bindingsverk til gulv og vegger ble levert før sommeren. Isolasjon til vegger og tak er dimensjonert og spesifisert, og ble bestilt umiddelbart etter ferien.

Øvrig bindingsverk og plater til vegger tak og gulv var lagerførte standarddimensjoner og en baserte seg på å bestille dette etter ferien.

### 3.5. KONSEKVENNS AV BYGGUTSETTELSE FOR MÅLOPPNÅELSE I PROSJEKTET

Osloprosjektet har som hovedmål å utvikle en modell for hvordan skoler knyttet til byggutdanning kan samarbeide om prosjektering og bygging i full skala for å utvikle kompetanse innen passivhusbygging.

Arbeidet fram til sommeren 2012 hadde gitt et godt grunnlag for å arbeide videre både med hovedtrekk og detaljer i en slik samarbeidsmodell. Vi hadde høstet erfaringer med de enkelte skolenes foreliggende fagplaner, og hadde fått grunnlag til å komme med forslag til hvordan de kunne koordineres bedre. Vi hadde sett at arkitekt- og ingeniørstudenter kan frembringe forslag som både er energieffektive, produksjonsvennlige og nyskapende. Det kunne dokumenteres at kompetanse var bygd opp både hos lærere og studenter/elever på alle skolene i løpet av prosjektarbeidet.

Viktige komponenter i byggmodulen var utført i full skala hos Sogn vgs. og med svært godt resultat. Dette, sammen med at byggdetaljene var gjort enklere og mer robuste, ga tro på at prosjektet vil være lett å produsere. Samtidig hadde utsettelser knyttet til nøkkelleveranser gjort det nødvendig med en kritisk gjennomgang av avtaler og forpliktelser mellom prosjektdeltakerne.

Sogn vgs. kunne ikke i juni 2011 garantere ferdigstillelse av byggmodulen til 1. november. Det var likevel sannsynlig at byggingen på dette tidspunktet hadde kommet langt nok til at vi kunne oppsummere viktige erfaringer fra prosessen og nedfelle dem i beskrivelsen av en helhetlig samarbeidsmodell.

### 4. ARBEID HØST 2012

#### 4.1 AHO: OPPFØLGING PROSJEKTERING OG BYGGING

Siv.ark. MNAL Lars Hamran ble fra 15. august ansatt i 4 måneders engasjement som prosjektmedarbeider. Hans hovedoppgave har vært oppfølging av byggeprosessen i samarbeid med Sogn vgs., men Hamran har også formidlet prosjektets resultater via forelesninger og veiledning av masterstudenter.

### Innledende arbeid

Tegningsmaterialet fra masterkursene i høsten 2011 og våren 2012 ble gjennomgått og reorganisert med tegningslister, revisjonsnummer, konsistent datering etc. Det ble etablert en felles nettbasert database (dropbox) hvor alle involverte har tilgang. Her kan alle alle til enhver tid kan finne ajourførte tegninger på ett sted. Det ble utarbeidet egne, 3-dimensjonale bindingsverkstegninger og detaljtegninger orientert mot kommunikasjon med yrkesskoleelevene på Sogn vgs. Prosjekteringsmøter og byggemøter er holdt jevnlig. Referat fra disse har også blitt lagt ut fortløpende på dropbox

Av hensyn til økonomi og byggetid ble det besluttet at badertom utgår, og erstattes med kjøkken. Dette har liten betydning for byggmodulens nytteverdi som demonstrasjons- og undervisningsprosjekt for passivhusløsninger.

### Arkitektonisk bearbeiding

Det arkitektoniske grunnlaget har i hovedsak vært lagt i studentprosjektet som ligger til grunn for prosjektet. Det har imidlertid ikke vært endtids føringer på materialvalg og detaljering. Størrelsen og utforming av glassfelter er i noen grad gitt av tekniske hensyn. Trekledning på langsiden er beholdt, mens plateledning foreslås i kortfasadene. Dette motvirker et "bokspreng" i modulens arkitektoniske helhetsinntrykk. Innvendig kledning blir 15mm furu kryssfiner som skal lakeres. Forøvrig er det søkt en enkel detaljering der materialenes egenkarakter kommer fram.

### Tester og målinger

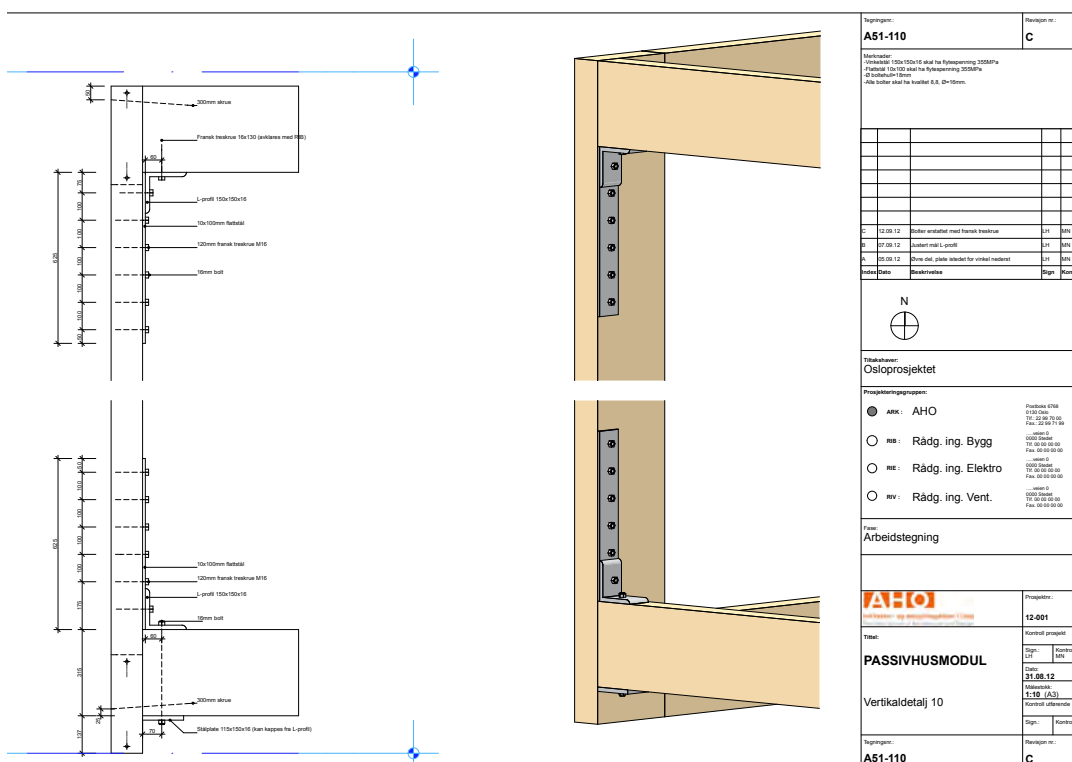
Bygget skal trykktestes for å verifisere at nødvendige krav til lufttetthet er oppnådd. En planlegger å trykkteste i flere stadier i byggeperioden, for å observere hvilken grad av lufttetthet man kan oppnå i de ulike sjikt og komponenter.

Det skal installeres loggere som bygges inn i konstruksjonen. Disse måler fukt og temperatur i driftsfasen, og sender fortløpende data til et nett om hvordan bygningens faktiske ytelse er, mens den er i bruk.

### Konstruksjoner, statikk

Multiconsult AS trådte våren 2012 inn i rollen som kontrollerende for byggingsteknikk. De har også ledet utforming og beregning av sammenføyningsdetaljer i hovedkonstruksjonen. Randdragerne i limtre er festet med stålvingler til hoveddrammene i kortveggene for å kunne ta opp dekkenes egenlast, nyttelast og snølast fra tak. Disse detaljene krevde en del tilpasninger for å sikre at kontinuitet i viktige tettesjikt ikke ble påvirket. Vindavstivning av hovedkonstruksjonen var tidlig besluttet utført med plateledning innenfor diffusjonssperresjiktet. Her anvendes 12mm. Hunton vindtett. Tynnere plater kunne vært benyttet, men denne ble valgt på grunn av leveringstid og pris/tilgjengelighet.

Løftepunkter er dimensjonert og utføres i 10x100mm stålplater som festes i hver ramme, slik at man får et oppstikkende "øre" i hvert hjørne av modulen. En utfordring med denne løsningen er at den bryter gjennom membranen i takkonstruksjonen. Detaljen er derfor spesielt gjennomgått for å sikre tetthet mot vanntrenning. Fundamenteringspunktene har også vært gjenstand for flerfaglig diskusjon. Her foreslo lærerne på Sogn vgs en god og enkel løsning som begrenset behovet for å bryte gjennom klimaskallet i oppleggspunktene.



Detaljtegning som viser innfesting av randdrager i limtre til limtrerrammene i kortveggene på byggmodulen. Tredimensjonale fremstillinger brukes for å lette kommunikasjonen omkring løsninger og utførelse.



## Bygningsfysikk

Klimaskallet ble gjennomgått og viktige detaljer drøftet med Multiconsult v/ Erik Algaard. Det har også kommet innspill fra Sogn vgs. som vi har tatt med videre. Kritiske punkter har vært kontinuitet i sperresjikt, nødvendig klemming og gjennomføringer (mansjetter). El/vann legges i større rør som tettes innvendig. Det ble gjort en vurdering av om bindingsverk og bjelkelag i de ulike isolasjonssjiktene burde ligge forskutt. Ettersom det benyttes ISO-3 både i vegger og gulv mot grunn er kuldebroproblematikk sterkt begrenset. I følge Glava ville det ikke oppstå problemer med luftlommer, så kontinuerlige senterlinjer i bindingsverket ble valgt. Dette forenkler byggingen.

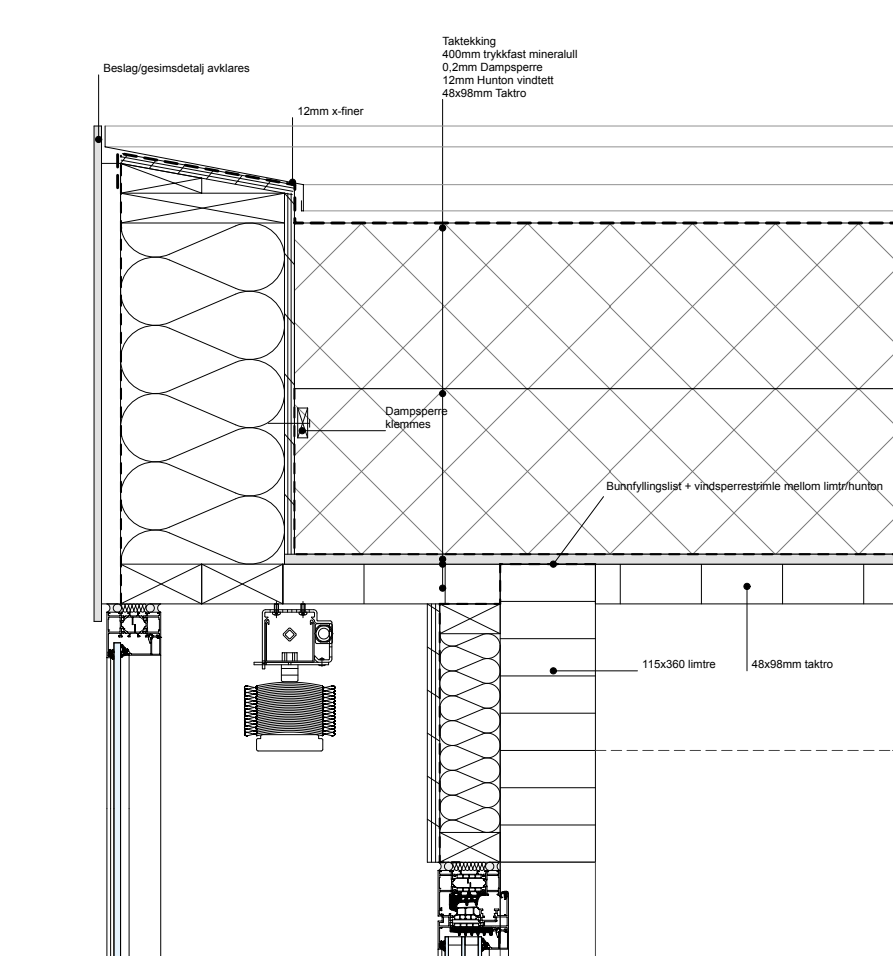
## Ventilasjon

Det er prosjektert inn et kompakt ventilasjonsaggregat (Systemair). Dette gir balansert ventilasjon med høy grad av varmegjenvinning. Aggregatet er noe overdimensjonert til dette prosjektet, men er svært kompakt, og kan monteres i himling over kjøkkenbenk. Nødvendige lydfeller og røropplegg ble avklart med bistand fra Erichsen & Horgen v/ Arnel Petersen. En er i samtaler med Systemair for leveranse av dette eller et mer egnet ventilasjonsanlegg. Det er et generelt problem at få anlegg er utformet for å betjene små boligheter.

## Vinduer

Via god oppfølging og nært samarbeid med Hydro Building Systems er det utviklet en dobbelt glassfasadeløsning i tråd med det opprinnelige prosjektet til Stud. ark. Joan Ramon Pastor Planas. Det er innarbeidet åpningsfelt som muliggjør inntak eller bortledning av forvarmet luft. Sammen med åpningsvindu ved siden av dør på motsatt fasade gis det mulighet for gjennomlufting.

I samarbeid med Hydro vil Building System Integrator (BSI AS) føre denne ventilasjonsløsningen et viktig skritt videre. De vil utstyre Hydros vinduer med et system for automatisk åpning/lukking styrt av co2-sensor. Da får vi et behovstyrt naturlig ventilasjonssystem. Det vil ha stor pedagogisk og informasjonsmessig verdi å kunne erfare hvordan ulike ventilasjonsløsninger opptrer i en liten byggmodul. Det vil også kunne utprøves ulike former for samvirke mellom mekanisk og naturlig ventilasjon.



Detaljtegning som viser dobbelt glassfelt med mellomliggende solavskjerming. Åpninger i ytre og indre glassfelt gir mulighet for utnyttelse av forvarmet luft eller bortledning av overskuddsvarme. Vindu på motsatt veg muliggjør gjennomlufting

## El og Rør

KEM-fagmiljøene (Klima Energi og Miljø) på Sogn vgs har bistått AHO i tilretteleggingen av elektro og rørledninger. Både El og rørinstallasjoner føres i varerør gjennom gulv. Disse rørene tettes når installasjonen er ferdigstilt. Dette gir færre gjennomføringer i klimaskallet, og gjennomføringene kan ferdigstilles uavhengig av tekniske fag. alle tekniske systemer føres opp i lettvegg ved kjøkken og distribueres derfra. Limtrekonstruksjonen har vært utfordring på el- siden, fordi er vanskelig å komme rundt rammen uten å bryte diffusjonssperren. Rør for vann og avløp føres i sokkel til kjøkken. Takvann føres i nedløp loddrett lettveggen.

### 4.1.2 BRUK AV OSLOPROSJEKTET OG BYGGMODULEN I UNDERVISNINGEN

Høsten 2012 gjennomføres modulkurs nr.2 på Institutt for arkitektur på AHO. Det skal løses to typer oppgaver: 1) Et lite studentboliganlegg sammensatt av byggmoduler, og 2) Små, autonome og flyttbare kabiner for turisme. Å arrangere flere kurs med felles grunntema (i dette tilfellet små, prefabrikerte bygg) gir en rekke fordeler. Den viktigste er at felles prosjekteringsgrunnlag kan videreutvikles og stadig forbedres. Prosjektene fra kurset høsten 2011 og arbeidstegningene for den modulen som er under bygging benyttes som prosjektkeksampler i det pågående studiekurset. Besøk i byggehallen på Skar gir arkitektstudentene kjennskap til hvordan de prosjerterte løsningene arter seg i full skala.

## 4.2 HiOA

### 4.2.1 LÆRERINNSATS

Osloprosjektet har høsten 2012 vært fulgt av lærere på Bygg samt på Energi og miljø i bygg både på bachelor og masternivå. I samråd med elever og lærere fra Sogn vgs, utførte Christian Nordahl Rolfsen (Bygglinje på HiOA) en kontrollberegning av alternativt opplegg for fundament. Denne løsningen ble valgt for utførelse. Rolfsen, hans kollega fra Bygg, Ann Karina Lassen og styringsgruppemedlem Heidi Liavåg fra Energi og miljø i bygg deltok alle på åpnings-seremonien ved Skar Leir. Andre involverte i Oslo-prosjektet høsten 2012 fra Energi og miljø i bygg har vært Habtamu Bayera Madessa og Mads Mysen som har fulgt opp prosjektet på master, se nedenfor. Madessa deltok på Passivhus-seminaret i Trondheim i oktober, for å oppgradere sin kunnskap om passivhus.

### 4.2.1 BRUK AV MODULPROSJEKTET I UNDERVISNINGEN

Samarbeidet med AHO er knyttet til emnet Energibruk, inneklimate og analytiske metoder som utgjør 1/3 av studiet i 1. semester (10 av 30 studiepoeng). I dette kurset inngår undervisning i modeller og digitale verktøy for energiberegning. Arbeidsmåter er forelesninger, øvingstimer og prosjektarbeid. Madessa har vært koordinator for emnet, mens flere lærere har vært involvert i undervisningen. I likhet med høsten 2011 ble prosjektet for høsten 2012 koblet opp mot Oslo-prosjektet. Denne gangen er den ferdig prosjerterte byggmodulen benyttet som utgangspunkt. HiOAs beregninger baserer seg på to ulike løsninger for sammenstilling av denne modulen. Tittelen for prosjektet ved HiOA er Flyttbare moduler: Sammenligning med passivhuskriterier. Prosjektleder ved HiOA har vært Mads Mysen. Det har underveis i prosjektet vært felles forelesninger mellom HiOA og AHO. Prosjektet skal avsluttes med presentasjon i uke 46 i november 2012.



Elever / studenter og lærere fra alle skolene deltok ved markeringen av byggestart i Skar leir. Innfelt: Skruer benyttet i avstiving av ramme

## 4.3 FiO

### 4.3.1 BRUK AV MODULPROSJEKTET I UNDERVISNINGEN

Fagskolen i Oslo har ikke hatt konkrete oppgaver knyttet til Osloprosjektet høsten 2012. Undervisning og kunnskapsoppbygging om passivhus som ble initiert av prosjektet har blitt fulgt opp. I høstsemesteret har det utviklede tegningsgrunnlaget for byggmodulen blitt brukt som utgangspunkt for forelesninger og oppgaver. Dette betyr at et bredt spekter av fag ved skolen opprettholder engasjementet omkring lavenergi- og passivhusproblematikk.

FiO deltok på markeringen av at byggearbeidene ble startet opp på Skar, og har senere hatt ekskursjon til byggehallen med elever i 1. klasse på skolens bygglinjer.

En viktig følge av Osloprosjektet er at det er etablert et nettverk for deling av informasjon og ressurser som kan ha interesse i skolenes arbeid med temaer knyttet til energieffektivitet. I regi av Lavenergiprogrammet er det utviklet undervisnings- og informasjonsmateriell. Adresser til relevant informasjon på nettet blir utvekslet blant deltakerne. Dette har også FiO aktivt brukt i sin undervisning og kompetanseutvikling.

## 4.4. SOGN VGS.

### 4.4.1 TILRIGGING, PRODUKSJONSPLANLEGGING, BYGGING.

#### Tilrigging

Hall 2 i Skar leir ble våren 2012 valgt som byggested. Med utgangspunkt riggplan utarbeidet av studenter og lærere ved FiO ble det utplassert containere og montert hyller. Gulvet ble malt og ny, større rulleport montert. Systemer for oppvarming og støvavsug ble innkjøpt og montert, og maskiner / utstyr anskaffet.

#### Utvikling av løsninger, innkjøp av materialer.

Lærerne på Sogn vgs har deltatt aktivt i forberedelse av produksjon. Gjennomgang av prosedyrer og detaljer med hensyn på byggbarhet og sikker utførelse har vært en del av dette. I flere tilfeller har innspill fra Sogn ført til ny eller justert løsning. Både AHO og Sogn har hatt utbytte av dette samarbeidet som har kommet prosjektet til gode.

Bestillinger har dels gått via AHO (Sponsorstøttede leveranser av komponenter og delsystemer) og dels via Sogn vgs, i begge tilfeller med AHO (prosjektleder) som fakturaadresse.



Byggmodulen under produksjon i slutten av oktober 2012. Bildet viser endevegg med avstivende limtramme som gir stor frihet i utforming av fasade og vindusløsninger. Bærende tredekke i tak er delvis ferdigstilt.



### Viktige faser i produksjonen

I samråd med Arne Linja fra Skanska ble det valgt å produsere gulvet i modulen stående, slik at rupanel og vindtettsjikt mot grunnen kunne monteres enkelt. Dette fungerte utmerket. Plattformen ble deretter tippet ned og benyttet som utgangspunkt for montasje av randdragere, bjelkelag, rammer og vegger. Produksjon av limtramme ble testet i full skala våren 2012, og de løsningene ble gjentatt i de rammene som avstiver endeveggene i modulen. Noen delprosesser, som f.eks. innfyllende bindingsverk for vegger og bærende takdekke i heltre har tatt litt lenger tid enn planlagt, men fremdriften har vært jevn.

### Mestring, kontroll presisjon

Kontrollskjemaer basert på Skanskas kontrollsystem er benyttet underveis i byggeprosessen. Elevene har vist god mestring av de oppgavene som de utfører på byggmodulen. Det er større fokus på presisjon enn det som er vanlig i byggpraksis på Sogn. Kontrollmålinger viser at ferdig resultat ligger langt innenfor toleransekravene i Norsk Standard.

### Undervisning under bygging. Motivasjon hos elevene

Teoriundervisningen innpasses i byggeprosessen, som regel etter at en delprosess er utført og før den neste startes opp. Elevene gir positive tilbakemeldinger. De føler at de er med på noe som er nytt og utenom det vanlige. De vet at modulen skal brukes i en større sammenheng og det øker motivasjon, engasjement og følelse av eierskap til prosjektet.

### Lærernes rolle. Kunnskapsoppbygging.

Under byggingen har lærerne primært tatt en veilederrolle. I noen prosesser har de også deltatt praktisk. Flere av lærerne har deltatt på kurs og foredrag om miljøtemaer og passivhusprinsipper i bygging. Lavenergiprogrammet har vært flinke til å formidle informasjon som er viktig og nyttig i undervisningen.

### Kommunikasjon med andre deltakere / skoler

De viktigste deltakerne i byggefasen er AHO Skanska, og her har samarbeidet vært tett og med god flyt. De andre skolene har ikke vært direkte involvert. Sogn skulle gjerne sett at den flerfaglige kontakten og diskusjonen ble fulgt opp i byggefasen. Både FiO og HiOA var godt representert ved markeringen av oppstart på Skar. Fagskolestudenter har også vært innom på besøk i byggehallen. Glava har vært på besøk og har bidratt med skjærebord for isolasjonsmatter. Terje Mork fra Temporent deltok sammen med AHO på befaring på Skar 31. oktober.

#### 4.4.2 BRUK AV MODULPROSJEKTET I ØVRIG UNDERVISNING.

Sogn-lærer Kjetil Hardal bruker prosjektet som grunnlag for oppgave i dybdefag på HIOA. Her skriver han om passivhus og om Osloprosjektet. I oppgaven ser han læreplanene som berører de ulike fasene og deloppgavene i prosjektet.

Andre lærere på Sogn vgs. bruker også elementer fra prosjektet i undervisning i tegning og bransjelære.



*Intens konsentrasjon rundt arbeidstegningene under byggemøte i byggehallen i Skar Leir.*

## 5. STUDIEPLANER

### 5.1. HOVEDTREKK I SKOLENES UTDANNINGER OG KURSPLANER

Osloprosjektet forutsatte at de deltagende skolene samordnet aktiviteter på tvers av institusjonsgrenser, men måtte holde seg innenfor de eksisterende studieplanene. Disse planene er forankret i skolenes strategiske dokumenter. Innhold og læringsutbytte og poengtall i kursene er detaljert beskrevet og kvalitetssikres både internt på skolene og av eksterne organer som NOKUT (Nasjonalt organ for kvalitet i utdanningen).

Mange av skolene bygger på fagtradisjoner som fremdeles preger både undervisningens form og innhold og samfunnets forventninger om kompetanse hos de som uteksamineres. På Arkitektur- og designhøgskolen i Oslo er undervisningen både i grunnutdanningen og på masternivå studiebaseret og prosjektorientert med vekt på individuell veiledning. I de senere årene har forskning hatt høy prioritet.

Byggfagene på Høgskolen i Oslo og Akershus har tradisjonelt hatt fokus på bachelorutdanning. Først høsten 2011 ble en masterutdanning i energi og miljø i bygg etablert. Ingeniørutdanningen bygges som regel opp av en rekke mindre og parallelle fagmoduler, og først i avsluttende semester leveres en større oppgave.

Fagskolen i Oslo er et toårig videreutdanningstilbud for håndverkere med fagbrev. De fagteknikere som utdannes rekrutteres ofte til mellomlederstillinger i byggenæringen. Også Fagskolen har en oppdelt modulstruktur. Skolen har en tradisjon for å tilby kveldsutdanning over et lengre tidsrom (Eksempelvis 3,5 år for bygglinje med fordyping i klima energi og miljø (KEM)).

Sogn videregående skole bygger på yrkesskoletradisjonen. Byggfagene i 2. år har prosjekt i fordypning og utplassering som gir erfaring i praktisk yrkesutøvelse. Det er samtidig et stort antall timer avsatt til teoretiske fag, og det kan vanskeliggjøre kontinuitet i den praktiske treningen.

Som del av Osloprosjektet er det utarbeidet et diagram som viser hovedtrekkene i de byggrelaterte utdanningene i Oslo. Diagrammet illustrerer et komplekst mønster av linjer, fag og kurs. Diagrammet er ikke komplett, men fokuserer på de kursene som er aktuelle i flerfaglige prosesser knyttet til utforskende bygging.

### 5.2 HVORDAN OSLOPROSJEKTET BLE INTEGRERT I UNDERVISNINGEN

Nedenfor gjengis hovedtrekkene i kurskoordineringen. De er også illustrert i et eget diagram. Det vises ellers til beskrivelsen i kapittel 1-4. Første skritt i koordineringen av studieplanene i Osloprosjektet var å etablere et studioskurs (prosjektorientert kurs over et helt semester) på masternivå på AHO. Det måtte innarbeides i studieplanen i mai 2011 for å kunne iverksettes samme høst. Temaet for kurset var små, prefabrikerte og flyttbare byggmoduler for sammenstilling i bygg med energibehov på passivhusnivå.

I vårsemesteret 2011 ble det også avtalt at AHO-kurset skulle samkjøres med høstens delkurs i Energibruk og inn klima på masterstudiet i energi og miljø i bygg ved HiOA. Det ble forberedt felles forelesninger og workshops, og en plan for hvordan arkitektstudentenes prosjekter kunne brukes som utgangspunkt for simuleringer av energiforbruk. Det ville samtidig gi sikkerhet for at prosjektene var på rett vei.

På FiO ble passivhusløsninger generelt, og spesielt det prosjektet AHO valgte for utførelse, brukt som utgangspunkt for oppgaver innenfor en rekke fagmoduler høsten 2011. Det dreide seg blant annet om en BIM-modell, ventilasjonsløsninger, riggplan og SHA-plan. Fagskolen i Oslo og Sogn videregående skole ble invitert til felles gjennomganger av prosjektene på AHO høsten 2011. På Sogn ble det arrangert møter og seminarer med lærere og elever for å orientere om Osloprosjektet og om passivhusproblematikk.

Byggstart var opprinnelig planlagt senest i begynnelsen av mars 2012. Det viste seg at avklaring av detaljer og forberedelse til produksjon som blant annet var innpasset i et fordypningskurs på AHO tok mer tid en forutsatt. Dette krevde en rekke justeringer av kursplanene, først og fremst for VG2 på Sogn vgs. Det medførte også at FiO-elevene måtte velge andre hovedprosjekter. Det flerfaglige samarbeidet var likevel lovende, og det viste seg at byggstudenter / elever på HiOA og FiO kunne bruke prosjektet som oppgave i konstruksjonsteknikk (Ledet av Christian Nordahl Rolfsen som er lærer på begge skoler). Prøvebygging av passivhusvegg og fullskala testing av limtreramme var viktige forberedelser til oppstart av produksjon som måtte utsettes til høsten 2012.





## OSLOPROSJEKTET

Oversikt over kurs som har vært involvert i og har benyttet modulprosjektet i sin undervisning.

	2011					2012					2013							
	sept.	okt.	nov.	des.	jan.	feb.	mars	april	mai	juni	sept.	okt.	nov.	des.	jan.	feb.	mars	
AHO	STUDIOPROSJEKT																	
Arkitektur (Masterutdanning)																		
HIOA																		
Energi og miljø i bygg (Masterutdanning)																		
Bygg (Bachelorutdanning)																		
FIO																		
Fagtekniker-utdanning Linje for bygg og anlegg																		
Sogn vgs																		
Yrkesutdanning Bygg og anleggsteknikk																		
Yrkesutdanning voksnelever Bygg og anleggsteknikk																		

AHO - MN - 26.10.2012

Etter kompletteringene og produksjonsforberedelsene våren 2012 kom byggarbeidene igang i september. Sogn videregående skole prøvde ut en ny kursform med bygging på Skar tirsdag, onsdag og torsdag og skoleundervisning mandag og fredag. Dette har fungert godt, og gitt kontinuitet i byggarbeidene. Noen konstruksjonsløsninger gjensto, men ble avklart uten konsekvens for fremdriften. Engasjement av prosjektmedarbeider hos prosjektleder på AHO bidro til at samarbeidet mellom AHO og VG2-elevne og lærerne på Sogn ble styrket og bedre strukturert.

Modulprosjektet ble benyttet i en rekke kurs på de ulike skolene høsten 2012..

## 6. OSLOMODELLEN (VERSJON 1.11.2012)

### 6.1 INNLEDNING

Oslomodellen innebærer at et nettverk av byggskolers etablerer et flerfaglig samarbeid om å prosjektere og produsere små bygg som har lavt energibehov (passivhusnivå eller bedre). Nyskapende løsninger søkes innpasset og prosjektet følges opp i bruksfasen. Livsløpet fram til dekomponering eller gjenbruk planlegges. Samarbeid med næringspartnere integreres i prosjektutviklingen.

Det må understrekes at Oslomodellen er en av flere mulige modeller for å integrere praktisk byggerfaring i byggutdanningene. Blakstadmodellen er en annen. Begge har utnyttet de mulighetene som ligger i kommunene, i skolemiljøet og i næringslivet. Det er viktig å utvikle modeller som er egnet i ulike situasjoner. Sannsynligvis må modellene flere steder kombineres for å få en optimal struktur.

### 6.2 FAGLIG GRUNNLAG OG SAMFUNNSMESSIG RELEVANS

#### 6.2.1 UTFORSKENDE BYGGING I UTDANNINGEN

Gleden ved å lage ting er felles for alle deltakere i byggeprosesser. Et samspill mellom teoretisk refleksjon og praktisk erfaring er forutsetning for dyp forståelse av eget fag og hvordan det samvirker med andre. Å se konstruksjoner og materialer bearbeidet, sammenføyd og deretter utsatt for mekanisk og klimatisk påvirkning er avgjørende for at arkitekter, ingeniører, fagteknikere og håndverkere skal lage byggverk som har høy og varig kvalitet. Derfor er det viktig å finne egnede og fleksible modeller for bygging under utdanning. Hvis denne praksisen gis en utforskende karakter vil den samtidig bidra til ny kunnskap. Vi får en platform for innovasjon med minimal avstand mellom utvikling, formidling og anvendelse av nye løsninger.

#### 6.2.2 ENERGI - OG MILJØLØSNINGER KREVER FLERFAGLIG SAMARBEID

Energibehovet i bygg er et resultat av et komplekst samspill mellom bygningsfysiske og bygningstekniske faktorer. Det påvirkes av arkitektoniske valg knyttet til planløsninger, yttervegger konstruksjoner og materialer. På den andre siden vil valg av energikilder og systemer for innklimakontroll påvirke arkitekturen. Flerfaglig kommunikasjon er nødvendig for å utvikle gode helhetsløsninger for bygg med energibehov på passivhusnivå. Dette samarbeidet må omfatte både prosjekterende og utførende fag. "Kulturbarrierer" i byggeprosesser bygges ned når deltakerne forstår sin egen kompetanse i en bredere sammenheng.

#### 6.2.3 BÆREKRAFT, KVALITET OG KOMPETANSE I BYGGENÆRINGEN 3.7 HAR HØY POLITISK AKTUALITET

En rekke offentlige dokumenter setter fokus på kvalitet, ressurseffektivitet og bærekraft i bygg. Kulturdepartementets arkitekturpolitiske dokument Arkitektur.nå kom i 2009. Her fremheves miljø- og energivennlige løsninger og kunnskap, kompetanse og formidling som to av seks innsatsområder. Kommunaldepartementets stortingsmelding om bygningspolitikken skal behandles høsten 2012. Regjeringen definerer kvalitet, bærekraft og kompetanseoppbygging som viktige mål. Den foreslår opprettet Bygg 21 som et samarbeidsprosjekt med byggenæringen for å fremme FoU og innovasjon, utdanning og kompetanseutvikling og formidling av kunnskap og erfaringer.

#### 6.2.4 SMÅ, PREFABRIKERT OG FLYTTBARE PROSJEKTER ER VELEGNET FOR UTFORSKENDE FULLSKALABYGGING

Små, midlertidige bygg knyttet til større bygge- og anleggsarbeider krever ikke offentlig saksbehandling. Fremdriften i byggeprosessen vil dermed være forutsigbar og det er avgjørende for å kunne integrere bygging i undervisningsplaner.

Små enheter gir kortere design- og byggetid og en begrenset økonomisk og sikkerhetsmessig risiko. De kan bygges i relativt små produksjonslokaler, men forutsetter at disse kan disponeres

over lang tid. Hvis muligheten byr seg kan små byggmoduler også integreres i større enekltbygg eller utbyggingsprosesser. Prefabrikasjon og flyttbarhet setter fokus på effektivitet i ressursutnyttelse (areal, volum, vekt) og produksjonsprosesser. Kort tid fra design til bruk gir rask tilbakeføring av erfaringsdata. Små bygg kan brukes til å utprøve ideer som har relevans i stor skala.

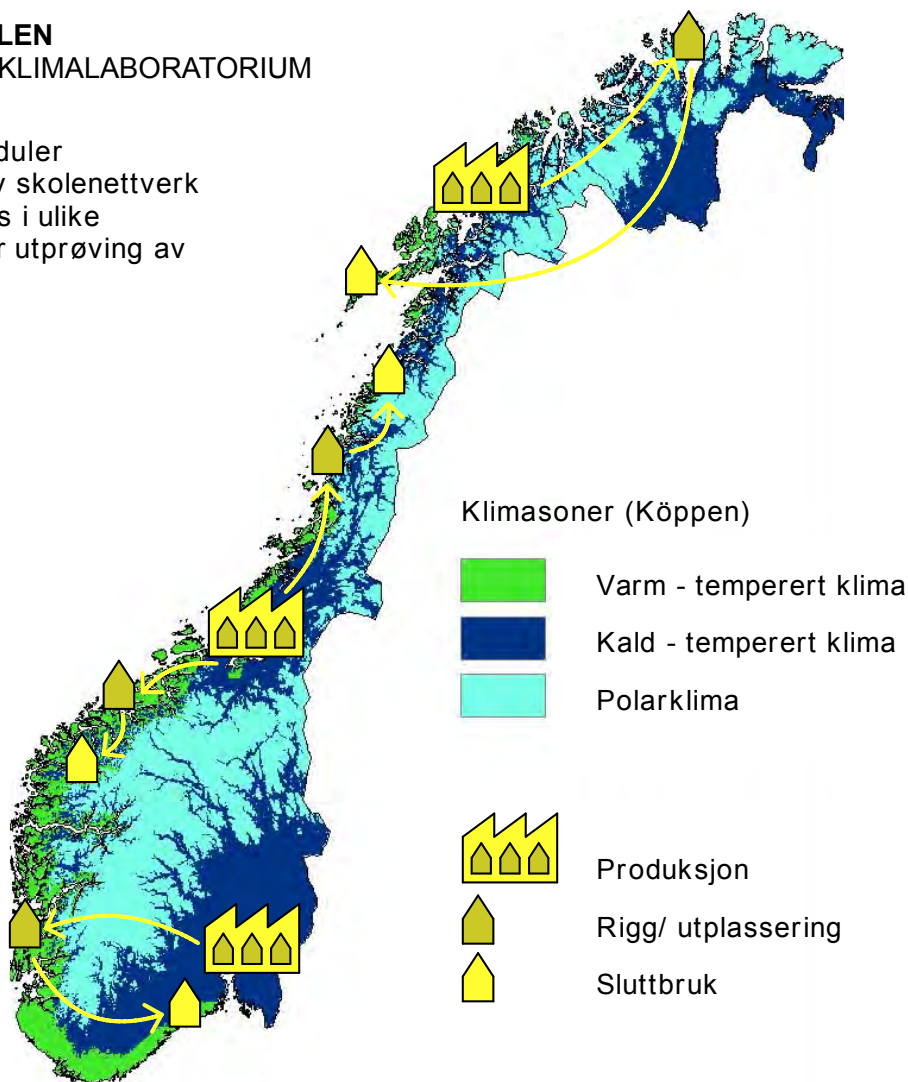
### 6.2.5 NORGE SOM KLIMALABORATORIUM

Et særtrekk ved Norge er at vi har mange klimasoner innenfor landegrensene. Mange steder, spesielt langs kysten, er det svært korte avstander mellom et mildt og fuktig kystklima og et polart fjellklima. Det betyr at utforskende bygging kan testes i forhold til ulike klimapåvirkninger. Siden våre klimasoner er representative for store deler av den nordlige halvkule vil løsningene ha internasjonal relevans.

Det er bred politisk enighet om at store infrastrukturprosjekter (vei, jernbane, energi) skal prioriteres. Det betyr store anleggsarbeider i mange landsdeler og klimasoner. Det er behov for midlertidige rigger for boliger, kontor og fellesfunksjoner der de eksperimentelle modulene kan innpasses. Hvis dette systematiseres kan byggenæringen og byggutdanningsstedene bruke Norge som klimalaboratorium.

### OSLOMODELLEN NORGE SOM KLIMALABORATORIUM

Små byggmoduler produseres av skolenettverk og utplasseres i ulike klimasoner for utprøving av løsninger





## 6.3 DELTAKERE, ROLLER OG ANSVAR

### 6.3.1 SKOLENETTVERKET

Oslomodellen har som utgangspunkt at prosjektering og bygging skal utføres av studenter og elever på et nettverk av samarbeidende skoler knyttet til byggenæringen. Dette gir en realistisk trening i å mestre fremtidig yrkesutøvelse. Når alle er i en undervisnings- eller utdannings situasjon fremmes et likeverdig eierskap til prosjektet. Terskelen for å involvere seg og stille spørsmål senkes.

Det er viktig at skolene har den flerfaglige bredden som kreves for utvikling av bærekraftig arkitektur. Både universitets- og høyskoleutdanning og yrkesutdanning må være representert. I Osloprosjektet deltok:

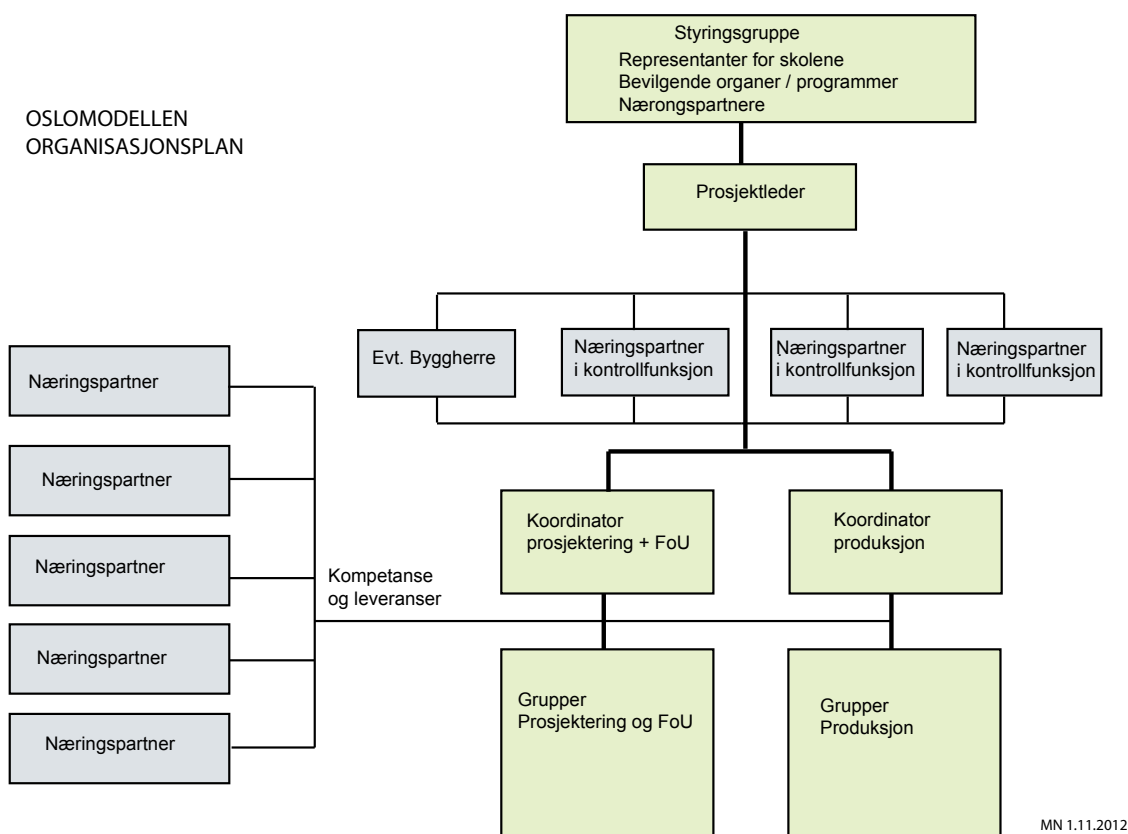
- Arkitektur- og designhøgskolen i Oslo (AHO): Masterstudenter i arkitektur.
- Høgskolen i Oslo og Akershus (HiOA): Masterstudenter i energi og miljø i bygg, bachelorstudenter i bygg.
- Fagskolen i Oslo (FiO): Fagtekniker-elever i bygg, fagtekniker-elever i klima, energi og miljø (KEM). Fagskolen tilbyr videreutdanning for håndverkere som har fagbrev.
- Sogn videregående skole (Sogn vgs.): Elever i grunnutdanning for yrkesfag.

I de innledende fasene av samarbeidet er det avgjørende at skolene bruker tid til å sette seg inn i hverandres studieplaner og at lærere og studenter / elever møtes. Det er ulikheter i alder, fagbakgrunn og tradisjoner som må forstås og som prosjektene må utnytte på en positiv måte. Det er også viktig at samarbeidet ses i sammenheng med skolenes langsiktige utvikling.

Skolene må inngå en avtale som forplikter til deltakelse i prosjektet. Avtalen må definere de ulike prosjektrollene og hvordan rollene er fordelt på institusjoner og helst personer.

### 6.3.2 STYRINGSGRUPPE

Det bør opprettes en styringsgruppe som øverste beslutende organ i prosjektet. Hver av skolene bør være representert. I tillegg bør det være med representanter for organer, programmer eller initiativer som støtter prosjektet. Det kan også være naturlig at næringspartnerne deltar. Styringsgruppen må ha fokus på oppfølgingen av hovedmål.



Oslomodellen: Prinsipiell organisasjonsplan

### 6.3.3 PROSJEKTLEDER

Oslomodellen innebærer at mange institusjoner og fagmiljøer må koordineres. Derfor er det viktig med en samlendende prosjektlederfunksjon. Prosjektlederen må forberede statusrapporter, fremdriftsplaner og annet underlag for styringsgruppens prosjektoppfølgning.

Prosjektlederen må også overse og lede prosjektering og bygging slik at faglig kvalitet, fremdrift og økonomi er under kontroll. Til rollen hører også å lede etableringen et nettverk av næringspartnere med relevante kunnskaper og produkter. Hvorfra prosjektlederen skal komme vil være avhengig av skolens ressurser og erfaring og interesse hos nøkkelpersoner på skolene. Når forskning skal inngå kan det være en fordel at prosjektlederen er tilknyttet en skole med et forskningsmiljø.

### 6.3.4 NÆRINGSPARTNERE I KONTROLLFUNKSJON

Midlertidige bygg knyttet til bygge- eller anleggsarbeid krever ikke offentlig saksbehandling. De skal uansett tilfredstille lov- og forskriftskrav knyttet til bygg. Foreløpig har få byggskoler ansvarsrett for kontroll av prosjektering og utførelse. Inntil dette er på plass må denne kontrollen utføres av næringspartnere som har nødvendig godkjenning. Siden deres standard kontrakter ofte forutsetter en byggherre som oppdragsgiver, kan det være nødvendig at en av skolene påtar seg byggherrollen. Med denne følger også ansvar for sikkerhet i byggeperioden i henhold til byggherreforskriften.

### 6.3.5 PROSJEKTERING OG FoU

Koordinator for prosjektering og FoU

Flere fagmiljøer vil være engasjert i prosjekteringen. En koordinator bør utpekes for å samordne denne innsatsen, som må tilpasses et komplekst mønster av studieplaner. Vedkommende må også lede utpekingen av områder der prosjektet vil kunne bidra til forskning og utvikling. De små byggene må søkes integrert i større forskningsprosjekter der de kan fungere som testtrigger for ny teknologi.

Grupper for prosjektering og FoU

Grupper av studenter og lærere vil ha hovedansvar for utførelse av prosjekteringen. Dette skal i løpet av et første semester føres fram til et detaljert forprosjekt på kurs for arkitekt- og ingeniørstudenter. Hvilke ingeniørfag som trekkes inn vil være avhengig av skolens fagplaner og oppgavetyper. Her vil fagtekniker- og yrkesskoleelever være deltakende observatører på gjennomganger og andre fora der alle kan komme med spørsmål og innspill.

Neste semester må benyttes til forberedelse av prosjektet for produksjon. Hovedtemaer for utforskning må defineres. Løsningene må utvikles og detaljeres, sannsynligvis i samråd med næringspartnere som har kontrollansvar. Det er avgjørende at både prosjekterende og produserende grupper har tett kontakt i denne fasen. Løsningene må vurderes både i forhold til arkitektonisk bygningsteknisk og bygningssystemisk kvalitet og i forhold til byggharhet.

Utdanningssteder for fagtekniker- og mellomledere vil i denne fasen utpeke koordinator for produksjon og lage planer for fremdrift, rigging av produksjonslokaler og SHA (sikkerhet, helse og arbeidsmiljø).

Aktuelle næringspartnere må knyttes til prosjektet både i kontrollfunksjoner og på kompetanse- og leverandørsiden. Dette er viktig blant annet for å kartlegge tidskritiske leveranser.

### 6.3.6 PRODUKSJON

Koordinator for produksjon

Dersom detaljering og produksjonsplanleggingen har vært grundig, bør produksjonen av en liten byggmodul kunne gjennomføres i løpet av ett semester. Det er naturlig at en fagskole (utdanningssted for fagteknikere) tar rollen som koordinator av produksjonen. Dette innebærer å tilrettelegge kontrollsystemer og HSA-planer, og utvikle og oppdatere fremdrifts- og produksjonsplaner. Til denne rollen hører også innkjøp og regnskapsføring for byggingen. Kontroll av byggeprosessen må koordineres med ansvarlig næringspartner..

Grupper for produksjon

Yrkesskolens elever under instruksjon av lærerne vil ha hovedansvar for produksjonen. Det vil være aktuelt at elever fra en fagskole deltar i opplæring og ledelse i delprosesser. Det er viktig for elever i yrkesfag også å ha kontakt med håndverkere utenfor lærerteamet. Produksjonsgruppene vil ha ansvar for kontroll av eget arbeid som del av kontrollsystemet for hele byggeprosessen.

På samme måte som elever fra fag- og yrkesskoler var deltakende observatører i prosjekteringsfasen, vil arkitekt- og ingeniørstudenter følge produksjonen og delta på møter der utførelse og eventuell tilpasning av viktige detaljer blir diskutert.

### 6.3.7 ØVRIGE NÆRINGSPARTNERE

Prosjektene bør over tid variere i funksjon, teknologi og materialbruk. Det vil skape variasjon i behovet for næringspartnere. Graden av innovasjon og forskning kan kreve ulike modeller for samarbeid. Det er viktig at Oslomodellens potensial for rask utprøving av ny teknologi og formidling av FoU-resultater blir utnyttet. Dette kan komme til å måtte avveies mot bedriftenes behov for å skjerme innsyn i egen produktutvikling.

### 6.3.8 BRUK, MÅLINGER, PLANLAGTE LIVSLØP

Produksjonen må følges opp med studier av bruksegenskaper og klimapåvirkninger og ved målinger av energibruk, fuktighet og temperaturer i de ferdige byggene. Bygningenes livsløp planlegges. Under prosjekteringen og byggingen må det legges til rette for endret bruk over tid og til enkel ombygging eller tilbygging. Eventuell demontering og gjenbruk må også tas inn som rammebetingelse for prosjekteringen.

### 6.4 ØKONOMISKE, PRAKTISKE OG ORGANISATORISKE RAMMEBETINGELSER

Osloprosjektet ble muliggjort av engangsstøtte fra Lavenergiprogrammet, Enova og Husbanken. Gjennom tilpasning av studieplaner og omprioriteringer innenfor eksisterende budsjetter vil skolene kunne tilføre en viktig del av de ressursene som skal til for å utvikle og opprettholde utforskende bygging som del av utdanningen.

Et permanent og klimabeskyttet produksjonssted er avgjørende både for å gi gode undervisningsforhold og for at fukt ikke skal skade konstruksjoner under bygging. Få skoler har slike muligheter. Noen har byggehaller, men de må som regel være tilgjengelig for variert bruk over et semester, og hver bruker må fjerne sine produkter etter bruk. Her kreves en koordinert tilrettelegging i samarbeid med skolemyndigheter og byggenæring.

Penger til materialer og komponenter er en annen kostnad som ikke er dekket i dagens skolebudsjetter. En kontinuerlig sponsorjakt kan være utmattende både for skolene og for bedriftene. Også her må det etableres samarbeidsformer som gir mer forutsigbar ressurstilgang til utforskende bygging i skolenes regi.

Hvis små bygg skal utplasseres systematisk i ulike klimasoner må det inngås avtaler med brukere eller kjøpere av modulene. Dette er et annet felt hvor det må utvikles programmer og avtaler.

### 6.5 OVERFØRING / TILPASNING TIL ANDRE UNDERVISNINGS / NÆRINGSMILJØER

Arkitektutdanning er lokalisert i Oslo, Trondheim og Bergen. Master- og/eller bachelorstudier i byggt tekniske fag finnes også i disse byene. Fagskolene har litt varierende profil i de ulike byene. Det er sannsynlig at Oslomodellen må tilpasses til ulike undervisnings – og næringsmiljøer. Noen tilpasninger kan gjøres organisatorisk. Det er for eksempel mulig for en arkitektskole å samarbeide med flere yrkesskoler. Grupper av studenter innen arkitektur eller byggt teknisk fag kan arbeide periodevis i andre byer og på andre utdanningssteder. En kombinasjon av personlig tilstedeværelse og nettbasert kommunikasjon er vanlig i byggeprosjekter og kan utprøves i studiesammenheng. Det er også mulig at et arkitekt- eller konsulentfirma trer inn i deler av prosjekteringsarbeidet. Da er en inne på en kombinasjon av Oslomodellen og Blakstadmodellen.

### 6.6 VIDERE UTVIKLING, NYE TEMAER

Utgangspunktet for Osloprosjektet og Oslomodellen er økt kompetanse innen planlegging og produksjon av bygg med energibehov på passivhusnivå. Resultatene så langt viser at prosjektmodellen gir en rask og bred kunnskapsheving. Den viser samtidig at nye prinsipper og løsninger raskt kan innpasses i et lite modulbygg. Hvis utforskende bygging etableres som en fast og integrert del av byggutdanningene er det naturlig å utvide feltet som studeres. Det kan dreie seg om nye byggkategorier, nye produksjonsmåter, nye materialer og ny miljøteknologi. Det kan dreie seg om bygninger som spenner fra høyisolerte rom til åpne paviljonger.

Det vil være viktig å se prosjektene i sammenheng med etterutdanning i tillegg til ordinære studieforløp.



## 7. OSLOPROSJEKTET: STATUS FOR MÅLOPPNÅELSE PR. 1.12.2012

I den opprinnelige prosjektbeskrivelsen er det formulert mål på tre hovedområder. Rapporteringen av prosjektarbeidet i avsnitt 1 – 4 viser en høy grad av måloppnåelse.

### 7.1. UTDANNING

#### Mål i prosjektbeskrivelse:

Undervisningsinstitusjonenes ansatte, studenter og elever skal få konkret erfaring med bærekraftig passivhusbygging gjennom deltakelse i prosjektering og fullskala utførelse av små bygg. Systematisk kompetanseutvikling gjennomføres og studieplaner og undervisningsmaterieell oppdateres og videreutvikles.

#### Status:

Ved alle skolene har ansatte og studenter / elever deltatt i utforming, produksjonsplanlegging og og fullskala bygging av en byggmodul. Prosjektet har løsninger for byggdetaljer, energiforsyning og ventilasjon som kreves i bygg med energibehov på passivhusnivå. Det er foretatt beregninger av energibehov som underbygger løsningene.

Pr. 1. desember 2012 er modulens bærende rammer, indre stenderverksvegger, bjelkelag og tak ferdigstilt. Avstivende platelag, dampsperrsjikt, ytre stenderverk og isolasjon i vegger er nær ferdigstilt. Vinduer fra Hydro Building Systems er planlagt levert i desember 2012.

Byggeprosessen har med dette kommet svært langt. Alle de deltakende skolene har delt bygd opp kompetanse i fullskala bygging. Erfaringene med prosess og bygd resultat er svært gode. Avsluttende arbeider, utsetting av modul og gjennomføring av målinger gjenstår, og planlegges gjennomført tidlig i 2013.

Anslagsvis 20 lærere og over 200 elever og studenter har deltatt på kurs som enten har vært direkte involvert i prosjektutviklingen eller har benyttet prosjektet aktivt som del av undervisningen. Dette har resultert i en betydelig kompetanseheving. På alle skolene har prosjektet blitt integrert i studieplanene. På AHO og Sogn vgs. er det bygd opp et nytt kurstibud rundt temaet prefabrikasjon av bygg med energibehov på passivhusnivå. Det er enighet mellom skolene om å fortsette og videreutvikle samarbeidet.

### 7.2: FOU – UTVIKLING AV KUNNSKAP

#### Mål i prosjektbeskrivelse:

Prosjektet skal bidra til å gi mer kunnskap om bygging av prosjekter med energiforbruk på passivhusnivå. Det skal fokuseres på temaer som er viktige for at slik energieffektivitet skal bli byggestandard. Det skal utvikles robuste konstruksjonsløsninger med sikte på lang levetid. Løsningene vil bli testet gjennom fullskala bygging og feltmålinger av bygg utplassert i ulike klimasoner. I tillegg skal prosjektet bidra til å utvikle effektive, fleksible og brukervennlige energi- og ventilasjonssystemer.

#### Status:

Det viste seg ikke å være mulig å etablere et forskningsprosjekt i samarbeid med SINTEF Byggforsk og aktuelle bedrifter innen industrialisert bygging med tre. Likevel har det lyktes å integrere en rekke innovative løsninger i modulprosjektet. Dette har skjedd dels gjennom samarbeid mellom Oslo-skolene og tremiljøet på UMB og dels i samråd med en gradvis utvidet krets av næringspartnere. De viktigste momentene er:

- Nye typer skruforbindelser for å oppnå stivhet i limtrammer,
- takkonstruksjon av plassbygd "massivtre" for å unngå organiske materialer i varmt tak,
- redusert veggtykkelse gjennom anvendelse av forbedret isolasjon og stenderverk med kuldebrytere,
- dobbel glassfasade og vindusløsninger med behovsstyrt, naturlig ventilasjon,
- balansert ventilasjonssystem med varmegjenvinning som basisløsning er prosjektert, og samtaler om leveranse innledet med produsent.

Løsningene er utviklet for å være enkle og robuste i produksjon og drift. Det er innkjøpt instrumenter for nettbasert avlesing av temperatur og fuktighet i konstruksjonene. Trykktesting vil bli foretatt under byggeprosessen. Prosjektbudsjettet har utelukket bygging av mer en en modul. Den vil bli utplassert i Oslo-området.

### 7.3: FORMIDLING / KUNNSKAPSOVERFØRING

#### Mål i prosjektbeskrivelse:

Prosessene og resultatene i prosjektet skal formidles til andre utdanningsinstitusjoner og til byggenæringen. Det er et mål å utvikle en modell for tverrfaglig og praksisorientert undervisning og forskning som skal kunne spres nasjonalt.

#### Status:

Informasjon om Osloprosjektets grunnideer, deltakere og prosesser er underveis formidlet aktivt til byggebransjen. Kunnskapsministerens åpning av prosjektutstillingen ble også brukt som markering av at samarbeidet mellom skolene var etablert. Arrangementet fikk bred dekning både i fagpresse og i dagspressen. Senere er åpningen av byggeprosessen på Skar leir formidlet i Byggeindustrien og på Bygg.no.

Marius Nygaard har presentert Oslo-prosjektet på konferansen "Arkitektur og fremtidens bygg" i september 2011 (Enova, ZEB). Han har også holdt foredrag om prosessene og resultatene på Utleieforeningens fagdag i januar 2012, på Utleiekonferansen 17. februar 2012 og Nasjonalt fuktseminar (SINTEF Byggforsk og Mycoteam) i april 2012. Nygaard er invitert til å forelese om "Passivhusmoduler som tverrfaglig utfordring" på Arkitektakademiets kurs "Passivhus -prosjektering og gjennomføring i november 2012.10.28.

Erfaringer fra prosjektarbeidet er i denne sluttrapporten sammenfattet i en foreløpig beskrivelse av "Oslomodellen" som skal kunne overføres til andre skolenettverk.

Kompetansemidler fra Husbanken (bevilget 2011) vil blant annet brukes til videre formidling av resultater og forslag til samarbeidsmodeller

Denne rapporten er utarbeidet av:

Marius Nygaard (prosjektleder, AHO)  
Lars Hamran (prosjektmedarbeider, AHO)

Underlag og innspill er gitt av:

Fra Sogn vgs.:  
Anna Stina Henriksson  
Kjetil Hardal  
Kristian Lorck

Fra HiOA:  
Heidi Liavaag

Fra FiO:  
Even Leira

Oslo 10. desember 2012